**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Necessidade hídrica e produção do tomateiro para
processamento industrial, em resposta a manejos e épocas de
suspensão da irrigação**

Cícero José da Silva

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Engenharia de
Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2017**

Cícero José da Silva
Tecnólogo em Irrigação e Drenagem

Necessidade hídrica e produção do tomateiro para processamento industrial, em resposta a manejos e épocas de suspensão da irrigação
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ ANTÔNIO FRIZZONE**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Silva, Cícero José da

Necessidade hídrica e produção do tomateiro para processamento industrial, em resposta a manejos e épocas de suspensão da irrigação / Cícero José da Silva. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2017.

157 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Deficit hídrico 2. Corte da irrigação 3. *Lycopersicon esculentum* Mill 4. Irrigação subsuperficial I. Título

**A todos os tomaticultores e pesquisadores que trabalham com a cultura do
tomate para processamento industrial,**

OFEREÇO

**À minha esposa, Ana Lucia do Nascimento e Silva, aos meus filhos João
Weber Nascimento e Silva e Geovanna Lyssa Nascimento e Silva, pelo amor,
compreensão e apoio em todos os momentos e aos meus pais Carivaldo
Ferreira da Silva e Maria Fátima de Lima Silva, pessoas essenciais na minha
vida e que fizeram o possível e impossível para que sempre pudesse estudar,**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, durante toda a jornada de estudos.

A minha esposa, filhos e pais pelo apoio e incentivo de cada dia, que sem os quais não haveria chegado até aqui.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, por conceder esta oportunidade.

Ao Professor Dr. José Antônio Frizzzone, pessoa de notável conhecimento, pela orientação, humildade e confiança em realizar este trabalho.

A todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem da ESALQ, pela contribuição, especialmente àqueles com os quais tive a oportunidade de ampliar os conhecimentos: Dr. Sérgio Nascimento Duarte, Dr. Tarlei Ariel Botrel, Dr. Fabio Ricardo Marin, Dr. Rubens Duarte Coelho, Dr. Jarbas Honório de Miranda e Dr. Fernando Campos Mendonça, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, pelos ensinamentos.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos – GO pela liberação para capacitação e pela bolsa de estudos.

Aos professores Dr. Nadson de Carvalho Pontes, Dr. Adelmo Golynski, Dr. Rodrigo Vieira da Silva, Msc. Luciano Carlos Ribeiro da Silva e Dr. Gilberto Silvério da Silva pelo apoio incondicional antes e durante esta jornada.

Ao meu irmão César Antônio da Silva, meu primo Carlos Alessandro de Freitas, ao bolsista de iniciação científica Luiz Felipe Mariano da Silva e aos estudantes Lucas Sampaio, Thiago Ferreira Alves, Nikson Elias Pinto da Silva, Ricardo Pereira da Silva, Daniele de Souza Santos, Jeferson dos Santos Neres e Ariane de Oliveira Teixeira e aos servidores técnico administrativo Ênio Eduardo Basílio, Danilo Silva de Oliveira e Robson Ferreira Dias pelo apoio na instalação e avaliações do experimento.

Aos colegas de Pós-Graduação: Maria Alejandra Moreno Pizani, Asdrubal Jesus Farias Ramírez, Ana Thereza Ferraz de Almeida Rochelle, pela amizade, companheirismo e convivência.

A empresa Eagle flores, frutas e hortaliças pela doação das sementes de tomateiro, a empresa Mudas Brambilla pela produção das mudas e a empresa Fertilizantes Henringer pela doação de toda adubação.

**Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o
alcance deste objetivo.**

Epígrafe

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso”.

John Ruskin

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	16
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1. A cultura do tomate para processamento industrial.....	19
2.2. O Híbrido BRS Sena.....	20
2.3. Sistemas de irrigação para a cultura.....	20
2.4. Irrigação subsuperficial em tomate para processamento.....	22
2.5. Manejo da irrigação em tomate para processamento	24
2.6. Respostas da cultura a manejos da irrigação	25
2.6.1. Desenvolvimento vegetativo da cultura.....	26
2.6.2. Formato e tamanho de frutos	27
2.6.3. Produtividade e número de frutos	28
2.6.4. Qualidade de frutos	30
2.6.5. Produtividade da água	32
2.7. Métodos de determinação da ET _c e coeficiente de cultivo do tomate para processamento industrial.....	33
3. MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1. Localização.....	37
3.2. Área experimental.....	37
3.3. Preparo do solo	38
3.4. Correção do solo e adubação.....	39
3.5. Delineamento experimental e tratamentos	41
3.6. Produção e transplante das mudas	42
3.7. Irrigação.....	43
3.8. Manejo da Irrigação	45
3.8.1. Instalação dos lisímetros e determinação da umidade na “capacidade de campo”	48
3.9. Monitoramento dos dados meteorológicos	50
3.10. Tratos culturais	50

3.11. Características avaliadas	51
3.11.1. Altura de planta e diâmetro de caule	51
3.11.2. Área foliar e índice de área foliar	51
3.11.3. Índice Soil Plant Analysis Development (SPAD).....	52
3.11.4. Índice de Estresse Hídrico da Cultura – CWSI	53
3.11.5. Massa de matéria fresca e seca das plantas.....	57
3.11.6. Número de flores e frutos por cacho floral e taxa de abortamento de flores	58
3.11.7. Produtividade de frutos verdes, maduros, podre, total e percentagem de frutos verdes, maduros e podres	59
3.11.8. Massa média de fruto	60
3.11.9. Tamanho do fruto.....	60
3.11.10. Sólidos solúveis totais dos frutos	60
3.11.11. Acidez titulável dos frutos e pH.....	61
3.11.12. Firmeza dos frutos	62
3.11.13. Rendimento de polpa.....	62
3.11.14. Produtividade da água	63
3.11.15. Determinação da ETc e Kc da cultura	63
3.12. Análise estatística	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
4.1. Manejo e tratos culturais	67
4.2. Dados Meteorológicos.....	71
4.3. Evapotranspiração da cultura e manejo da irrigação	74
4.4. Parâmetros vegetativos.....	78
4.4.1. Altura de planta e diâmetro de caule	78
4.4.2. Índice Soil Plant Analysis Development (SPAD).....	79
4.4.3. Índice de Estresse Hídrico da Cultura.....	80
4.4.4. Área Foliar e índice de área foliar	84
4.4.5. Massa de raízes	86
4.4.6. Massa de caule.....	87
4.4.7. Massa de folha	89
4.4.8. Massa de flores, número de flores e frutos por cacho floral e taxa de abortamento de flores.....	90
4.4.9. Massa de frutos	93

4.4.10. Massa total	94
4.5. Parâmetros de produtividade.....	96
4.5.1. Produtividade	96
4.5.2. Produtividade da água	101
4.6. Análises de Pós Colheita	103
4.6.1. Massa média e formato de frutos	104
4.6.2. Rendimento de Polpa	106
4.6.3. Acidez titulável	106
4.7. Coeficientes de cultivo do tomateiro BRS Sena (Kc)	107
5. CONCLUSÕES.....	113
REFERÊNCIAS	115
APÊNDICES.....	129
ANEXOS.....	132

RESUMO

Necessidade hídrica e produção do tomateiro para processamento industrial, em resposta a manejos e épocas de suspensão da irrigação

A água é um dos principais fatores que afeta o desenvolvimento, a produtividade e a qualidade industrial dos frutos de tomateiro. Assim, o objetivo deste trabalho foi quantificar durante dois anos a necessidade hídrica, desenvolvimento vegetativo e produtividade do tomateiro para processamento industrial (BRS Sena) em sistema de gotejamento enterrado, em resposta a níveis e épocas de suspensão da irrigação na região Sul de Goiás. Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas subdivididas. Nas parcelas foram aplicados cinco níveis de irrigação (50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração potencial da cultura - ETc), acumulada entre duas irrigações consecutivas. Nas subparcelas foram aplicados cinco períodos de suspensão da irrigação: 0, 7, 14, 21 e 28 dias, em antecedência à colheita. A subparcela experimental foi constituída por três linhas de plantas, de 5,5 m de comprimento, espaçadas em 1,1 m entre si e 0,30 m entre plantas. Utilizou-se o sistema de irrigação com tubo gotejador autocompensantes, com emissores espaçados de 30 cm entre si e vazão de $2,2 \text{ L h}^{-1}$, com sistema antesifão, enterrado a 20 cm de profundidade. O déficit e o excesso hídrico prejudicaram o desenvolvimento vegetativo e a produtividade do tomateiro, reduziram o número de flores, frutos e aumentaram a taxa de abortamento de flores do cacho floral das plantas. As plantas cultivadas sob déficit hídrico, independentemente do período e ano de avaliação, apresentaram maiores índices de estresse hídrico da cultura (CWSI). Os níveis de irrigação em déficit e excesso prejudicam a produtividade do tomateiro. As maiores produtividades totais de frutos foram obtidas com reposições hídricas que variaram de 125,47 (615,09 mm) e 132,11% (564,00 mm) da ETc, que resultaram em uma produtividade total de frutos de 105,86 e 58,60 t ha⁻¹, no primeiro e segundo ano do experimento, respectivamente. As plantas cultivadas sob déficit e excesso hídrico, aumentaram a incidência de frutos podres e diminuem a de frutos maduros. Irrigações que variaram de 115 a 125 % da ETc, aumentaram a taxa de maturação dos frutos, diminuiu a incidência de frutos verdes e podres. A maior produtividade da água obtida para a cultura ocorreu sob déficit hídrico, com reposição de 50% da irrigação necessária. A suspensão da irrigação em antecedência à colheita diminuiu a incidência de frutos verdes e aumentou a ocorrência de frutos podres. Quanto maior o período de suspensão da irrigação, menor a produtividade da cultura. Os níveis e suspensão da irrigação antes da colheita não influenciaram os valores de sólidos solúveis totais (SST), pH e firmeza. Porém, a acidez titulável apresentou maiores valores à medida que aumentou os níveis de irrigação na cultura. Os coeficientes de cultivo do tomateiro foram estimados em aproximadamente 0,65, 1,01, 1,23, 1,25 e 0,80 em 2015. Enquanto em 2016 os valores de kc foram influenciados pelo menor desenvolvimento e produtividade das plantas, que foram afetadas com viroses influenciando e comprometendo os valores do kc.

Palavras-chave: Déficit hídrico; Corte da irrigação; *Solanum lycopersicom* L.; Irrigação subsuperficial

ABSTRACT

Water requirement and production of tomato for industrial processing in response to managements and times of irrigation suspension

Water is one of the main factors affecting the development, production and industrial quality of tomato fruits. Thus, the objective of this work was to quantify for two years the water requirement, vegetative development and tomato yield for industrial processing (BRS Sena) in buried drip system on response to levels and times of irrigation suspension in Goiás southern region. The experiments were installed under a randomized complete block design with four replications, in subdivided plots. On the plots were applied five irrigation levels (50, 75, 100, 125 and 150% of potential crop evapotranspiration - ET_c), accumulated between two consecutive irrigations. In the subplots were applied five irrigation suspension periods: 0, 7, 14, 21 and 28 days in advance of harvest. Three plant lines constituted the experimental subplot with 5.5 m in length, spaced at 1.1 m apart and 0.30 m between plants. Was used an irrigation system with a self-compensating drip-tube, spaced 0.30 m apart and 2.2 L h⁻¹, with an anti-drainage system, which was buried at 0.20 m depth. Deficit and the hydric excess impaired vegetative development and tomato productivity, reduced the number of flowers, fruits and increased the flowers abortion rate from plant flower bunch. Plants cultivated under water deficit, regardless the period and evaluation year, had higher crop water stress index (CWSI). Irrigation levels in deficit and excess damage the tomato yield. The highest total fruit yields were obtained with water replacement ranging of 125.47% (615.09 mm) and 132.11% (564.00 mm) of ET_c, which resulted in a total fruit yield of 105.86 and 58.60 t ha⁻¹, in the first and second year of the experiment, respectively. The plants cultivated under deficit and water excess, increased the rotten fruits incidence and declined that of mature fruits. Irrigations that varied from 115 to 125% of ET_c, increased the fruits maturation rate, decreased the incidence of green and rotten fruits. The higher water yield by the crop occurs under the water deficit, with 50% replacement of irrigation required. The irrigation suspension in advance of harvest reduced the incidence of green fruits and increased the occurrence of rotten fruits. The larger suspension period of irrigation result in lower crop yield. The levels and irrigation suspension before harvest did not influence the values of °Brix, pH and firmness. However, the titratable acidity showed higher values as the irrigation levels in the crop increased. Tomato crop coefficients (kc) were estimated at about 0.65, 1.01, 1.23, 1.25 and 0.80 in 2015. While in 2016 the values of kc were influenced by the lower development and productivity of plants, which were affected by the virus influencing and compromising the kc values.

Keywords: Water deficit; Irrigation suspension; *Solanum lycopersicom* L.; Subsurface irrigation

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. VISTA DE PARCELA EXPERIMENTAL DURANTE A COBERTURA PARCIAL DAS LINHAS DE GOTEJADORES (A); DISTRIBUIÇÃO DO ADUBO A 15 CM DE PROFUNDIDADE ACIMA DA LINHA DE GOTEJAMENTO PARCIALMENTE ENTERRADA EM 2015 (B); ABERTURA DO SULCO E ADUBAÇÃO DE PLANTIO NA FILEIRA CENTRAL DE UMA SUBPARCELA (C); VISTA DE UMA SUBPARCELA APÓS O TRANSPLANTE DAS MUDAS SOB PLANTIO DIRETO, EM 2016 (D), EM MORRINHOS - GO..... 40
- FIGURA 2. ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL NO ANO 2015, EM MORRINHOS - GO..... 41
- FIGURA 3. VISTA DE UMA PARCELA (A) E DE UMA SUBPARCELA (B); AOS 50 DAT DAS MUDAS EM 2015, EM MORRINHOS - GO..... 42
- FIGURA 4. PRODUÇÃO DAS MUDAS DE TOMATEIRO NO VIVEIRO COMERCIAL (A); MUDA DE TOMATEIRO NO DIA DO TRANSPLANTE, 26 DIAS APÓS A SEMEADURA (B); VISTA DE UMA SUBPARCELA EXPERIMENTAL APÓS O TRANSPLANTE DAS MUDAS EM 2015 (C), EM MORRINHOS – GO. 43
- FIGURA 5. ESPAÇAMENTO DAS LINHAS LATERAIS DE GOTEJADOR (1,10 M) COM DETALHE DA CONEXÃO DO TUBO GOTEJADOR COM A LINHA DE DERIVAÇÃO (A); LINHA PRINCIPAL DE 50 MM, SECUNDÁRIA DE 25 MM (30 CM DE PROFUNDIDADE) E DERIVAÇÃO DE 25 MM DIÂMETRO (20 CM DE PROFUNDIDADE) (B); E LINHA LATERAL DE 17 MM DE DIÂMETRO (20 CM DE PROFUNDIDADE) (C), EM MORRINHOS – GO..... 44
- FIGURA 6. DESENVOLVIMENTO E OBTENÇÃO DA MASSA DAS PLANTAS DE TOMATEIRO NOS LISÍMETROS, NA DETERMINAÇÃO DAS NECESSIDADES DE IRRIGAÇÃO (ETC), EM MORRINHOS – GO..... 46
- FIGURA 7. MOMENTO DA PESAGEM DE UM VASO COM O TUBO GOTEJADOR JÁ INSTALADO (A); VASO DENTRO DE RECIPIENTE COM ÁGUA ATÉ ALTURA DA BASE DO TUBO GOTEJADOR PARA REALIZAR A SATURAÇÃO (B); LISÍMETRO COM SUPERFÍCIE VEDADA SOBRE EXTRADO DE MADEIRA PARA DRENAGEM DO EXCESSO DE ÁGUA E DETERMINAÇÃO DA θ_{cc} (C), EM MORRINHOS - GO 49
- FIGURA 8. MEDIÇÃO DE ÁREA FOLIAR DE UM FOLÍOLO DO TOMATEIRO BRS SENA UTILIZANDO MEDIDOR DE ÁREA FOLIAR PORTÁTIL “CI – 203”, EM MORRINHOS – GO 52
- FIGURA 9. MEDIÇÕES DO ÍNDICE SPAD EM UMA PLANTA DA FILEIRA CENTRAL DE UMA SUBPARCELA (A); DETALHE DA LEITURA EM UM FOLÍOLO DE UMA FOLHA DE TOMATEIRO (B), MORRINHOS - GO 53
- FIGURA 10. MEDIÇÃO DE TEMPERATURA FOLIAR DO TOMATEIRO COM TERMÔMETRO INFRAVERMELHO, EM MORRINHOS - GO 54
- FIGURA 11. DETALHE MARCAÇÃO DE UM CACHO FLORAL PARA CONTAGEM DE FLORES E POSTERIORMENTE CONTAGEM DE FRUTOS (A) E VISTA PARCIAL DE UMA SUBPARCELA COM AS MARCAÇÕES DE CACHOS FLORAIS (B), EM MORRINHOS - GO 58

- FIGURA 12. DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO LONGITUDINAL (DL) (A) E TRANSVERSAL (DT) (B) EM FRUTOS DE TOMATEIRO, EM MORRINHOS – GO..... 60
- FIGURA 13. HOMOGENEIZAÇÃO DE AMOSTRAS DE FRUTOS PARA LEITURA DE °BRIX (A), DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (°BRIX) EM UMA AMOSTRA DE TOMATE HOMOGENEIZADA COM REFRAATÔMETRO (B), EM MORRINHOS – GO 61
- FIGURA 14. AVALIAÇÃO EM LABORATÓRIO DA FIRMEZA DOS FRUTOS PELO MÉTODO DO APLANADOR, EM MORRINHOS – GO 62
- FIGURA 15. SINTOMAS DE PINTA PRETA (*ALTERNARIA SOLANI*) EM PLANTAS ISOLADAS DE TOMATEIRO, COM DETALHES DOS SINTOMAS VISUAIS NA FOLHA (A); PLANTA ISOLADA NO MEIO DO TRATAMENTO COM SINTOMAS DA VIROSE VIRA CABEÇA (B); VISTA DO DOSSEL DE PLANTAS EM TRATAMENTO COM BOM ESTADO SANITÁRIO AOS 78 DAT (C); VISTA PARCIAL DO EXPERIMENTO COM BOM DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E BAIXA INCIDÊNCIA DE DOENÇAS AOS 78 DAT (D), EM MORRINHOS – GO, 2015 68
- FIGURA 16. ALTA INCIDÊNCIA DE MOSCA BRANCA NAS PLANTAS DE TOMATEIRO (A); PLANTAS COM SINTOMAS DE BEGOMOVÍRUS, RUGOSIDADE, DEFORMAÇÃO, ENROLAMENTO FOLIAR E DIMINUIÇÃO DA ÁREA FOLIAR AOS 60 DAT (B) E AOS 85 DAT(C); VISTA PARCIAL DO EXPERIMENTO COM MENOR DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO AOS 85 DAT, EM MORRINHOS – GO, 2016..... 69
- FIGURA 17. PLANTA ARRANCADA AOS 45 DAT COM SINTOMAS TÍPICOS DE VIRA CABEÇA (A); PLANTA AOS 70 DAT COM SINTOMAS AVANÇADOS DA VIROSE (B), EM MORRINHOS – GO, 2016 70
- FIGURA 18. RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO PERFIL DO SOLO (0 – 70 CM) NOS QUATRO BLOCOS EXPERIMENTAIS E A MÉDIA DA ÁREA EXPERIMENTAL, EM MORRINHOS – GO, 2016..... 71
- FIGURA 19. VALORES DIÁRIOS DE TEMPERATURA MÁXIMA (TMAX), MÉDIA (TMED), MÍNIMA (TMIN) E UMIDADE RELATIVA DO AR (UR) DURANTE A CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO (01/06/2015 A 03/10/2015), EM MORRINHOS – GO 72
- FIGURA 20. VALORES DIÁRIOS DE TEMPERATURA MÁXIMA (TMAX), MÉDIA (TMED), MÍNIMA (TMIN) E UMIDADE RELATIVA DO AR (UR) DURANTE A CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO (13/05/2016 A 16/09/2016), EM MORRINHOS – GO 72
- FIGURA 21. VALORES DE PRECIPITAÇÃO (PP), RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL (RG), VELOCIDADE DO VENTO (VV) E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO) DURANTE A CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO (01/06/2015 A 03/10/2015), EM MORRINHOS – GO 73
- FIGURA 22. VALORES DE PRECIPITAÇÃO (PP), RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL (RG), VELOCIDADE DO VENTO (VV) E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO) DURANTE A CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO (13/05/2016 A 16/09/2016), EM MORRINHOS – GO 74
- FIGURA 23. VALORES DE ETC ACUMULADA DURANTE A CONDUÇÃO DOS DOIS EXPERIMENTOS, EM MORRINHOS – GO 75

- FIGURA 24. LÂMINA DE IRRIGAÇÃO APLICADA ACUMULADA EM PLANTAS DE TOMATEIRO EM FUNÇÃO DOS PERÍODOS DE SUSPENSÃO DA IRRIGAÇÃO ANTES DA COLHEITA: S1 (A), S2 (B); S3 (C); S4 (D); E S5 (E), EM MORRINHOS – GO, 2015 76
- FIGURA 25. LÂMINA DE IRRIGAÇÃO APLICADA ACUMULADA EM PLANTAS DE TOMATEIRO EM FUNÇÃO DOS PERÍODOS DE SUSPENSÃO DA IRRIGAÇÃO ANTES DA COLHEITA: S1 (A), S2 (B); S3 (C); S4 (D); E S5 (E), EM MORRINHOS – GO, 2016 77
- FIGURA 26. ALTURA DE PLANTA (AP) E DIÂMETRO DE CAULE (DC) DE PLANTAS DE TOMATEIRO EM 2015 E 2016 AOS 45 DIAS APÓS O TRANSPLANTE, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS - GO..... 78
- FIGURA 27. ÍNDICE SPAD DE PLANTAS DE TOMATEIRO AO 45, 65 E 85 DIAS APÓS O TRANSPLANTE, EM 2015 (A) E 2016 (B), EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS - GO 80
- FIGURA 28. ÍNDICE DE ESTRESSE HÍDRICO EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC): $CWSI_T$ AOS 31, 36 E 64 DAT (A); 78, 85 E 100 DAT (B) E ÍNDICE DE $CWSI_E$ AOS 31, 36 E 64 DAT (C), 78, 85 E 100 DAT (D), 2015 81
- FIGURA 29. ÍNDICE DE ESTRESSE HÍDRICO EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC): $CWSI_T$ AOS 31, 36 E 44 DAT (A); 64, 78 E 85 DAT (B) E ÍNDICE DE $CWSI_E$ AOS 31, 36 E 44 DAT (C), 64, 78 E 85 DAT (D), 2016..... 82
- FIGURA 30. DISPERSÃO ENTRE OS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO $CWSI_T$ E $CWSI_E$ EM 2015: AOS 31, 36 E 64 DAT (A); E 78, 85 E 100 DAT (B), E EM 2016: AOS 31, 36 E 44 DAT (C); E 64, 78 E 85 (D) EM MORRINHOS - GO 84
- FIGURA 31. ÁREA FOLIAR (AF) EM 2015 (A) E 2016 (B), DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 45, 65 E 85 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO 85
- FIGURA 32. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF) EM 2015 (A) E 2016 (B), DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 45, 65 E 85 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO 85
- FIGURA 33. MASSA FRESCA DE RAIZ (MFR) AOS 45 DAT, EM 2015 (A) E AOS 45, 65 E 85 DAT, EM 2016 (B) DE PLANTAS DE TOMATEIRO, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO..... 86
- FIGURA 34. MASSA SECA DE RAIZ (MSR) EM 2015 (A) E 2016 (B) DE PLANTAS DE TOMATEIRO, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO 87
- FIGURA 35. MASSA FRESCA DE CAULE (MFC) EM 2015 (A) E 2016 (B) DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 45, 65 E 85 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO 88
- FIGURA 36. MASSA SECA DE CAULE (MFC) EM 2015 (A) E 2016 (B) DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 45, 65 E 85 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO 88

- FIGURA 37. MASSA FRESCA DE FOLHA (MFF) EM 2015 (A) E 2016 (B), DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 45, 65 E 85 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO..... 89
- FIGURA 38. MASSA SECA DE FOLHA (MSF) EM 2015 (A) E 2016 (B) DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 45, 65 E 85 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO..... 90
- FIGURA 39. MASSA FRESCA DE FLORES (MFFF) EM 2015 (A) E 2016 (B), DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 45, 65 E 85 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO..... 91
- FIGURA 40. MASSA SECA DE FLORES (MFFF), EM 2015 (A) E 2016 (B), DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 45, 65 E 85 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO..... 91
- FIGURA 41. NÚMERO DE FLORES (NF), FRUTOS (NFT) E TAXA DE ABORTAMENTO DE FLORES (TAF) POR CACHO FLORAL EM 2015 (A) E 2016 (B), EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO 92
- FIGURA 42. MASSA FRESCA DE FRUTOS (MFFT) (A) E MASSA SECA DE FRUTOS (MSFT) (B), EM 2015 E 2016 AOS 85 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO..... 94
- FIGURA 43. MASSA FRESCA TOTAL (MFTO) EM 2015 (A) E 2016 (B), DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 45, 65 E 85 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO..... 95
- FIGURA 44. MASSA SECA TOTAL (MFTO) EM 2015 (A) E 2016 (B), DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 45, 65 E 85 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO 95
- FIGURA 45. PRODUTIVIDADE DE FRUTOS VERDES (PFV), FRUTOS MADUROS (PFM) E TOTAL DE FRUTOS (PTF), EM 2015 (A) E 2016 (B) DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 125 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO 97
- FIGURA 46. PERCENTAGEM DE FRUTOS VERDES, PODRES E MADUROS EM 2015 (A) E 2016 (B), DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 125 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO 98
- FIGURA 47. PRODUTIVIDADE DE FRUTOS VERDES (PFV), MADUROS (PFM) E TOTAL DE FRUTOS (PTF), EM 2015 (A) E PFV, PFM, PTF E FRUTOS PODRES (PFP) EM 2016 (B), DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 125 DAT, EM FUNÇÃO DA SUSPENSÃO DA IRRIGAÇÃO ANTES DA COLHEITA, EM MORRINHOS - GO 100
- FIGURA 48. PERCENTAGEM DA PRODUTIVIDADE DE FRUTOS VERDES E PODRES, EM 2015 (A) E DE FRUTOS VERDES, PODRES E MADUROS, EM 2016 (B), DE PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 125 DAT, EM FUNÇÃO DA SUSPENSÃO DA IRRIGAÇÃO ANTES DA COLHEITA, EM MORRINHOS - GO 101

- FIGURA 49. PRODUTIVIDADE DA ÁGUA (PA), EM 2015 (A) E 2016 (B), EM FUNÇÃO DA PRODUTIVIDADE TOTAL DE FRUTOS (PTF) E DO RENDIMENTO DE POLPA CONCENTRADA (RP) EM PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 125 DAT, SUBMETIDAS A NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC), EM MORRINHOS – GO..... 102
- FIGURA 50. PRODUTIVIDADE DA ÁGUA (PA) EM 2016 EM FUNÇÃO DA PRODUTIVIDADE TOTAL DE FRUTOS (PTF) E DO RENDIMENTO DE POLPA CONCENTRADA (RP), EM PLANTAS DE TOMATEIRO AOS 125 DAT, SUBMETIDAS A PERÍODOS DE SUSPENSÃO DA IRRIGAÇÃO ANTES DA COLHEITA, EM MORRINHOS – GO 102
- FIGURA 51. MASSA MÉDIA DOS FRUTOS (MMF) EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO EM 2015 (A) E MMF EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE SUSPENSÃO DA IRRIGAÇÃO EM 2015 E 2016 (B), DE PLANTAS DE TOMATEIROS COLHIDOS AOS 125 DAT, EM MORRINHOS – GO 104
- FIGURA 52. FORMATO DOS FRUTOS, DIÂMETRO TRANSVERSAL (DT) E LONGITUDINAL (DL) EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO EM 2015 (A) E DL EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE SUSPENSÃO DA IRRIGAÇÃO EM 2016 (B), EM PLANTAS DE TOMATEIROS COLHIDOS AOS 125 DAT, EM MORRINHOS – GO..... 105
- FIGURA 53. RENDIMENTO DE POLPA (RP) DE FRUTOS DE TOMATEIRO AOS 125 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC) (A) E SUSPENSÃO DA IRRIGAÇÃO ANTES DA COLHEITA EM 2015 E 2016 (B), EM MORRINHOS – GO 106
- FIGURA 54. ACIDEZ TITULÁVEL DE FRUTOS DE TOMATEIRO AOS 125 DAT, EM FUNÇÃO DE NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA IRRIGAÇÃO (% ETC) EM 2015 E 2016, EM MORRINHOS – GO 107
- FIGURA 55. RELAÇÃO ENTRE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA (ETC), EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO) E COEFICIENTE DE CULTIVO (KC) AO LONGO DO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS DE TOMATEIRO (0 A 125 DAT EM 2015), EM MORRINHOS – GO..... 108
- FIGURA 56. RELAÇÃO ENTRE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA (ETC), EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO) E COEFICIENTE DE CULTIVO (KC) AO LONGO DO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS DE TOMATEIRO (0 A 125 DAT EM 2016), EM MORRINHOS – GO..... 108
- FIGURA 57. COEFICIENTE DE CULTIVO (KC) EM FUNÇÃO DAS FASES DE DESENVOLVIMENTO, INICIAL (A), VEGETATIVO (B), FLORESCIMENTO (C), FRUTIFICAÇÃO (D) E MATURAÇÃO (E) DO TOMATEIRO BRS SENA EM 2015, EM MORRINHOS – GO 110
- FIGURA 58. COEFICIENTE DE CULTIVO (KC) EM FUNÇÃO DAS FASES DE DESENVOLVIMENTO, INICIAL (A), VEGETATIVO (B), FLORESCIMENTO (C), FRUTIFICAÇÃO (D) E MATURAÇÃO (E) DO TOMATEIRO BRS SENA EM 2016, EM MORRINHOS – GO..... 111

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. COEFICIENTES DE CULTIVO (K_c) DO TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO IRRIGADO POR ASPERSÃO, GOTEJAMENTO E SULCO, EM SISTEMAS DE PLANTIO CONVENCIONAL E DIRETO NA PALHADA, CONFORME ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO, EM BRASÍLIA – DF, 2012.	35
TABELA 2. RESULTADO DE ANÁLISE QUÍMICA E FÍSICA DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL, EM MORRINHOS – GO.....	37
TABELA 3. PARÂMETROS DE AJUSTE DAS CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO PELA EQUAÇÃO DE VAN GENUCHTEN, MASSA ESPECÍFICA DO SOLO E TEOR DE ÁGUA DO SOLO NA CAPACIDADE DE CAMPO, PARA ÁREA EXPERIMENTAL, EM MORRINHOS - GO	38
TABELA 4. COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN (CUC) E COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO (CUD) DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO EM 2015, MORRINHOS - GO	45
TABELA 5. DADOS PROVENIENTES DO ENCHIMENTO DOS LISÍMETROS E DA DETERMINAÇÃO DA UMIDADE NA “CAPACIDADE DE CAMPO”, EM MORRINHOS - GO	50

1. INTRODUÇÃO

A população mundial totaliza cerca de sete bilhões de habitantes (UNFPA, 2014) e, segundo projeções da FAO - Food and Agriculture Organization (2009), até o ano de 2050, estima-se um aumento de aproximadamente 40%. Junto a esse crescimento, cresce também o consumo de água e a necessidade de aperfeiçoar os seus vários usos, dentre eles a agricultura através da irrigação, responsável por aproximadamente 70% dos usos de água doce (FAO, 2009).

A agricultura irrigada para manter-se sustentável em termos ambientais, precisa ser eficiente no uso da água, adotando estratégias de irrigação apropriadas que ajudem a poupar água sem comprometer o rendimento da cultura (NANGARE et al., 2016). A eficiência da irrigação, considerada como a razão entre a quantidade de água efetivamente utilizada pela cultura e a quantidade retirada da fonte, no âmbito mundial, ainda é muito baixa (COELHO et al., 2005).

A irrigação é prática fundamental para suprir as necessidades hídricas e garantir o desenvolvimento ótimo das plantas, pois a produção de olerícolas, como o tomateiro para processamento, no Brasil é predominantemente realizada durante a estação seca do ano (MARQUELLI; SILVA; SILVA, 2012).

Dentre os sistemas de irrigação, aspersão convencional e pivô central são preponderantes no cultivo de tomateiro para processamento industrial no Brasil. Entretanto, ultimamente o sistema de gotejamento superficial ou enterrado, também vem sendo utilizado, em razão da maior economia de água e energia elétrica (MARQUELLI; SILVA; SILVA, 2012).

O gotejamento subsuperficial pode ser altamente eficiente para irrigação de tomateiro para processamento industrial, com benefícios significativos em termos de aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos frutos, redução na aplicação de água e redução dos custos agrônômicos do controle de plantas daninhas, adubação, controle de pragas e doenças (FULTON; TAYLOR, 2015; MARTÍNEZ; RECA, 2014).

Um dos fatores mais importantes que influencia a produtividade e a qualidade industrial de frutos de tomateiro é a água. A falta ou excesso de água podem prejudicar drasticamente a cultura. O manejo adequado da irrigação constitui fator preponderante para o êxito da cultura, maximizando a produtividade, a eficiência no uso de água e de nutrientes, minimizando os custos de irrigação, tornando a atividade mais vantajosa economicamente para o produtor (HANSON et al., 2009; BECKLES, 2012; SILVA, J. et al. 2014).

A utilização de diferentes métodos de manejo de irrigação carece de mais estudos em áreas de cultivo de tomateiro industrial no Cerrado (DOURADO NETO et al., 2010), por não se conhecer o momento mais adequado para suspensão da irrigação antes da colheita, a necessidade de irrigação durante as fases de desenvolvimento da cultura e a resposta da cultura quando cultivada com irrigação subsuperficial (gotejamento enterrado).

O estágio de frutificação do tomateiro é o mais sensível à deficiência hídrica no solo, em que irrigações inadequadas comprometem o rendimento e a qualidade de fruto (PRIETO, 1997; KOETZ et al., 2010; BECKLES, 2012). Para melhorar a qualidade dos frutos é conveniente reduzir o intervalo das irrigações, diminuir a quantidade de água na fase de maturação dos frutos e antecipar a

última irrigação antes da colheita (KOETZ et al., 2010; LOPES, 2010; MOREIRA et al. 2012), embora tais práticas têm ocasionado menor produtividade em função do deficit hídrico na cultura (PATANÈ; COSENTINO, 2010; PATANÈ; TRINGALI; SORTINO, 2011).

Por se tratar do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial utilizado no cultivo de tomateiro para processamento industrial, a quantificação da lâmina adequada de irrigação, o período de suspensão da irrigação antes da colheita, requer o conhecimento de fatores relativos às condições edafoclimáticas da região e da cultura (cultivar, estágio fenológico, e coeficiente de cultivo – K_c). E estes fatores devem ser considerados como base em pesquisas locais para cada cultivar, e não em práticas específicas que tiveram sucesso em outras regiões, de forma a maximizar o rendimento e a eficiência na utilização da água pela cultura.

A hipótese desta pesquisa é que, para cada condição edafoclimática e híbrido de tomateiro industrial, existe um nível e um período correto de suspensão da irrigação antes da colheita, bem como um coeficiente de cultivo (k_c) que possibilita à cultura expressar o seu máximo desenvolvimento vegetativo, produtivo e qualidade dos frutos. Espera-se que deficit hídrico e maiores períodos de suspensão da irrigação proporcionem frutos de melhor qualidade em detrimento da produtividade. Por outro lado, o excesso de irrigação e menores períodos de suspensão da irrigação antes da colheita promovam maior produtividade e menor qualidade de frutos. Além disso, existe uma combinação entre níveis de irrigação e dias de suspensão da irrigação antes da colheita que promova boa relação entre produtividade da cultura, qualidade dos frutos e produtividade da água.

O objetivo deste trabalho foi quantificar por dois anos consecutivos a necessidade hídrica, avaliar o efeito de cinco níveis de irrigação e cinco períodos de suspensão da irrigação antes da colheita no tomateiro para processamento industrial (BRS Sena), irrigado por gotejamento enterrado na região Sul de Goiás. Foram estudadas as variáveis relacionadas ao desenvolvimento vegetativo, produtivo e qualidade dos frutos e determinados os níveis adequados de irrigação e o período ideal de suspensão da irrigação antes da colheita para estas condições edafoclimáticas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura do tomate para processamento industrial

O tomateiro (*Solanum lycopersicom* L.) é uma solanácea herbácea, cuja arquitetura é caracterizada por dois tipos de hábito de crescimento. O tipo indeterminado ocorre na maioria das cultivares para a produção de frutos de mesa, que são tutoradas, podadas e o caule pode ultrapassar dois metros de altura. O de hábito determinado é característico das cultivares adaptadas especialmente para a cultura rasteira, cujos frutos destinam-se para a agroindústria e suas hastes atingem cerca de um metro de altura, com folhas pecioladas, compostas por número ímpar de folíolos, sendo que a floração e a frutificação ocorrem juntamente com o crescimento vegetativo. (FILGUEIRA, 2008).

De acordo com Pimentel (1985), a cultura é originária da América do Sul, numa região compreendida entre o Equador, o norte do Chile, a Bolívia e o Peru, onde os incas e os maias já o conheciam como tomate. Desses países, as sementes seguiram para o Sul do México, onde o tomateiro foi encontrado pelos espanhóis em poder dos astecas. Desse país, os espanhóis levaram as sementes para a Espanha e de lá para a Itália. Da Europa, o tomateiro foi introduzido pelos colonizadores portugueses no Brasil (MURAYAMA, 1983), se tornando, a segunda hortaliça mais cultivada no mundo, com produção superada apenas pela batata (FILGUEIRA, 2008).

A cadeia agroindustrial do tomate tem destaque entre as mais importantes no cenário do agronegócio nacional. A cultura movimenta as indústrias de insumos, embalagens, máquinas agrícola, equipamentos de irrigação, além do setor agrícola (produtores), indústria de processamento e gera grande quantidade de empregos tanto no campo quanto no beneficiamento (MELO; VILELA, 2004). A tomaticultura coloca o Brasil entre os maiores produtores de tomate do mundo. A cultura tem grande importância social e econômica, com uma área plantada de 56.700 ha, produção estimada em 3.557.600 toneladas e produtividade média de 62.748 kg ha⁻¹, na safra de 2015. Os estados de Goiás, Minas Gerais e São Paulo são os maiores produtores brasileiros, respectivamente (IBGE, 2015).

A cultura tem papel fundamental na geração de receitas e empregos diretos e indiretos no município de Morrinhos – GO, que de acordo com IBGE (2013) é o segundo maior produtor do Estado, sendo superado apenas pelo município de Cristalina. Desde 1990, a cultura vem se expandindo na região Centro-Oeste, onde a estação seca, caracterizada pela baixa umidade relativa do ar e temperaturas amenas entre os meses de março e setembro, favorece o cultivo do tomateiro. Isso faz com que a irrigação se torne essencial para a obtenção de alta produtividade e qualidade dos frutos (KOETZ et al., 2010; MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2012).

2.2. O Híbrido BRS Sena

Os recursos genéticos do tomateiro têm sido exaustivamente explorados em todo o mundo. No mercado, os produtores encontram centenas de cultivares com diversas características. No Brasil, as cultivares de polinização aberta foram rapidamente substituídas por híbridos. Em 1998, 45% da área plantada já eram ocupadas por cultivares híbrida. Em 2002, a quase totalidade de área foi cultivada com híbridos F1 (SILVA et al, 2003).

De acordo com Silva et al. (2003), na escolha de uma cultivar deve-se considerar as seguintes características: ciclo, sólidos solúveis, viscosidade aparente ou consistência, coloração, cobertura foliar, acidez, acidez total, firmeza, concentração da maturação, resistência a doenças, retenção do pedúnculo e produtividade.

O tomateiro para processamento BRS Sena é o primeiro híbrido nacional. É resultado de um programa de melhoramento genético realizado pela Embrapa Hortaliças, apresenta frutos firmes, cilíndricos e excelente cobertura foliar que os protege da exposição solar. Possui boa concentração da maturação e ótimo desempenho na colheita mecânica, e o material ainda se mostra tolerante à geminivirose, mancha-bacteriana e resistente à murcha de fusário (raças 1 e 2), à pinta-bacteriana raça 0 e ao nematoides-das-galhas (*Meloidogyne incognita* e *M. javanica*). Os altos índices de produtividade (111 a 119 t ha⁻¹) e teores de sólidos solúveis (°Brix) são outras características que tornam o híbrido vantajoso para cultivo comercial (QUEZADO-DUVAL; FURUMOTO; VILLAS BÔAS, 2014).

Este híbrido, já está inserido em algumas áreas de cultivo de Goiás, Minas Gerais e São Paulo, principalmente em cultivo mais cedo (transplante de fevereiro a abril) devido principalmente sua resistência aos patógenos principais da cultura, haja vista, que neste período há ocorrência de chuvas nas áreas de cultivo, o que favorece a incidência de doenças e pragas.

Entretanto, ainda não há na literatura trabalhos conclusivos que avaliaram suas necessidades hídricas em condições de cultivo. Em estudos preliminares realizados por Silva et al. (2014a) em Morrinhos - GO, quando estudaram níveis de irrigação com manejo realizado por Tanque Classe A, o híbrido BRS Sena apresentou maior produtividade e rendimento de polpa do que o Heinz 9992. Entretanto, sua exigência em água foi superior ao outro híbrido em 65%.

Como se trata de um novo híbrido, com grande área foliar em comparação às principais cultivares plantadas nas regiões produtoras do cerrado goiano, são necessárias pesquisas para determinar suas reais necessidades hídricas e características de manejo da irrigação.

2.3. Sistemas de irrigação para a cultura

A produtividade e a qualidade dos frutos podem ser afetadas pela forma como a água é aplicada às plantas. A adoção de um sistema de irrigação que não seja adequado para a cultura pode inviabilizar o empreendimento, haja vista, o alto custo de produção, o elevado valor econômico da

cultura do tomate para processamento industrial e o alto custo de aquisição, operação e manutenção dos sistemas de irrigação (MAROUELLI; SILVA, 2011).

A topografia plana e as características físicas dos solos do cerrado, aliados ao clima seco e quente, favoreceram a utilização da irrigação por aspersão com pivô central nos estados de Goiás e Minas Gerais. Esses fatores, aliados à já existência de indústrias de processamento de outros produtos agrícolas e de sistemas de irrigação por pivôs centrais já totalmente amortizados, favoreceram o estabelecimento e adaptação da cultura do tomate nestas regiões.

No Brasil, cerca de 90% das áreas de tomateiro para processamento são irrigadas por aspersão, com predominância do sistema mecanizado por pivô central. Embora ainda seja pouco utilizado, o sistema de irrigação por gotejamento é uma boa alternativa para irrigação da cultura, pois possibilita maiores produtividades com menor uso de água (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2012).

Em decorrência do desperdício de água, plantio sucessivo de monocultura e ocorrência severa de doenças, os produtores vêm procurando sistemas de irrigação alternativos. Trabalhos experimentais têm mostrado que a irrigação por gotejamento, poderá ser uma boa opção para a cultura (KOETZ et al., 2008; KOETZ et al., 2010; SANTANA et al., 2010). Da mesma forma que no sistema por pivô central, a irrigação por gotejamento é favorecida pelas condições edafoclimáticas da região dos cerrados, pois é uma tecnologia que propicia economia de água e energia, e começou a ser utilizada no Brasil para a irrigação do tomateiro para processamento em meados da década de 90 (MAROUELLI; SILVA, 2002a; KOETZ et al., 2010).

Por não molhar a folhagem e os frutos do tomateiro, a irrigação por gotejamento reduz a incidência de doenças da parte aérea, diminuindo o uso de fungicidas em até 50% (MAROUELLI; SILVA, 2002a; KOETZ et al., 2010; MAROUELLI; SILVA, 2011). A aplicação de água sobre o tomateiro, como ocorre nos sistemas de aspersão, propicia condições de umidade na parte aérea e favorece o desenvolvimento de doenças fúngicas e bacterianas, além de remover parte dos defensivos aplicados, o que pode ocasionar perdas significativas de produção e qualidade dos frutos (VALE; ZAMBOLIM, 1996; MAROUELLI et al., 2000; MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2012).

Embora, Vale e Zambolim (1996) afirmem que isoladamente a irrigação não determina o aumento da incidência ou da severidade de doenças, seu efeito está associado à interação com fatores ambientais, como temperatura, tipo de solo, intensidade e frequência de irrigação, tempo de molhamento, fatores relacionados ao manejo da cultura, suscetibilidade da variedade cultivada, seu porte e espaçamento.

O grande interesse atual pela irrigação por gotejamento na tomaticultura industrial foi despertado principalmente pelos excelentes resultados de economia de água e energia, aliados a um substancial aumento de produtividade, diminuição da severidade de doenças e melhoria da qualidade dos frutos (MAROUELLI; SILVA, 2011). Isto fez com que, mesmo sem dispor de informações tecnológicas suficientes, alguns produtores comessem a utilizar nos últimos anos, o gotejamento superficial (MAROUELLI et al., 2000; KOETZ et al., 2010; MAROUELLI; SILVA, 2011).

A irrigação por gotejamento no tomateiro, associada à técnica da fertirrigação proporciona incrementos de produtividade entre 20 e 30% e economia de água da ordem de 30%, em relação à irrigação por aspersão (PRIETO, 1997; COLLA et al., 1999; MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2012). Uma

das principais limitações da irrigação por gotejamento, além do custo e entupimento de emissores, tem sido a pequena utilização de outras culturas em rotação na entressafra ou em substituição ao tomateiro, além da escassez de mão de obra para instalação do sistema e sua desinstalação antes de cada safra ou colheita (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2012).

2.4. Irrigação subsuperficial em tomate para processamento

A irrigação por gotejamento subsuperficial é definida como aplicação de água abaixo da superfície do solo, por meio de emissores de descarga semelhante à irrigação por gotejamento superficial (KUNZ; AVILA; PETRY, 2014; DARLI et. al., 2015). Portanto, o gotejamento subsuperficial é uma variação do tradicional sistema de gotejamento, onde os tubos são enterrados a uma profundidade que pode variar de 15 a 60 cm. A irrigação por gotejamento subsuperficial se caracteriza pela aplicação localizada de água diretamente na zona radicular da cultura, o que favorece a eficiência do uso da água (DARLI et al., 2015).

O sistema por gotejamento subsuperficial utiliza o solo como meio de propagação da água, no qual os emissores ficam sob a superfície do solo e dentro da camada que representa a profundidade efetiva do sistema radicular das plantas (KELLER; BLIESNER, 1990). Segundo Ayars et al. (2001); Hanson et al. (2009); Ayars, Fulton e Taylor (2015), o sistema de gotejamento subsuperficial pode ser altamente rentável para a cultura do tomate de processamento industrial, com ganhos significativos de produtividade, melhoria da qualidade dos frutos, redução na aplicação de água e dos custos com adubação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças. Estas vantagens também foram evidenciadas nos trabalhos realizados por Sutton et al. (2006) e por Martínez e Reca (2014).

Embora no Brasil, ainda existam poucas informações sobre a irrigação por gotejamento subsuperficial no tomateiro, há uma tendência de crescimento das áreas irrigadas por este sistema de irrigação (SILVA et al., 1999; MAROUELLI; SILVA, 2002a; MARQUES; FRIZZONE; TEIXEIRA, 2006; KOETZ et al., 2010; MAROUELLI; SILVA, 2011). Seja em novas áreas ou em substituição aos sistemas por aspersão.

O sistema de gotejamento subsuperficial, em comparação ao superficial, tem uma série de vantagens adicionais, como aplicar água e nutrientes diretamente na zona radicular, reduzir as perdas por evaporação, evitar danos mecânicos às tubulações durante as operações de cultivo e por roedores, proporcionar maior crescimento do sistema radicular, reduzir a umidade na superfície do solo, minimizar a incidência de doenças, flexibilidade do uso de máquinas agrícolas (CAMP, 1998; SILVA et al., 1999; MAROUELLI; SILVA, 2002a; HANSON et al., 2009; MAROUELLI; SILVA, 2011; AYARS; FULTON; TAYLOR, 2015).

Uma das desvantagens do gotejamento enterrado está relacionada ao estabelecimento inicial da cultura. Por não umedecer ou não permitir condições satisfatórias de umidade a superfície do solo, pode dificultar a germinação de sementes ou pegamento de mudas e, às vezes, requerer o uso de um segundo sistema de irrigação, como por aspersão, para solucionar o problema, o que

aumenta os custos e reduz o retorno econômico (MAY, 1997; CAMP, 1998). Outro potencial problema é o entupimento, principalmente devido intrusão radicular nos gotejadores e entrada de partículas de solo, o que pode ser resolvido utilizando-se ventosa, gotejadores especiais e/ou injeção de trifluralina em pequenas concentrações (CASAÑO, 1998; MARTÍNEZ; RECA, 2014; DARLI et al., 2015).

Altas tecnologias como o sistema por gotejamento enterrado, só se tornam viáveis se forem utilizadas técnicas adequadas de manejo de irrigação que visem à racionalização do uso da água e o aumento da produtividade (COELHO; OR; SOUZA, 1999). Vários estudos com resultados satisfatórios vêm sendo realizados, principalmente na Califórnia, com gotejamento subterrâneo em tomateiro industrial (PHENE; HUTMACHER; DAVIS, 1992; MAY, 1997; AYARS et. al, 2001; SUTTON et al., 2006; PAYERO et al., 2008; HANSON et al., 2009; AYARS; FULTON; TAYLOR, 2015). Estudos realizados por Silva et al. (1999); Machado e Oliveira (2005); Del Amor e Del Amor (2007) também constataram que a irrigação por gotejamento subsuperficial aumentou a produtividade total de tomate se comparado com o gotejamento superficial no Brasil, em Portugal e na Espanha, respectivamente. Ayars et al (2001); Sutton et al (2006) obtiveram aumentos expressivos na produtividade do tomate irrigado por gotejamento enterrado, na Califórnia – EUA, em comparação com a irrigação por sulco.

Entretanto no Brasil, Marouelli e Silva (2002a) quando compararam a irrigação por aspersão, gotejamento superficial e gotejamento enterrado a 20 e 40 cm de profundidade, em áreas de cerrado, não evidenciaram vantagens na utilização da irrigação subsuperficial para a produção de tomate para processamento industrial. Tal evidência confirma o trabalho de Thebaldi et al. (2013) e Rinaldi et. al. (2013), ao constatarem maior produtividade no sistema de irrigação por gotejamento superficial, em comparação ao enterrado a 15 cm, em Anápolis – GO e não encontraram vantagens nenhuma na produção de tomate para processamento industrial irrigado por gotejamento subsuperficial.

Porém, Machado et. al. (2003) em Portugal, quando compararam a irrigação superficial por gotejamento, com o sistema enterrado a 20 e 40 cm de profundidade, verificaram maior produtividade de tomateiro quando os tubos foram instalados a 20 cm.

Dasberg e Bresler (1985) consideraram que emissores subsuperficiais na camada de 15-30 cm são suficientes para a maioria das culturas e não interferem nos tratos superficiais e na colheita. Porém, estudos desenvolvidos por Barros et al. (2009), em solos de textura argilosa em Piracicaba (SP), não possibilitaram determinar a profundidade ideal e a vazão mais adequada para gotejamento enterrado. Camp (1998) sugere que a profundidade deve ser suficiente para que não haja afloramento de umidade na superfície do solo e que as operações de preparo possam ser realizadas sem causar danos às laterais, haja vista que a lateral deve permanecer instalada no campo.

2.5. Manejo da irrigação em tomate para processamento

Os indicadores para determinar o momento de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada nas culturas, podem ser agrupados em indicadores de manejo com base na planta, no solo e no clima (FRIZZONE et al., 2012; PEREIRA; SEDIYAMA; VILLA NOVA, 2013). O manejo da irrigação no tomateiro industrial depende da textura do solo, sua capacidade de retenção de água, cultivar, condições climáticas e do sistema de irrigação (MAROUELLI; SILVA, 2007; MOREIRA et al. 2012).

O adequado manejo da irrigação constitui fator preponderante para o êxito da tomaticultura industrial, pois minimiza a incidência de doenças, os custos com água e energia, maximiza a produtividade, a eficiência no uso de água e de nutrientes, aumenta os teores de sólidos solúveis totais, tornando a atividade mais lucrativa (CAHN et al., 2002; HANSON et al., 2009; MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2012; SILVA, J. et al. 2014). De acordo com Melo e Vilela (2005), o manejo da irrigação é considerado como um dos principais desafios para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial.

Apesar de ser uma prática incorporada ao sistema produtivo do tomateiro, a irrigação é muitas vezes, realizada de forma inadequada por grande parte dos produtores. Embora, existam tecnologias disponíveis para o manejo racional da irrigação, a decisão de como, quanto e quando irrigar ou suspender as irrigações, não são tomadas com base em parâmetros quantitativos, relacionados à dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera, mas apenas em observações visuais da cultura e do horizonte superficial do solo (MAROUELLI et al., 2000).

As principais regiões produtoras de tomate industrial no país apresentam solos profundos, bem drenados e topografia plana, propícios à mecanização e a irrigação. Entretanto, essas regiões ainda carecem de pesquisas acerca das necessidades hídricas e efeitos do deficit hídrico na produção do tomateiro, tendo em vista a otimização da produtividade e teor de sólidos solúveis, a redução na incidência de doenças, na lixiviação de nutrientes no solo e eficiência no uso da água (KOETZ et al., 2008; KOETZ et al., 2010; MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2012).

Muitos produtores que utilizam o sistema por gotejamento têm seguido o critério de manejo recomendado para tomateiro irrigado por aspersão. Adotam a estratégia de promover deficit hídrico durante o estágio vegetativo, com turnos de rega de 7 a 12 dias, com o objetivo de obter maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, reduzir o uso de água e a incidência de doenças. Outros preferem irrigar em regime de alta frequência (1 a 2 dias), sem provocar qualquer deficit hídrico às plantas, pois acreditam que tal estratégia favorece maiores rendimentos. Entretanto, estas estratégias não estão fundamentadas em resultados de pesquisas específicos para gotejamento e têm causado com alguma frequência, problemas como redução de estande, menor produtividade de frutos e maior incidência de doenças de solo durante o estágio inicial da cultura, e da parte aérea ou do fruto, durante os estádios finais da cultura. (MAROUELLI; SILVA, 2005; KOETZ et al, 2008).

De acordo Marouelli e Silva (2005); Monte et al. (2009), a cultura apresenta maior produtividade quando irrigada com turnos de rega de dois dias, se comparado com turno de rega diário, turno de rega alternado de um dia e turno de rega alternado de três dias. Dentre os estádios de desenvolvimento do tomateiro, o de frutificação é o mais sensível à deficiência e excesso de água no

solo, onde irrigações inadequadas comprometem o rendimento e a qualidade do fruto (PRIETO, 1997; MOREIRA et al., 2012).

Outra possibilidade de manejo da irrigação em culturas agrícolas, dentre elas o tomateiro, é a utilização do índice de estresse hídrico da cultura (CWSI) no monitoramento das necessidades hídricas e no planejamento da irrigação (JACKSON et al. 1981; REGINATO; HOWE, 1985; JACKSON; KUSTAS; CHOUDHURY, 1988; LÓPEZ et al., 2009a). O CWSI determina a base de transpiração atual de um cultivo, mediante a diferença de temperatura do ar e do dossel da cultura, do deficit de pressão de vapor, das características da cultura e das condições atmosféricas (LÓPEZ et al., 2009b).

Quando uma cultura tem estresse hídrico, os estômatos permanecem fechados e a transpiração diminui, o que ocasiona aumento da temperatura foliar. Quando uma planta não apresenta estresse hídrico, a temperatura da folha é de 1 a 4 °C menor do que a temperatura ambiente. Neste caso o CWSI fica próximo de zero. Quando a transpiração diminui, a temperatura da folha sobe e pode atingir de 4 a 6 °C acima da temperatura do ar. Neste caso, o deficit hídrico é alto, a transpiração foliar é drasticamente reduzida e o CWSI fica próximo a 1 (JACKSON et al., 1981; JACKSON; KUSTAS; CHOUDHURY, 1988).

A utilização de diferentes métodos de manejo de irrigação (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 1996; LÓPEZ et al., 2009a; DOURADO NETO et al., 2010; SILVA et al., 2013) carece de mais estudos em áreas de cultivo de tomateiro industrial no Cerrado, principalmente quando se utiliza irrigação subsuperficial. Pois, não se sabe ao certo, qual o momento mais adequado para suspensão da irrigação antes da colheita, assim como, as necessidades de irrigação durante as fases de desenvolvimento da cultura.

2.6. Respostas da cultura a manejos da irrigação

A água é um dos fatores mais importantes que afetam o desenvolvimento, a produtividade e a qualidade industrial dos frutos de tomateiro. Tanto o excesso como a falta de água prejudicam o desenvolvimento da cultura e a qualidade dos frutos de tomateiro para processamento industrial (KOETZ et al., 2010; BACALLAO; FUNDORA, 2014; NANGARE et al., 2016). Geralmente, o efeito dos níveis de irrigação sobre a qualidade dos frutos é o inverso daqueles sobre o rendimento e peso dos mesmos (PATANÈ; COSENTINO, 2010; PATANÈ; TRINGALI; SORTINO, 2011; NANGARE et al., 2016).

A deficiência de água é normalmente, o fator mais limitante à obtenção de produtividades elevadas e produtos de boa qualidade, mas o excesso também pode ser prejudicial. A reposição de água no solo por irrigação, na quantidade e no momento oportuno, é decisiva para o sucesso da cultura (MAROUELLI; SILVA, 2002a; KOETZ et al., 2010; NANGARE et al., 2016).

O cultivo de tomateiro sob deficit hídrico assume relativa importância, principalmente em ambientes semiáridos, onde o custo e a disponibilidade hídrica para irrigação são fatores limitantes (PATANÈ; COSENTINO, 2010; PATANÈ; TRINGALI; SORTINO, 2011; NANGARE et al., 2016).

Entretanto, conforme Bacallao e Fundora (2014), o déficit hídrico diminui o número de flores e frutos, a massa média dos frutos, as massas fresca e seca das plantas, embora nestas condições, geralmente seja maior a eficiência no uso da água.

A resposta do tomateiro ao déficit hídrico depende da cultivar, estágio de desenvolvimento da cultura, duração, severidade do estresse e das condições ambientais em que a cultura esteja submetida (BACALAO; FUNDORA, 2014).

López et al. (2009a, 2009b); Ramírez et al. (2015), verificaram que à medida que aumenta o déficit hídrico, ocorre elevação do CWSI de plantas de tomate em função da elevação da temperatura do dossel da cultura. Os primeiros autores verificaram também, que há tendência de elevação deste índice, quando ocorrem reposições de água além das necessidades da cultura. Quando os valores de CWSI são elevados, próximos a um, ocorre menores produtividades de frutos, a qual apresenta alta correlação com o CWSI.

2.6.1. Desenvolvimento vegetativo da cultura

O desenvolvimento vegetativo, expresso pelos parâmetros de crescimento, acúmulo de matéria seca e expansão foliar são indicativos da adaptabilidade da cultura às condições de manejo e edafoclimáticas do local (MONTE et al., 2009). A área foliar (AF) e o índice de área foliar (IAF) são parâmetros que indicam a adaptabilidade da cultura às condições de manejo. O IAF que representa a área foliar total por unidade de área do terreno é um indicador da superfície disponível para interceptação, absorção de luz e transpiração.

Em Campinas - SP, sob casa de vegetação, Pires et al. (2009) verificaram que maiores frequências de irrigação (4 vezes e 3 vezes por dia) aplicadas por gotejamento superficial, aumentaram o IAF e matéria seca da parte aérea em tomateiros de crescimento indeterminado cultivar Sahel do grupo Santa Cruz.

Em Pombal – PB, utilizando a cultivar Super Marmande de crescimento indeterminado, em condições de casa de vegetação, Soares et al. (2012b) constataram valores máximos de área foliar e fitomassa seca da parte aérea de 4091,35 cm² e 385,73 g, com reposição de 76 e 97% da ETc, respectivamente. Estes resultados corroboram aos obtidos por Monte et al. (2013), em condições de campo no Rio de Janeiro utilizando tomateiro de mesa, que atingiram o máximo de índice de área foliar (1,0 a 1,2) dos 90 aos 100 dias após o transplante (DAT), com reposição de 120% da ETc.

Soares et al. (2011), avaliaram o desenvolvimento do tomateiro de crescimento indeterminado Nemadouro, em condições de ambiente protegido em Pombal – PB. Verificaram efeito linear crescente do número de folhas e altura de plantas quando submetidas a reposições da ETc de 60, 80, 100 e 120%, independentemente da fase de desenvolvimento das plantas. Entretanto, o diâmetro de caule medido no colo das plantas não foi influenciado significativamente pelos níveis de irrigação em nenhuma das fases da cultura em que foi avaliada.

Em ambiente protegido, em Uberaba (MG), Santana et al. (2010) observaram que independentemente da época de avaliação (55, 70, 85 e 100 DAT), o excesso e o déficit hídrico

proporcionaram menor diâmetro de caule e altura do tomateiro, híbrido Andrea. Esses resultados estão de acordo aos encontrados por Birhanu e Tilahun (2010) na Etiópia, onde verificaram efeito linear decrescente de biomassa de plantas de tomateiros, quando submetidas a tratamentos de deficit de irrigação de 75, 50, 25 e 0% da ETc.

Brito et al. (2015), avaliaram a resposta do tomateiro de crescimento indeterminado Super Marmande, a lâminas de irrigação de 60 a 120% da ETc em ambiente protegido na região de Pombal – PB. Verificaram efeito linear decrescente dos níveis de irrigação na altura de planta durante a fase vegetativa e crescente durante a fase de floração e frutificação. Com relação ao diâmetro de caule, verificaram resposta linear crescente em relação aos níveis de irrigação, independentemente da fase vegetativa. A massa seca de folha e caule apresentou efeito linear decrescente e crescente durante a fase vegetativa, respectivamente. Na fase de floração e frutificação, tanto o excesso quanto o deficit hídrico prejudicaram estes parâmetros, exceto a massa seca de caule na fase de floração que não foi influenciada significativamente pelos níveis de irrigação.

Em condições de campo, em Jataí - GO, Lima (2014) verificou aumento linear crescente de altura de planta à medida que aumentou a reposição de água no solo de 66 a 166% da Evapotranspiração de Referência (ETo). Entretanto, não obteve efeito significativo dos níveis de irrigação sobre o diâmetro de caule.

Em experimento em ambiente protegido em Lavras - MG, Morales et al. (2015) avaliaram reposições de irrigação no intervalo de 25 a 100% da umidade na capacidade de campo. Observaram efeito linear crescente dos níveis de irrigação nas massas fresca e seca de folhas, caule e raízes, dos híbridos de tomateiro TOM – 64 e M – 82 e na altura de planta do híbrido TOM – 64.

Resultados semelhantes foram encontrados em pesquisa realizada em condições de campo da Itália, onde Patanè, Tringali e Sotino (2011) verificaram que a biomassa seca das plantas de tomate foi severamente reduzida pelo aumento do deficit hídrico e pela antecipação da suspensão da irrigação na cultura antes da fase de colheita.

2.6.2. Formato e tamanho de frutos

A massa média de fruto é um relevante componente da produção e qualidade dos frutos, por ser a melhor maneira de exprimir indiretamente o tamanho dos frutos (KOETZ et al., 2010). Utilizando o híbrido Heinz 9498, em área de cerrado em Jataí - GO, Koetz et al. (2010) verificaram resposta linear crescente do diâmetro de frutos e massa de frutos, à medida que elevaram a reposição de água no solo de 50 e 125% da umidade na capacidade de campo (Θ_{cc}). Estes resultados são condizentes aos obtidos na Califórnia – EUA (CAHN et al., 2002), em Brasília – DF (MAROUELLI; SILVA, 2007), na Etiópia – África (BIRHANU; TILAHUN, 2010) e na Índia (NANGARE et al., 2016), onde avaliaram a influência dos níveis de irrigação sobre o tamanho dos frutos de tomateiro.

Silva, J. et al. (2014) avaliaram a reposição de níveis da ETo (50; 75; 100; 125 e 150%) via irrigação por gotejamento no tomateiro Caline IPA6, em condições de campo, em Catolé do Rocha

(PB). Verificaram que o déficit e o excesso hídrico prejudicaram o tamanho dos frutos. Os maiores diâmetros transversal e longitudinal foram estimados em 38,12 e 57,66 mm, obtidos com a reposição de 131,00 e 122,47% da ETo, respectivamente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Patanè e Cosentino (2010), em condições de campo em dois locais na Sicília – Itália. Verificaram que sob déficit hídrico ocorreu diminuição do tamanho dos frutos, embora tenha aumentado a sua firmeza. Verificaram que a reposição de 100% da ETc durante todo o cultivo e 100% até a floração e mais 50% da floração à colheita, proporcionaram a maior massa média de frutos (67 g). Entretanto, Soares et al. (2013) em Pombal – PB, verificaram efeito linear crescente de massa média de frutos da cultivar Super Marmande, à medida que elevaram os níveis de reposição da ETc (60 a 120%).

Soares et al. (2011); Soares et al. (2013); Silva et al. (2013), trabalhando com tomateiros Nemadouro, Heinz 9498, Super Marmande e Caline IPA 6 em casa de vegetação, no Estado da Paraíba, verificaram aumento do diâmetro longitudinal e transversal em função de níveis de irrigação de 20 a 166% da ETc. Resultados que corroboram com os encontrados por Nangare et al. (2016) na Índia, quando avaliando reposições da irrigação iguais a 60, 80 e 100% da ETc, concluíram que as irrigações deficitárias comprometem o tamanho dos frutos.

Em outros trabalhos, como o de Savic et al. (2011) na Servia, não houve diferença significativa de diâmetros de frutos em tomateiros quando submetidos a déficit e/ou irrigação plena em ambiente protegido. Resultados semelhantes foram encontrados por Campagnol et al. (2014) em Piracicaba - SP, onde não verificaram efeito significativo do volume de irrigação (60 a 140% da ETc) sobre massa média de frutos da cultivar San Vito, irrigado por gotejamento. Estes resultados são condizentes aos encontrados por Silva et al. (2014a), que não verificaram influência de níveis de reposição da ETc no diâmetro e comprimento de frutos de tomateiros Heinz 9992 e BRS Sena em condições de campo em Morrinhos – GO. Constataram que as variações destes fatores foram inerentes a cultivar.

Utilizando o tomateiro de crescimento indeterminado (híbrido Andrea) em quatro safras consecutivas, em ambiente protegido, em Uberaba – MG, Santana et al. (2010) concluíram que o excesso e o déficit hídrico reduzem a espessura da polpa dos frutos.

2.6.3. Produtividade e número de frutos

A aplicação de água na quantidade certa permite obter uma boa relação entre a produtividade e a qualidade dos frutos para processamento, o que possibilita economizar água e energia elétrica (PATANÈ; TRINGALI; SORTINO, 2011).

Em área de cerrado de Jataí – GO, Koetz et al. (2008) utilizando o híbrido de tomate de processamento industrial (Heinz 9498), constataram que a reposição de água no solo até a 100% da umidade de capacidade de campo (732,2 mm durante o ciclo da cultura), proporcionaram maior produtividade total do híbrido (111,98 t ha⁻¹). Lâmina que os autores recomendaram como ideal para a produção de tomateiro industrial para nas condições edafoclimáticas do Sudeste de Goiás.

Resultados semelhantes foram obtidos por Moreira et al. (2012), em condições de plantio direto em Ipameri (GO). Esses autores constataram menor produtividade da cultivar de tomateiro Hypeel em maiores tensões de água no solo.

Marouelli e Silva (2007) concluíram que menores tensões de água no solo propiciam maior produtividade e número de frutos em cultivares para processamento (Heinz 9498; AP533; Heinz 992), nas condições edafoclimáticas de Brasília (DF). Resultados semelhantes foram encontrados na Etiópia, Birhanu e Tilahun (2010) ao verificarem efeito linear decrescente de número de frutos e massa seca de frutos, à medida que avaliaram o efeito do deficit hídrico de 75 a 0% da ETc em plantas de tomateiro. Monte et al. (2013), também verificaram produtividade linear crescente do tomateiro híbrido Débora plus, tipo longa vida, à medida que elevaram a reposição da ETc (40 a 120%), em condições de campo, no Rio de Janeiro.

Entretanto, resultados distintos foram encontrados por Sá et al. (2005) sob ambiente protegido em Lavras – MG com o híbrido Raisa N. Observaram que a maior produtividade total (104,3 t ha⁻¹) foi obtida quando a tensão de água no solo foi mantida em 76 kPa, enquanto que a máxima produtividade de frutos comerciais (83,6 t ha⁻¹), foi obtida com tensões 83,3 kPa no solo.

Na Itália, Patanè e Cosentino (2010); Patanè, Tringali e Sortino (2011) concluíram que, sob deficit hídrico, a produtividade do tomateiro industrial é severamente prejudicada e que a irrigação durante todo o ciclo proporciona maiores rendimentos. Verificaram também que, quanto maior o período de suspensão da irrigação antes da colheita, menor a produtividade, onde a suspensão da irrigação após o estabelecimento da cultura reduziu em até 82% a produtividade comercial, em função do menor peso dos frutos e abortamento de flores e frutos. A reposição de 100% da ETc proporcionou maior produtividade da cultura, embora a reposição de apenas 50%, elevou o teor de sólidos solúveis totais.

Silva, J. et al. (2014) avaliaram os tomates Heinz 9498 e Caline IPA 6, em Catolé do Rocha - PB, submetidos a níveis de ETo (50; 75; 100; 125 e 150%) aplicados via gotejamento. Constataram efeito linear crescente para número de frutos, massa de frutos, número de flores, número de flores abortadas e produtividade. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2013), com a cultivar Caline IPA 6 em casa de vegetação, em Catolé do Rocha – PB, onde verificaram aumento linear crescente da massa média dos frutos com a elevação dos níveis de irrigação de 33 a 166% da ETc. Enquanto que os números máximos de flores por planta (157) e de flores abortadas (121) foram estimados com a reposição de 136 e 140% da ETc, respectivamente. Já, os maiores número de frutos por planta e produtividade, foram estimados em 37,4 frutos e 2,0 kg planta⁻¹, com reposições de 110 e 128% da ETc, respectivamente.

Santana et al. (2010), trabalhando em casa de vegetação em Uberaba (MG), verificaram aumento de produtividade e número de frutos do tomateiro híbrido Andrea de crescimento indeterminado, com a reposição de até 581,4 mm de água durante o ciclo, sendo a maior produtividade estimada em 72,63 t ha⁻¹. Maiores reposições ocasionaram decréscimos dos parâmetros avaliados.

Em estudos preliminares, realizados por Silva et al. (2014a) em Morrinhos – GO, o híbrido BRS Sena apresentou maior produtividade (80,33 t ha⁻¹) e rendimento de polpa (12,34 t ha⁻¹) com

reposição de 165,71 e 155% da ETc, respectivamente, enquanto o híbrido Heinz 9992, atingiu os maiores rendimentos com reposição de 100,17% da ETc.

Em Lavras – MG, Morales et al. (2015) avaliaram a reposição de água de 25 a 100% da umidade na capacidade de campo. Verificaram aumento linear do número de frutos por planta e produção de frutos, para as cultivares de tomateiro TOM – 64 e M - 82, à medida que elevaram a umidade do solo. Os mesmos autores verificaram também, que a temperatura foliar correlaciona com a produtividade de frutos, ou seja, à medida que se eleva a temperatura do dossel da cultura ocorre diminuição linear da produtividade.

Resultados distintos foram encontrados por Savic et al. (2011), em ambiente protegido, na Sérvia. Não verificaram diferença significativa de produtividade e número de frutos por planta, em tomateiros submetidos a deficit e plena irrigação. Em Piracicaba – SP, Campagnol et al. (2014) não verificaram significância de lâminas de irrigação (60 a 140% da ETc) sobre produtividade total, produtividade comercial e número de frutos por planta em tomateiro híbrido de crescimento indeterminado, cultivar San Vito, irrigado por gotejamento.

Resultados semelhantes foram encontrados em Israel por Harel et al (2014), que ao avaliarem a reposição de 70 a 120% da ETc em tomateiros cultivados em casa de vegetação, não encontram diferenças significativas de produtividade total, produtividade comercial e peso médio de fruto em função dos níveis de reposição hídrica avaliados.

2.6.4. Qualidade de frutos

O teor de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) é uma das características mais importante da matéria-prima, pois condiciona o rendimento em polpa do tomate processado. A porcentagem de sólidos solúveis, que é representada pelo $^{\circ}\text{Brix}$, inclui os açúcares, os ácidos e tem influência no rendimento industrial. Quanto maior o seu teor nos frutos, menor é o consumo de energia na obtenção da polpa concentrada. Para cada $^{\circ}\text{Brix}$ de aumento na matéria-prima, há um acréscimo de aproximadamente 20% no rendimento industrial (GIORDANO; SILVA; BARBOSA, 2000; BECKLES, 2012).

Para obter maiores teores de sólidos solúveis, é conveniente reduzir a quantidade de água, aumentar o intervalo de irrigações na fase de maturação dos frutos e suspender totalmente as irrigações vários dias antes da colheita, considerando o tipo de solo, a cultivar e condições climáticas (MAROUELLI; SILVA, 2007; LOPES, 2010; KOETZ et al., 2010; MOREIRA et al. 2012). Porém, há uma tendência em reduzir a produtividade em função do estresse hídrico (MAROUELLI; SILVA, 2007; PATANÈ; COSENTINO, 2010).

Segundo Patanè e Cosentino (2010); Patanè, Tringali e Sortino (2011) em estudos realizados na Sicília – Itália, a reposição de 50% da ETc durante o ciclo vegetativo ou a partir da floração aumenta o conteúdo de sólidos solúveis totais dos frutos, com menores perdas de produtividade. Verificaram também que este parâmetro foi mais elevado ao utilizar maiores períodos de suspensão da irrigação antes da maturação dos frutos. Esses resultados confirmam os encontrados por Favati et al. (2009) no Sul da Itália, ao constatarem que sob deficit hídrico a cultura

do tomate apresenta frutos de melhor qualidade para processamento. Na Índia por dois anos consecutivos (2013 e 2014), Nangare et al. (2016), analisando níveis de irrigação de 60, 80 e 100% da ETc, concluíram que sob irrigação deficitária os frutos de tomateiro apresentaram maiores teores de sólidos solúveis totais e acidez.

Marouelli e Silva (2007) verificaram aumento na produtividade de frutos podres e diminuição do pH e °Brix, à medida que elevaram a umidade do solo. Lopes (2010), avaliando o híbrido UG 8169 no município de Cristalina - GO constatou menor maturação de frutos à medida que elevaram a reposição da ETc. Koetz et al. (2008) em Jataí - GO, verificaram aumento linear crescente da produtividade de frutos não comerciais de tomateiro Heinz 9498, à medida que aumentaram a reposição de água no solo. Macêdo e Alvarenga (2005) relatam aumentos de °Brix até a reposição de 100% da ETc, em tomateiro Bônus F1 cultivados em casa de vegetação, em Lavras - MG.

Resultados semelhantes foram encontrados por Moreira et al. (2012), em sistema de plantio direto do tomateiro Hypeel, em áreas de cerrado de Ipameri - GO. Verificaram que a acidez e °Brix aumentaram à medida que elevaram os valores de tensão de água no solo. O mesmo foi constatado por Koetz et al. (2010) com o híbrido (Heinz 9498) em Jataí - GO. Resultados que corroboram com os encontrados por Cahn et al. (2002) na Califórnia - EUA, Marouelli e Silva (2007) em Brasília - DF, e Birhanu e Tilahun (2010) na Etiópia África, quando concluíram que o deficit hídrico eleva o teor de sólidos solúveis totais e a acidez dos frutos de tomateiro.

Segundo Giordano, Silva e Barbosa (2000), frutos com pH inferior a 4,5 apresentam menor proliferação de microorganismos no produto final. Marouelli e Silva (2008) verificaram aumento da acidez em tomates industrial (híbridos H9498, AP533 e H9992), à medida que elevaram os deficit hídricos no solo. Resultados idênticos foram encontrados por Soares et al. (2012c) em Pombal - PB, em ambiente protegido durante a fase de maturação dos frutos da cultivar Super Marmande de crescimento indeterminado. Colla et al. (1999); Moreira et al. (2012) também obtiveram resultados similares, de menor pH em frutos de tomateiro sob restrição hídrica.

Patanè e Cosentino (2010); Patanè, Triangali e Sortino (2011) observaram que a acidez titulável não apresentou alterações significativas com os regimes de irrigação, embora maiores quantidades de ácido cítrico foram obtidos em frutos produzidos sob deficit hídrico. Resultados semelhantes foram encontrados por Macêdo e Alvarenga (2005), em Lavras, onde a presença de ácido cítrico nos frutos foi menos acentuada quando aumentaram a lâmina de irrigação.

Resultados distintos foram encontrados por Campagnol et al. (2014) em Piracicaba (SP), quando não ocorreu diferença significativa no teor de sólidos solúveis, acidez titulável e pH do frutos do híbrido San Vito, em função de níveis de reposição da ETc (60 a 140%). Em Cristalina (GO), Lopes (2010) verificou aumento linear do teor de sólidos solúveis totais, à medida que aumentou a reposição da ETc no híbrido para processamento industrial UG 8169. Savic et al. (2011), não verificaram efeitos significativos de sólidos solúveis totais em frutos de tomateiro submetidos a deficit e irrigação completa, em condições de ambiente protegido na Servia.

Em Lavras - MG, Sá et al. (2005) utilizando o híbrido Raísa N de crescimento indeterminado, cultivados em casa de vegetação sob irrigação por gotejamento, verificaram efeito das

lâminas de irrigação na incidência de podridão apical em frutos de tomate. Observaram que tanto o deficit, quanto o excesso de irrigação aumentaram a incidência deste problema.

Pires et al. (2009), avaliando a cultivar de tomate híbrido Sahel de crescimento indeterminado, grupo Santa Cruz, constataram maior incidência de podridão apical em tratamentos com irrigações menos frequente, em Campinas – SP.

Resultados contrários, foram obtidos por Campagnol et al. (2014) em Piracicaba – SP, que observaram maior incidência de podridão apical em frutos de tomateiro em maiores níveis de irrigação (60 a 140% da ETc). Monte et al. (2013) verificaram aumento do número de frutos com defeito à medida que aumentaram a ETc (40 a 120%), em condições de campo no Rio de Janeiro utilizando tomateiro de mesa. Entretanto, Silva et al. (2014b) em Morrinhos – GO, avaliando os híbridos Heinz 9992 e BRS Sena, não verificaram influência da reposição da ETc na incidência de podridão apical.

A firmeza do fruto é um parâmetro importante de pós-colheita, pois influencia significativamente na vida útil dos frutos e a resistência a danos durante a colheita. Como o transporte dos frutos da lavoura para a agroindústria ocorre a granel, é preponderante para a qualidade da matéria prima que chega à unidade de processamento (MELO; VILELA, 2005).

2.6.5. Produtividade da água

A produtividade da água é a relação entre a quantidade de produção agrícola obtida e o volume de água utilizada no cultivo (CAMPAGNOL, et al., 2014). A quantidade de água aplicada nas culturas deve visar não somente o aumento da produtividade, mas a maximização da rentabilidade e a redução do consumo hídrico e dos impactos ambientais (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). As produtividades estimadas devem ser obtidas pelas aplicações de níveis de irrigação economicamente ótimos, isto é, objetivando maior produtividade da água pelas plantas (CAMPAGNOL et al., 2014).

O tomateiro se destaca entre as hortaliças, devido a sua alta produtividade de água, em média 11 kg m⁻³, o que lhe proporciona alta produtividade (até 10 kg planta⁻¹), quando irrigado adequadamente (MACÊDO; ALVARENGA, 2005).

Na região da Sicília – Itália Patanè, Triangali e Sortino (2011) e na Índia Nangare et al. (2016), constaram maior produtividade da água quando o tomateiro foi submetido a deficit hídrico. Resultados semelhantes foram encontrados no Sul da Itália por Favati et al. (2009), em Lavras – MG por Sá et al. (2005), em Uberaba – MG por Santana et al. (2010) e em Piracicaba – SP por Campagnol et al. (2014).

Contudo, a redução da lâmina de irrigação nem sempre aumenta a produtividade da água pelas plantas. Silva et al. (2013) verificaram maior produtividade da água (66,1 kg m⁻³) pela cultivar Caline IPA 6 em casa de vegetação, em Catolé do Rocha – PB, com reposições de 101% da ETc. Resultados semelhantes foram encontrados por Soares et al. (2012a) em Pombal – PB, ao

verificarem maior produtividade da água pelo tomateiro Super Marmande, com reposição de 86% da ETc, em ambiente protegido.

2.7. Métodos de determinação da ETc e coeficiente de cultivo do tomate para processamento industrial

O conhecimento da demanda hídrica de uma cultura é fundamental para o planejamento e manejo da irrigação nas áreas de cultivo. A quantificação da lâmina de irrigação, evapotranspiração da cultura e do turno de rega, requer o conhecimento de fatores relativos ao clima (precipitação pluvial, temperatura, luminosidade, umidade relativa do ar, velocidade do vento) e às plantas (estádio fenológico, profundidade do sistema radicular, fisiologia de absorção e transferência de água para a atmosfera). Estes fatores devem ser adotados com base em pesquisas locais para cada cultivar e não em práticas que tiveram sucesso em outras regiões (ANGELOCCI, 2002; BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Segundo Allen et al. (1998), a evapotranspiração da cultura (ETc) em condições padrão, refere-se a evapotranspiração de uma espécie vegetal, livre de insetos-pragas e doenças, com boa fertilização em uma extensa área vegetada, com condições ideais de solo e água e que atinja plena produção sob às condições meteorológicas prevalentes. De acordo com Pereira, Sedyama e Villa Nova (2013), o tamanho mínimo da área cultivada necessária para caracterizar a ETc é de 1 ha. E são poucos os resultados experimentais relatados que atendem a essas condições.

A ETc é um parâmetro fundamental no dimensionamento de sistemas de irrigação e no manejo de água nos cultivos. Representa a quantidade de água que deve ser repostada ao solo para manter o crescimento e a produtividade compatível com a luminosidade e temperatura da região (PEREIRA; SEDIYAMA; VILLA NOVA, 2013).

A ETc pode ser determinada através de métodos do balanço energético e microclimático, a partir de estudos sobre o equilíbrio de água no solo em campos de cultivo ou através de lisímetros, dados meteorológicos e da cultura, utilizando o método de Penman-Monteith, onde pode deduzir a taxa de evapotranspiração ajustando o valor do albedo e resistência aerodinâmica e a superfície da cultura para representar a características de crescimento dos mesmos. Embora, estes valores sejam difíceis de estimar com precisão por causa de sua variabilidade durante o período de crescimento das culturas (ALLEN et al., 1998).

O valor de ETc geralmente é calculado em função do coeficiente de cultivo (Kc), onde os efeitos das condições climáticas são incorporados à evapotranspiração de referência (ETo) e as características de cultivo são incorporados ao coeficiente de cultivo (Kc). O Kc é a razão entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo) (ALLEN et al., 1998). Segundo Pereira, Sedyama e Villa Nova (2013), o Kc é um fator de ajuste adimensional e empírico que converte ETo em ETc.

Os valores de Kc variam com as condições de manejo e as características da cultura, ou seja, é um índice que expressa os efeitos morfológicos (área foliar), fisiológicos (intensidade

metabólica) e fenológicos (fase de desenvolvimento) da cultura sobre o seu consumo de água. Para adequar o manejo de irrigação às condições locais é necessário que os valores de K_c sejam estimados em cada local, para cada cultura e estação de cultivo (PEREIRA; SEDIYAMA; VILLA NOVA, 2013).

Essas informações também foram enfatizadas por Harel et al. (2014), que utilizando dados de ET_c em lisímetros e ET_o calculada por Penman Monteith, estimou os valores de K_c em ambiente protegido na região do Mediterrâneo para tomate redondo, no período de inverno e verão e para o tomate cereja no verão, cujos valores de K_c variariam de acordo com a cultivar, estágio de desenvolvimento e estação do ano.

A lisimetria é uma das formas mais usuais e precisas para determinação da ET_c e o K_c das culturas. Entretanto, geralmente os lisímetros são estruturas grandes, com áreas de superfície maior que 2 m^2 , estacionários e de alto custo, o que dificulta a sua utilização. Uma alternativa seria a utilização de lisímetros portáteis de pequeno porte, como os utilizados por Grimmond, Isard e Belding (1992), em medidas de evapotranspiração em área de $0,2\text{ m}^2$ de grama, os quais apresentaram alta correlação com as medidas de evapotranspiração em uma extensa área de grama.

Waugh et al. (1991), utilizando lisímetros pequenos, construídos com tubos de 30,4 cm de diâmetro e célula de carga de 45,36 kg, concluíram que os mesmos podem ser usados na medição da evapotranspiração em plantas de pequeno porte ou culturas de grande porte no início do ciclo, podendo ser utilizado tanto em viveiro de mudas, quanto no campo, além de possibilitar em pesquisas o aumento do número de repetições de um tratamento.

Em trabalho com 12 minilísímetros com capacidade de 20 kg, cultivados com plantas de trigo, Misra, Padhi e Payero (2011) concluíram que é possível obter boa precisão de dados de evapotranspiração por longos períodos. Resultados que corroboram com os encontrados por Vilela et al. (2015) que conseguiram resultados efetivos de ET_c quando avaliaram a acurácia de um minilísímetro de pesagem eletrônica de baixo custo.

Gervásio e Melo Junior (2014) concluíram que os minilísímetro de pesagem permitem medir com precisão o consumo de água das plantas e que a versatilidade do equipamento aliado ao baixo custo de construção, faz desse sistema uma excelente alternativa para o monitoramento da irrigação nos cultivos.

Reis, Souza e Azevedo (2009), utilizando lisímetros de pequenas dimensões ($1,0 \times 1,0 \times 0,7\text{ m}$) em ambiente protegido em Rio Largo – AL com tomate caqui, verificaram alta correlação entre a ET_c calculada pela média de quatro lisímetros e a ET_c estimada pela equação de Penman-Monteith com dados meteorológicos medidos dentro da estufa. Os valores de K_c obtidos pela razão da ET_c dos lisímetros e a ET_o calculada por Penman-Monteith foram de 0,94, 0,74 e 0,53 para as fases vegetativa, frutificação e maturação, respectivamente.

Em Campinas - SP, testando a frequência de irrigação no tomateiro Sahel, sob ambiente protegido, Pires et al. (2009) utilizou pequenos lisímetros de pesagem com capacidade de 50 kg, sendo a variação de massa medida em balança de precisão de 0,01 kg, para cálculo da ET_c e monitoramento da irrigação. Metodologia semelhante foi utilizada por Silva (2012) em Piracicaba (SP), em experimento com tamanhos de recipientes e reposição de lâminas de irrigação em mudas

de três espécies nativas do cerrado, onde a irrigação em cada espécie era calculada em função da variação de massa de três pequenos lisímetros de pesagem.

Na literatura são encontrados diversos valores de K_c para a cultura do tomateiro, como os estabelecidos por Doorenbos e Pruitt (1977): estágio I - vegetativo ($K_c = 0,60$); estágio II – do final da fase I até 70 a 80% do desenvolvimento vegetativo (início do florescimento) ($K_c = 0,85$); estágio III – do final da fase II até o início da maturação ($K_c = 1,15$); estágio IV – do final da fase III até o término da colheita ($K_c = 0,90$). Enquanto Allen et al. (1998) recomendam os seguintes valores de K_c para o tomateiro: 0,6 para o estágio inicial (0 a 30 dias); 1,15 desenvolvimento vegetativo (31 a 110 dias); e 0,7 a 0,9 no fim do ciclo do tomateiro (111 aos 135 dias).

Marouelli, Silva e Oliveira (1991), recomendam valores de K_c para o tomateiro industrial de acordo com o sistema de irrigação e fases fenológicas da cultura: inicial (7 dias) (K_c de 0,45 a 0,55 para gotejamento e de 0,60 a 0,70 para aspersão); vegetativo (25 dias) (K_c de 0,40 a 0,50 para gotejamento e 0,50 a 0,60 aspersão); frutificação (55 dias) (K_c de 0,95 a 1,05 para gotejamento e aspersão); e maturação (28 dias) (K_c de 0,75 a 0,85 para gotejamento e de 0,60 a 0,70 para aspersão).

Em Uberaba (MG), Santana et al. (2011) estabeleceram o K_c para as fases inicial, desenvolvimento, intermediário, final e de colheita do tomateiro San Marzano, em função do balanço de água no solo, cujos valores foram, respectivamente, de 0,37; 0,72; 1,03; 1,10 e 0,75.

Marouelli e Silva (2002b) recomendam valores de K_c para cada fase de desenvolvimento do tomateiro industrial em sistema de irrigação por gotejamento, em plantio convencional e direto, cujos valores são: inicial ($K_c = 0,45$ e 0,35); vegetativo ($K_c = 0,40$ e 0,35); frutificação ($K_c = 0,95$ e 0,85); e maturação ($K_c = 0,70$ e 0,65), respectivamente, para plantio convencional e direto.

Marouelli, Silva e Silva (2012) também estabeleceram valores de K_c para o tomateiro industrial, de acordo com o desenvolvimento vegetativo e sistema de irrigação (Tabela 1).

Tabela 1. Coeficientes de cultivo (K_c) do tomateiro para processamento irrigado por aspersão, gotejamento e sulco, em sistemas de plantio convencional e direto na palhada, conforme estágio de desenvolvimento, em Brasília – DF, 2012.

Sistema	Estádio da cultura				
	Formação de mudas	Inicial	Vegetativo	Frutificação	Maturação
Aspersão	1,05 – 1,15	0,80 – 0,90	0,55 – 0,65	1,0 – 1,10	0,25 – 0,35
Aspersão palhada	-	0,35 – 0,45	0,40 – 0,50	0,95 – 1,05	0,25 – 0,35
Gotejamento	-	0,45 – 0,55	0,35 – 0,45	0,95 – 1,05	0,25 – 0,35
Gotejamento palhada	-	0,25 – 0,35	0,30 – 0,40	0,95 – 1,00	0,25 – 0,30
Sulco	-	0,70 – 0,80	0,55 – 0,65	0,95 – 1,05	0,25 – 0,35

Fonte: Marouelli, Silva e Silva (2012)

Entretanto, na literatura não se tem conhecimento de estudos para determinação de K_c para o cultivo de tomateiro para processamento industrial irrigado por gotejamento subsuperficial, em áreas de cerrado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização

A pesquisa foi conduzida em anos consecutivos, no período mais seco do ano, de junho a outubro de 2015 e maio a setembro de 2016, na Área Experimental de Horticultura do Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos Goiás, situada a 885 metros de altitude, 17°49'19" de latitude Sul e 49°12'11" de longitude Oeste. A classificação climática do município, de acordo com Köppen (1948) enquadra-se no tipo AW, tropical semiúmido, com verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média anual de 23,3 oC e precipitação média anual de 1346 mm.

3.2. Área experimental

A área experimental, até o ano de 2012, era ocupada por um pomar de banana com diversas cultivares. Posteriormente, o pomar foi abandonado e em 2014, o bananal foi eliminado, realizando-se uma posterior gradagem da área. Desde então sem utilização e manejo, a área foi ocupada naturalmente por brachiaria até o início da instalação do experimento.

O solo da área experimental é classificado como latossolo vermelho Amarelo Distroférrico (EMBRAPA, 2013). Antes da instalação dos experimentos, foram realizadas amostragens de solo nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade, que foram enviadas ao laboratório de solo da Embrapa Hortaliças para análises física de granulometria e química (Tabela 2).

Tabela 2. Resultado de análise química e física do solo da área experimental, em Morrinhos – GO

2015												
Amostra	Análise química								Matéria Orgânica	Granulométrica		
	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al		Areia	Silte	Argila
	água	----- mg dm ⁻³ -----				----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- g kg ⁻¹ -----		
0 - 20 cm	5,7	2,6	44,0	9,0	2,9	1,2	0,0	2,6	31,1	486	100	414
20 - 40 cm	5,5	1,5	35,0	8,0	1,8	0,8	0,1	2,9	26,0	494	121	385
2016												
Amostra	Análise química								Matéria Orgânica	Granulométrica		
	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al		Areia	Silte	Argila
	água	----- mg dm ⁻³ -----				----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- g kg ⁻¹ -----		
0 - 20 cm	6,4	13,3	94,4	87,0	3,2	1,2	0,0	1,7	37,8	-	-	-
20 - 40 cm	5,7	13,3	6,5	88,0	0,8	0,8	0,0	2,3	32,6	-	-	-

Metodologia utilizada: pH – eletrodo em suspensão solo: água (1:2,5); P, K e Na – Mehlich 1; Ca, Mg e Al – Cloreto de potássio; H+AL – acetato de cálcio a pH 7,0; Matéria Orgânica – oxidação via úmida (teor de carbono orgânico x 1,724).

A área experimental é circundada a leste por um pomar de manga e goiaba, ao norte em 2015 havia brachiaria e em 2016 experimentos com cenoura e pimentão; a oeste é limitada por área de pastagem e, ao Sul área irrigada por pivô central, que na época do experimento de 2015 foi ocupada por milho e tomate irrigado e 2016 sem cultivos durante a condução do experimento (Figura 1A, Anexo A).

Em 2015, também foram coletadas amostras indeformadas de solo nas camadas de 0-15, 15-30 e de 30-45 cm para determinação da curva de retenção de água e massa específica do solo (ρ), cujas análises foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Drenagem da Embrapa Hortaliças, utilizando o método da câmara de pressão de Richards (RICHARDS; FIREMAN, 1943). Os valores da curva de retenção de água foram ajustados ao modelo proposto por van Genuchten (1980) (Equação 01), cujos parâmetros foram calculados utilizando metodologia proposta por Wraith e Or (1998), usando uma planilha com o suplemento SOLVER no Microsoft Excel (Tabela 3). O teor de água na capacidade de campo (Θ_{cc}) foi estimado com a tensão de -10 kPa, utilizando a equação de van Genuchten (1980) que considera os parâmetros de ajuste, que dependem do solo.

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_{sat} - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\Psi_m|)^n\right]^m} \quad (01)$$

Em que: θ é o conteúdo de água do solo, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; θ_r é o conteúdo residual de água do solo, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; θ_{sat} é o conteúdo de água do solo saturado, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; Ψ_m - potencial mátrico da água do solo, kPa; α , n e m são parâmetros empíricos adimensionais de ajuste ($m = 1-1/n$).

Tabela 3. Parâmetros de ajuste das curvas de retenção de água no solo pela equação de van Genuchten, massa específica do solo e teor de água do solo na capacidade de campo, para área experimental, em Morrinhos - GO

Profundidade (cm)	θ_r ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	Θ_{sat} ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	α	n	m	ρ (g cm^{-3})	Θ_{cc} ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	R^2
0 – 15	0,110	0,498	2,861	1,109	0,099	1,18	0,378	0,99
15 – 30	0,217	0,564	2,862	1,307	0,235	1,15	0,341	0,99
30 – 45	0,228	0,567	2,862	1,337	0,252	1,19	0,337	0,99

θ é o conteúdo de água do solo, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; θ_r é o conteúdo residual de água do solo, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; θ_{sat} é o conteúdo de água do solo saturado, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; α , n e m são parâmetros empíricos adimensionais de ajuste ($m = 1-1/n$); Θ_{cc} é o teor de água do solo na capacidade de campo (tensão de -10 kPa), determinada pela equação de Van Genuchten, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; ρ é a massa específica do solo, em g cm^{-3} ; R^2 é o coeficiente de determinação.

3.3. Preparo do solo

O preparo do solo em 2015 ocorreu de forma convencional. Devido à grande massa verde de capim Brachiaria e às irregularidades existentes na área em função do cultivo anterior com

banana, foram necessários vários procedimentos com grade aradora, para eliminação, incorporação da matéria seca do capim e homogeneização da área.

A primeira gradagem ocorreu no dia 27/02/2015, a segunda 12 dias depois (Figura 2A, Anexo A). Em decorrência das chuvas no período, a terceira gradagem foi realizada 30 dias após a segunda, em 10/04/2015, para incorporação do calcário aplicado para correção do solo. Dezesete dias após a última gradagem, realizou a subsolagem da área para eliminar possíveis camadas compactadas do solo até a profundidade de 50 cm. Posteriormente, vinte dias antes da instalação do experimento (10/05/2015), realizou-se outra gradagem com grade aradora e uma gradagem com grade destorroadora niveladora, deixando a área pronta para instalação do experimento. Já em 2016, em função do sistema de irrigação enterrado na área, optou-se pelo não preparo de solo e as mudas transplantadas sob o sistema de plantio direto. No período de outubro de 2015 a abril de 2016 a área ficou sem utilização, com as plantas daninhas controladas por duas aplicações de herbicidas de pós-emergência (glifosato na dose de 3 L ha⁻¹) e pré-emergência (Sulfentrazone na dose de 0,8 L ha⁻¹ e S-Metolacloclor na dose de 1 L ha⁻¹).

3.4. Correção do solo e adubação

A correção do solo e a adubação da cultura foram realizadas considerando-se a análise de solo e a produtividade esperada da cultura (130 t ha⁻¹), em ambos os anos. Para elevar a saturação de base do solo a 70% e suprir a necessidade de cálcio e magnésio, realizou-se a aplicação de calcário dolomítico a lanço em área total, na dose de 3,5 t ha⁻¹, 51 dias antes da instalação do primeiro experimento (10/04/2015). A incorporação foi realizada a aproximadamente 20 cm de profundidade, por meio de gradagem. Em 2016, de acordo com a análise de solo (Tabela 2), não foi necessário a realização de calagem.

Para suprir as deficiências de nutrientes no solo exigidos pela cultura e atingir a produtividade esperada, foram aplicados em 2015: 60 kg ha⁻¹ de N; 700 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 90 kg ha⁻¹ de K₂O; 18 kg ha⁻¹ de Mg; 23,8 kg ha⁻¹ de S; 2 kg ha⁻¹ de B; e 4 kg ha⁻¹ de Zn. Já em 2016 foram aplicados: 30 kg ha⁻¹ de N; 600 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 50 kg ha⁻¹ de K₂O; 18 kg ha⁻¹ de Mg; 23,8 kg ha⁻¹ de S; 2 kg ha⁻¹ de B; e 4 kg ha⁻¹ de Zn. Foram utilizadas as seguintes fontes: formulado de NPK, 8-28-18, superfosfato triplo, sulfato de magnésio, sulfato de zinco e ácido bórico, nas proporções que atendessem aos objetivos e as necessidades da cultura.

A adubação de plantio, em ambos os experimentos foi realizada em sulcos de 15 cm de profundidade, abertos com enxada, onde a adubação proporcional a cada linha de plantio foi pesada com balança de precisão (0,01 g) e distribuída uniformemente ao longo do sulco. Após a distribuição do adubo em toda a área, os sulcos foram cobertos com solo com auxílio de enxada. Em 2015, o preparo do solo foi realizado de forma convencional e em 2016 utilizou-se o sistema de plantio direto, apenas com abertura de sulco para a adubação e posterior transplante das mudas sobre o sulco (Figuras 1A, B, C e D). A opção pelo sistema de plantio direto em 2016 ocorreu em função das linhas

de gotejadores estarem instaladas a 20 cm de profundidade, o que não possibilitava o preparo convencional do solo.

Figura 1. Vista de parcela experimental durante a cobertura parcial das linhas de gotejadores (A); distribuição do adubo a 15 cm de profundidade acima da linha de gotejamento parcialmente enterrada em 2015 (B); abertura do sulco e adubação de plantio na fileira central de uma subparcela (C); vista de uma subparcela após o transplante das mudas sob plantio direto, em 2016 (D), em Morrinhos - GO

A adubação de cobertura foi realizada na proporção de 70 kg ha^{-1} de N e 60 kg ha^{-1} de K_2O em 2015 e 70 kg ha^{-1} de N e 50 kg ha^{-1} de K_2O em 2016, com a aplicação de ureia, nitrato de cálcio e cloreto de potássio, para suprir N e K_2O , respectivamente. Toda a adubação de cobertura foi realizada via fertirrigação, com metade da dosagem aos 22 dias após o transplante (DAT) das mudas, utilizando ureia e cloreto de potássio, e a outra metade aos 35 DAT, utilizando nitrato de cálcio e cloreto de potássio.

3.5. Delineamento experimental e tratamentos

Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas subdivididas no esquema 5 x 5. Nas parcelas foram aplicados cinco níveis de irrigação iguais a 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração potencial da cultura (ETc), acumulada entre duas irrigações consecutivas. A reposição de 100% da ETc representava as necessidades hídricas consideradas ideais para a cultura, mantendo-se o solo com umidade próxima a θ_{cc} , principalmente na camada de 15 a 30 cm de profundidade, onde se encontra o tubo gotejador. Os níveis de 50 e 75% foram tratamentos com deficit hídrico e os tratamentos de 125% e 150%, tratamentos com excesso hídrico. Nas subparcelas foram aplicados cinco períodos de suspensão da irrigação: 0, 7, 14, 21 e 28 dias em antecedência à colheita (Figura 2).

Figura 2. Esquema de instalação do sistema de irrigação e delineamento experimental no ano 2015, em Morrinhos - GO

Cada parcela experimental constituiu cinco subparcelas (Figura 3A). Cada subparcela foi composta de três fileiras de plantas de 5,5 m de comprimento, espaçadas de 1,10 m entre si (Figura 3B).

(A)

(B)

Figura 3. Vista de uma parcela (A) e de uma subparcela (B); aos 50 DAT das mudas em 2015, em Morrinhos - GO

Nos dois experimentos, as plantas foram espaçadas a 0,30 m na linha de plantio, totalizando 18 plantas por linha, 54 plantas por subparcela, 270 plantas por parcela, 5400 plantas no experimento, o que resulta um estande de aproximadamente 30.303 plantas por hectare (Tabela 1B, Anexo B). As subparcelas, parcelas e os blocos foram espaçados de 2,0; 3,0 e 6,0 m entre si, respectivamente, para evitar interferência entre os tratamentos (Figura 2).

3.6. Produção e transplante das mudas

Na condução de ambos os experimentos utilizaram-se mudas de tomateiro industrial, de crescimento determinado, híbrido BRS Sena. As mudas de tomateiro BRS Sena utilizadas nos experimentos foram produzidas com sementes comerciais, em bandejas plásticas com 450 células, utilizando substrato comercial padrão para os viveiristas a base de fibra de coco, turfa e vermiculita expandida, em viveiro especializado na produção de mudas de tomateiro (Figura 4A).

As mudas foram transplantadas aos 26 dias após a semeadura (01/06/2015 e 13/05/2016) (Figura 4B), sobre os sulcos do adubo já cobertos com solo e irrigados com a umidade na capacidade de campo do solo. A marcação do espaçamento entre plantas (0,30 m) foi realizada utilizando marcadores manuais, desenvolvidos para a ocasião. Pequenas covas foram abertas manualmente para o transplante, em tamanho e profundidade suficiente para que o “colo” da muda ficasse coberto por uma leve camada de solo (Figura 4C).

Figura 4. Produção das mudas de tomateiro no viveiro comercial (A); muda de tomateiro no dia do transplante, 26 dias após a semeadura (B); vista de uma subparcela experimental após o transplante das mudas em 2015 (C), em Morrinhos – GO.

O segundo experimento (2016), para ser conduzido em um período mais seco, conforme foi no primeiro ano, o que facilita a aplicação dos tratamentos de irrigação, foi realizado dentro do período do vazio sanitário para o transplante de tomateiro tutorado ou rasteiro no município de Morrinhos – GO, conforme estabelece a normativa N° 002/2008 da Agência Goiana de Defesa Agropecuária – AGRODEFESA (Apêndice A). Em função do vazio sanitário, foi solicitada uma autorização para condução da cultura a campo fora do período permitido, a qual foi deferida pela AGRODEFESA (Apêndice B).

3.7. Irrigação

Para realizar a irrigação do experimento em ambos os anos, utilizou-se uma motobomba de 7,5 cv, monoestágio, que já era utilizada para irrigação do setor de fruticultura ao lado do experimento. O conjunto motobomba está instalado a cerca de 400 metros da área experimental, na mesma casa de bomba de todos os sistemas de irrigação da instituição, às margens da represa de abastecimento de água para irrigação.

Próximo à área experimental existe uma tomada de água (cavalete), utilizada para irrigação do antigo setor de bananicultura, com pressão e vazão suficiente para atender a demanda do sistema de irrigação do experimento (Figura 3A, Anexo A). A partir deste cavalete, foi dimensionado e instalado o sistema de irrigação subsuperficial (gotejamento enterrado). Primeiramente, instalou-se o tubo venturi para quimigação, filtro de disco de 120 mesh para filtragem da água (20 m³ h⁻¹), registros e manômetros para controle de vazão e pressão (Figura 3B, Anexo A), linhas principais com tubulação de 50 mm de diâmetro, linhas secundárias e de derivação de 25 mm de diâmetro (Figura 3C, Anexo A) e linha lateral de gotejadores de 17 mm de diâmetros.

O sistema foi dimensionado com um gotejador por planta, uma linha de gotejador por fileira de planta e três linhas de gotejador espaçadas de 1,10 m por subparcela (Figura 5A). Todo sistema de irrigação foi enterrado através da abertura de valas com sulcador acoplado em trator agrícola. O acabamento necessário, limpeza de alguns trechos do sulco, cobertura dos tubos dentro do sulco com solo, foi realizado manualmente com o auxílio de enxada. As linhas principais e secundárias foram instaladas a 30 cm de profundidade (Figura 5B), as de derivação e laterais a 20 cm de profundidade (Figura 5C).

Figura 5. Espaçamento das linhas laterais de gotejador (1,10 m) com detalhe da conexão do tubo gotejador com a linha de derivação (A); linha principal de 50 mm, secundária de 25 mm (30 cm de profundidade) e derivação de 25 mm diâmetro (20 cm de profundidade) (B); e linha lateral de 17 mm de diâmetro (20 cm de profundidade) (C), em Morrinhos – GO

A profundidade de instalação da linha de gotejador foi definida com base em um ensaio de campo testando diferentes profundidades do gotejador, de forma que possibilitasse o pegamento das mudas sem a necessidade de um sistema de irrigação complementar (aspersão).

Nas linhas laterais, utilizou-se um tubo gotejador autocompensante, com diâmetro nominal de 17 mm, espessura de parede de 0,85 mm, com sistema antidrenagem, 30 cm de espaçamento entre emissores, pressão nominal de 300,0 kPa, vazão de 2,2 L h⁻¹, enterrado a aproximadamente 20 cm de profundidade.

Os níveis de irrigação (% ET_c) e a suspensão da irrigação antes da colheita foram controladas por abertura e fechamento de registros enterrados no início das parcelas e subparcelas. O acesso aos registros foi realizado através da instalação de tubos de PVC de 75 mm de diâmetro colocados verticalmente sobre os mesmos, o que possibilitava o uso de uma chave especialmente desenvolvida para abertura e fechamento (Figura 4A, Anexo A).

Em antecedência à cobertura das linhas de gotejadores com solo, foi realizado um teste de uniformidade de distribuição de água nos quatro blocos do experimento. O teste foi realizado em quatro gotejadores (4°, 8°, 12° e 16°) de todas as linhas centrais de cada subparcela, com um tempo de coleta de 2 minutos e pressão no final da linha lateral de 150 kPa. Ao final do ensaio de cada

bloco, quantificou-se a massa de água nos coletores com balança de precisão. Considerou-se a densidade da água igual a 1,0 e obteve-se o volume e vazão de cada gotejador.

A uniformidade de irrigação foi expressa pelo coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e pelo coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) em cada bloco, utilizando-se as equações 02 e 03, respectivamente (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

$$CUC = 100 \cdot \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n \cdot q_m} \right] \quad (02)$$

Em que: q_i é a vazão em cada coletor, do primeiro ao i -ésimo ($L h^{-1}$); q_m é a vazão média nos coletores ($L h^{-1}$); e n é o número de coletores.

$$CUD = 100 \cdot \frac{q_{25}}{q} \quad (03)$$

Em que: q_{25} é a média de $\frac{1}{4}$ das menores vazões coletadas ($L h^{-1}$); q é a média de todas as vazões coletadas ($L h^{-1}$);

Os valores de CUC e CUD calculados com as vazões dos gotejadores em 2015 estão expressos na tabela 4. Sendo os valores obtidos, considerados excelentes para o sistema de gotejamento, conforme recomendações de (MANTOVANI, 2001).

Tabela 4. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) do sistema de irrigação em 2015, Morrinhos - GO

Bloco	CUC (%)	CUD (%)
I	94,4	91,3
II	94,4	90,7
III	96,3	93,9
IV	94,7	94,8
Média	94,95	92,68

3.8. Manejo da Irrigação

O grau de umidade do solo foi elevado à capacidade de campo com base na curva de retenção de água do solo, 24 horas antes do transplante das mudas, nos dois anos da pesquisa. A partir de então, as lâminas de irrigação foram proporcionais à evapotranspiração potencial diária das plantas de tomateiro (ET_c).

As irrigações foram realizadas diariamente durante os 8 primeiros DAT, repondo a ET_c das plantas e deixando o solo com grau de umidade próximo à capacidade de campo, visando garantir o

pegamento das mudas. Após o oitavo dia do transplante, as plantas foram irrigadas dia sim dia não, até os 25 DAT, quando passaram a ser submetidas aos tratamentos. A partir de então, as irrigações sempre ocorreram nas segundas, quartas e sextas feiras, até os 124 DAT, conforme os tratamentos propostos.

A partir dos 97 dias após o transplante, a irrigação foi suspensa gradativamente. Inicialmente, a suspensão foi aplicada as subparcelas de 28 dias antes da colheita (S5). Sete dias depois, as subparcelas de 21 dias (S4) e assim sucessivamente até atingir a data da colheita, quando as parcelas com zero dia de suspensão da irrigação (S1) foram irrigadas 12 horas antes da colheita.

A quantidade de irrigação a ser reposta (% ETc), foi determinada em função da média de cinco lisímetros de pesagem com capacidade de 52 litros e 32,5 cm de diâmetro (Figura 6). O cálculo da ETc (Equação 04) foi realizado em função da massa média de cinco lisímetros na umidade de capacidade de campo ($M\theta_{cc}$) e dos lisímetros na umidade atual ($M\theta_a$), cultivados com uma planta de tomateiro em cada lisímetro. Quando ocorreram chuvas que elevaram os lisímetros à massa de capacidade de campo, as irrigações não foram realizadas e os dados de ETc não contabilizados.

Figura 6. Desenvolvimento e obtenção da massa das plantas de tomateiro nos lisímetros, na determinação das necessidades de irrigação (ETc), em Morrinhos – GO

A variação de massa da planta dentro de cada vaso foi considerada. Para isto realizou avaliações da massa média de duas plantas do tratamento L3 (100% da ETc) aos 25, 45, 65 e 85 DAT, que foi contabilizada nas pesagens dos lisímetros de acordo com cada fase de desenvolvimento da cultura.

$$ET_c = \frac{40 \cdot (M_{\theta_{cc}} - M_{\theta_a})}{\rho_a \cdot \pi \cdot D^2} \quad (04)$$

Em que: ET_c é a evapotranspiração das plantas (mm); $M_{\theta_{cc}}$ é a massa do lisímetro + muda + solo na umidade de “capacidade de campo” (g); M_{θ_a} é a massa média, de cinco repetições, do lisímetro + muda + solo na umidade atual (g); ρ_a é a massa específica da água (considerou-se $1,0 \text{ g cm}^{-3}$); e D é o diâmetro da borda do recipiente, na altura do solo (cm).

Os lisímetros utilizados na determinação da ET_c foram mantidos dentro de trincheira abertas no solo no centro da área experimental, de forma que sua borda ficasse no mesmo nível da superfície do solo. As paredes da trincheira foram revestidas com tabuas de madeira para evitar o desmoronamento de solo. Os lisímetros eram retirados da trincheira somente durante os procedimentos de pesagem em balança, para evitar que suas paredes ficassem expostas ao sol e ao vento e possibilitassem superestimativas dos valores de ET_c .

As medidas de massa ($M_{\theta_{cc}}$ e M_{θ_a}) foram realizadas por meio de balança com capacidade de 100 kg e precisão de 0,01 kg. Após a pesagem, os lisímetros eram novamente irrigados até à umidade na capacidade de campo. Posteriormente, eram colocados novamente dentro da trincheira, onde permaneciam até a próxima irrigação. A reposição de irrigação nos lisímetros foi realizada subsuperficialmente, como no campo, usando um gotejador subsuperficial instalado dentro dos lisímetros, a 20 cm de profundidade (mesma profundidade do experimento em campo), alimentado pelo mesmo sistema de irrigação do experimento (Figura 6A, Anexo A).

Os tempos de irrigação (T_i) do experimento foram calculados em função da ET_c , da vazão dos gotejadores, espaçamento de gotejadores, largura da faixa molhada e o percentual de reposição da ET_c (Equação 05).

$$T_i = 60 \cdot \left(1,05 \left(\frac{ET_c \cdot LF_m \cdot SG}{q} \right) \right) \cdot L \quad (05)$$

Em que: T_i é o tempo de irrigação (minutos); 60 é um fator de conversão do tempo de irrigação de hora para minutos; 1,05 é um fator de acréscimo do tempo de irrigação em 5%, para compensar uniformidade (eficiência do sistema = 95%); ET_c é a evapotranspiração do tomateiro, média de 5 lisímetros (mm); LF_m é a largura da faixa molhada (1,10 m) que foi determinada em campo no mesmo ensaio para determinar a profundidade do gotejador; SG é o espaçamento entre gotejadores (0,30 m); q é a vazão do gotejador ($2,2 \text{ L h}^{-1}$); L é a fração de reposição da ET_c (0,50; 0,75; 1,00; 1,25 e 1,50).

Visando o acompanhamento da umidade do solo, foram instaladas quatro baterias de tensiômetros de punção (Figura 5A, Anexo A), uma em cada bloco, nos tratamentos de reposição de 100% ET_c (L3) e 0 dias de suspensão da irrigação em antecedência à colheita (S1), a profundidades de 10, 22 e 38 cm, o que representava aproximadamente o meio da camada de solo amostrada para

determinação da curva de retenção. O objetivo foi verificar se a reposição hídrica no tratamento L3S1, medida com base nos lisímetros seriam suficiente para deixar a camada de solo (15 – 30 cm) em condições de umidade próxima a Θ_{cc} , durante a condução do experimento.

3.8.1. Instalação dos lisímetros e determinação da umidade na “capacidade de campo”

As necessidades hídricas do tomateiro foram determinadas utilizando-se 5 plantas cultivadas em cinco lisímetros de polipropileno de 52 litros, com diâmetro da borda superior de 32,5 cm (Figura 6D, Anexo A). Os lisímetros foram cheios com solo seco ao ar, da camada de 0 - 15 cm da área experimental, após a aplicação de calcário. A adubação das plantas dos lisímetros seguiu a mesma metodologia da área experimental, ou seja, foi realizada a 15 cm de profundidade proporcional à adubação de uma planta da área experimental.

Os lisímetros foram perfurados todos em sua base inferior, para promover a drenagem de água. Os furos foram realizados com furadeira elétrica com broca de 1/2 polegadas (Figura 6A, Anexo A). Foram realizados 13 furos em cada vaso de forma uniforme e sempre na mesma posição da base dos lisímetros. Depois de perfurados, instalou-se um gotejador no centro de cada vaso a uma profundidade de 20 cm (mesma profundidade do gotejador instalado em campo) (Figuras 6A, B, C e F, Anexo A). O gotejador do vaso foi instalado através de um furo em cada lateral do vaso, com diâmetro suficiente para passagem do tubo gotejador (Figura 7A), metodologia também utilizada por Silva, N. et al. (2014) em pinhão manso.

A vedação entre a parede do vaso e o tubo gotejador, para evitar perda de água, foi realizada com a utilização de Araldite®. A ligação do gotejador do recipiente com o sistema de irrigação do experimento foi realizada através de uma união com rosca para tubos de polietileno de baixa densidade (Figura 6E, Anexo A). Para a precisa reposição subsuperficial de água em todos os lisímetros, realizou teste de vazão de cada gotejador depois de instalados, fazendo-se cinco repetições com tempo de coleta de 10 minutos, à pressão de operação de 150 kPa.

Posteriormente, a base interna inferior dos recipientes foi revestida com manta geotêxtil bidim®, seguida de uma pequena camada de brita zero, areia média peneirada, para evitar perdas de solo durante a saturação e condução do experimento. Só após este procedimento, os lisímetros foram cheios com o solo.

Inicialmente, determinou-se a massa do recipiente mais o tubo gotejador, massa da manta geotêxtil, massa de brita, massa de areia e a massa do solo de cada vaso, sendo que cada vaso ficou com a mesma massa de brita, areia e solo (Tabela 4). À medida que camadas de 5,0 cm de solo eram acrescentadas dentro dos lisímetros, eram feitas pesagens e leves compactações, sendo o solo colocado até o nível de 2 cm da borda superior dos recipientes. Na pesquisa de 2016, utilizaram-se os mesmos lisímetros e o mesmo solo da primeira pesquisa.

Cinco dias antes do transplante das mudas, os lisímetros foram colocados por 24 horas dentro de um recipiente com água em nível, até a uma altura de 20 cm da borda superior para

realizar-se a saturação do solo (Figura 7B). A saturação foi realizada de baixo para cima, por meio de ascensão capilar, devido à imersão dos recipientes em uma lâmina d'água. Em seguida, os mesmos foram colocados para drenagem sobre um estrado de madeira e a superfície vedada com filme plástico impedindo perdas de águas por evaporação (Figura 7C). Após 96 horas atingiram massa constante e não havia mais drenagem na base, considerando-se, assim, os lisímetros na capacidade de campo. Esse procedimento também foi utilizado por Casaroli e Jong van Lier (2008); Silva (2012), em determinação da umidade do solo na “capacidade de campo em vasos”.

Figura 7. Momento da pesagem de um vaso com o tubo gotejador já instalado (A); vaso dentro de recipiente com água até altura da base do tubo gotejador para realizar a saturação (B); lisímetro com superfície vedada sobre extrado de madeira para drenagem do excesso de água e determinação da θ_{cc} (C), em Morrinhos - GO

Conhecendo a massa específica do solo ($\rho=1,18 \text{ g cm}^{-3}$) na camada de 0 a 15 cm, a massa do solo seco ao ar (MS) na umidade natural e a massa de água (MA), determinou-se, conforme descrito por Libardi (2005) (Equação 06), a umidade na capacidade de campo dos lisímetros, com base em volume ($\theta_{cc} \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) (Tabela 5).

$$\theta_{cc} = \frac{\rho}{\rho_a} \cdot U_{cc} \quad \therefore \quad \theta_{cc} = \frac{\rho}{\rho_a} \cdot \frac{M_a}{M_s} \quad (06)$$

Em que: θ_{cc} é o grau de umidade na “capacidade de campo em recipientes”, com base em volume ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); ρ_a é a massa específica da água ($1,0 \text{ g cm}^{-3}$); U_{cc} é o grau de umidade na “capacidade de campo”, com base em massa de solo seco (g g^{-1}); e, M_a e M_s são as massas de água e de substrato seco nos recipientes, respectivamente (g).

Tabela 5. Dados provenientes do enchimento dos lisímetros e da determinação da umidade na “capacidade de campo”, em Morrinhos - GO

Recipiente	MLG	MLMGB	MLMGBA	MLMGBAS	MS	M _{θcc}	Ma	U _{cc}	Θ _{cc}	D
	-----kg-----							(g g ⁻¹)	(cm ³ cm ⁻³)	(cm)
Vaso 1	1,82	3,82	4,82	54,82	50	64,08	14,08	0,28	0,33	32,50
Vaso 2	1,84	3,84	4,84	54,84	50	64,18	14,18	0,28	0,33	32,50
Vaso 3	1,78	3,78	4,78	54,78	50	63,70	13,70	0,27	0,32	32,50
Vaso 4	1,84	3,84	4,84	54,84	50	65,12	15,12	0,30	0,35	32,50
Vaso 5	1,84	3,84	4,84	54,84	50	64,94	14,94	0,30	0,35	32,50

MVB – massa dos lisímetros mais gotejador (kg); MLMGB – massa do lisímetro + gotejador + manta geotextil + brita; MLMGBA – massa do lisímetro + gotejador + manta geotextil + brita + areia; MLMGBAS - massa do lisímetro + gotejador + manta geotextil; + bidim + brita + areia + solo; MS – massa de solo na umidade natural (kg); M_{θcc} – massa do lisímetro + gotejador + manta geotextil + brita + areia + solo + massa da muda, em capacidade de campo; Ma – Massa de água (g); U_{cc} – umidade com base em massa na capacidade de campo (g.g⁻¹); Θ_{cc} – umidade na capacidade de campo com base em volume (cm³ cm⁻³); D – diâmetro do lisímetro (cm);

De forma geral, os valores de Θ_{cc} dos lisímetros ficaram muito próximos do valor de Θ_{cc} determinados pela equação de Van Genuchten, com dados da curva de retenção de água no solo da camada de 0 a 15 cm.

3.9. Monitoramento dos dados meteorológicos

As temperaturas média, máxima, mínima, a umidade relativa, radiação solar, precipitação, velocidade e direção do vento, foram monitoradas pela estação meteorológica do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos – GO, localizada a cerca de 300 metros do experimento.

A estação é circundada por área gramada, os sensores de dados meteorológicos instalados a 2 metros de altura em relação ao solo, programados para registros de dados durante o período experimental a cada 30 minutos, que automaticamente eram transferidos e armazenados.

3.10. Tratos culturais

O manejo fitossanitário foi realizado conforme as recomendações para a cultura na região, visando deixar a cultura livre de plantas daninhas, pragas e doenças, para que pudesse expressar seu máximo potencial de desenvolvimento, crescimento e produtividade em condições de campo, em resposta aos tratamentos aplicados. Para o controle das plantas daninhas antes da instalação dos experimentos, utilizou herbicidas em pós-emergência (Fluazifope-P-Butílico na dose de 0,5 L ha⁻¹ e Metribuzin na dose de 0,6 L ha⁻¹) e pré-emergência (Sulfentrazone na dose de 0,8 L ha⁻¹ e S-

Metolaclor na dose de 1 L ha^{-1}), três dias antes do transplante das mudas, com o solo irrigado no dia anterior.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência em ambos os experimentos, foi realizado através de capina manual com enxada, devido à baixa incidência. O controle de pragas e doenças foi realizado de forma preventiva, alternando produtos de diferentes princípios ativo e grupos químicos, com aplicações pré-definidas tanto em 2015 (Tabela 2B, Anexo B) quanto em 2016 (Tabela 3B, Anexo B), através de pulverizações foliares, visando manter a cultura o mais livre possível de pragas e doenças. Todas as aplicações foram realizadas por pulverizador de barra manual (Knapik PR20), calibrado com um volume de calda correspondente a 200 L ha^{-1} em todas as aplicações.

3.11. Características avaliadas

Foram realizadas avaliações durante o período de desenvolvimento, colheita e pós-colheita da cultura. Analisaram-se a interferência dos tratamentos propostos no desenvolvimento vegetativo das plantas, na produtividade e na qualidade da produção, além de determinar as necessidades hídricas (ETc), coeficiente de cultivo (Kc) e índice de estresse hídrico da cultura (CWSI).

3.11.1. Altura de planta e diâmetro de caule

As avaliações de altura de planta (AP) e diâmetro de caule (DC) foram realizadas aos 45 DAT. Avaliações posteriores não foram possíveis devido ao crescimento da cultura ocorrer em campo sem tutoramento de forma rasteira, o que dificultava as leituras, devido ao possível quebramento das plantas durante estes procedimentos. As medições de AP e DC foram realizadas utilizando réguas de 50 cm e paquímetro digital, respectivamente, avaliando oito plantas escolhidas ao acaso de cada tratamento.

3.11.2. Área foliar e índice de área foliar

As avaliações de área foliar (AF) por planta e índice de área foliar (IAF) foram realizadas aos 45, 65 e 85 DAT, utilizando método destrutivo, através da média de duas plantas escolhidas ao acaso, arrancadas das fileiras laterais dos tratamentos, em cada avaliação.

As medições de AF foram realizadas em 20 folíolos das folhas, escolhidos ao acaso, utilizando o aparelho medidor de área foliar portátil “CI – 203” (Figura 8). Imediatamente, após a medição da área foliar dos 20 folíolos, os mesmos tiveram sua massa medida em balança de precisão ($0,0001 \text{ g}$). Conhecendo a AF, a massa dos 20 folíolos e a massa total de folhas das duas plantas, determinou-se a AF por planta (Equação 07).

Figura 8. Medição de área foliar de um folíolo do tomateiro BRS Sena utilizando medidor de área foliar portátil “CI – 203”, em Morrinhos – GO

$$AF = \left(\frac{\left(\frac{AF20F \cdot MFTO2P}{M20F} \right)}{2} \right) \quad (07)$$

Em que: AF é área foliar ($\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$); AF20F é a área foliar medida em 20 folíolos (cm^2); MFTO2P é a massa fresca total de folhas de 2 plantas (g); M20F é a massa medida dos 20 folíolos (g); 2 é o fator para a transformação da AF de duas plantas para uma planta.

O índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$) representa a área foliar total por unidade de área do terreno. É a superfície disponível para absorção de luz e transpiração, sendo calculado pelo produto entre a AF e o número de plantas por m^2 (NP), dividida pela área dada pelo espaçamento de transplante das mudas (0,30 x 1,10 m) (Equação 08).

$$IAF = \frac{AF \cdot NP}{AT} \quad (08)$$

Em que: IAF é o índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$); AF é a área foliar ($\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$); NP é o número de plantas por m^2 (3,03 plantas), calculado em função do espaçamento de transplante (0,30 x 1,10 m); AT é a área total considerada (1 m^2);

3.11.3. Índice Soil Plant Analysis Development (SPAD)

O índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) foi obtido com o medidor portátil de clorofila SPAD – 502, da Minolta, aos 45, 65 e 85 DAT, com leituras no período das 8:30 as 11:00 horas da manhã. As medidas foram realizadas em três plantas escolhidas ao acaso na fileira central da subparcela. Em cada planta foram realizadas medidas em 15 folíolos do terço inferior, médio e

superior e com o próprio aparelho calculou-se a média do índice de cada planta. Com a leitura das três plantas calculou a média que foi tabulada para cada tratamento (Figura 9).

Figura 9. Medições do índice SPAD em uma planta da fileira central de uma subparcela (A); detalhe da leitura em um folíolo de uma folha de tomateiro (B), Morrinhos - GO

O medidor portátil SPAD-502 avalia o teor relativo de clorofila. Analisa quantitativamente a intensidade do verde da folha, medindo as transmissões de luz a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila e a 940 nm, onde não ocorre absorção. Com base nesses valores, o instrumento calcula o valor ou índice SPAD, que tem alta correlação com o teor de clorofila.

3.11.4. Índice de Estresse Hídrico da Cultura – CWSI

A temperatura foliar foi medida com a utilização de termômetro infravermelho portátil, precisão 1,5 °C, posicionado durante as leituras a 1,0 m acima do dossel da cultura, com o aparelho inclinado aproximadamente a 45° em relação a vertical, durante a visada (Figura 10). As avaliações foram realizadas aos 31, 36, 44, 64, 78, 85 e 100 DAT, realizando leitura da temperatura média calculada pelo aparelho, em 3 plantas escolhidas ao acaso na fileira central das subparcelas. As leituras foram realizadas sempre no período das 11:00 às 13:00 horas, antes das irrigações.

Figura 10. Medição de temperatura foliar do tomateiro com termômetro infravermelho, em Morrinhos - GO

Com a temperatura média do dossel vegetativo de cada tratamento e a temperatura média do ar, calculou o CWSI pelo método teórico ($CWSI_T$), conforme metodologia proposta por Jackson, Kustas e Choudhury (1988), (Equação 09).

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_{LBI}}{(T_c - T_a)_{LBS} - (T_c - T_a)_{LBI}} \quad (09)$$

Em que: T_c é a temperatura média do dossel; T_a é a temperatura média do ar durante a avaliação, $(T_c - T_a)_{LBI}$ é a linha base de temperatura inferior, correspondente à diferença de temperatura do ar para uma cultura bem regada quando a resistência para a perda de água é igual a zero ou correspondente a temperatura da superfície molhada; $(T_c - T_a)_{LBS}$ é a linha base de temperatura superior correspondente à diferença de temperatura do ar quando a resistência para a perda de água do dossel aumenta sem limites ou correspondente à temperatura da superfície seca.

Os cálculos das linhas base de temperatura inferior e superior, foram realizadas pelo método teórico, equações de Jackson et al. (1981). A linha base de temperatura inferior $(T_c - T_a)_{LBI}$, foi estimada considerando a resistência estomática igual a zero, dossel completamente molhado (Equação 10).

$$(T_c - T_a)_{LBI} = \frac{(R_n - G) \cdot r_a}{\rho_{ar} C_p \left(1 + \frac{\Delta}{\gamma}\right)} - \frac{DPV}{\gamma \left(1 + \frac{\Delta}{\gamma}\right)} \quad (10)$$

Em que: r_a resistência aerodinâmica ou a resistência da camada limite para vapor de água ($s \, m^{-1}$); γ é a constante psicrométrica ($kPa \, ^\circ C^{-1}$); R_n é a radiação líquida ($W \, m^{-2}$); G é o fluxo de calor do solo (considerado igual a zero); ρ é a massa específica do ar à pressão constante ($kg \, m^{-3}$); C_p é o calor

específico do ar a pressão constante ($\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) = 1013; Δ é a inclinação da curva que relaciona a pressão de vapor saturado à temperatura ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); DPV é o deficit de pressão de vapor (kPa).

A resistência aerodinâmica r_a (s m^{-1}), foi determinada segundo Jackson, Kustas e Choudhury (1988), sob condições neutras, a temperatura da superfície essencialmente igual à temperatura do ar, com velocidade do vento (u) $> 2 \text{ m s}^{-1}$, (Equação 11).

$$r_a = \frac{\left\{ \frac{\ln \left[\frac{(z-d)}{z_o} \right]}{k} \right\}^2}{u} \quad (11)$$

Em que: z é a altura de referência da estação meteorológica para determinação de ETo (2 m); d o deslocamento de altura do plano zero (m); z_o comprimento de rugosidade (m); k a constante de Von Karman (0,41); e u a velocidade do vento a 2 metros de altura (m s^{-1}).

O deslocamento da altura do plano zero e o comprimento de rugosidade, foi calculado segundo Allen et al. (1998) (Equação 12 e 13).

$$d = \frac{2}{3} \cdot h \quad (12)$$

$$Z_0 = 0,123 \cdot h \quad (13)$$

Em que : h é a altura da cultura (m).

No caso da velocidade do vento (u) $\leq 2 \text{ m s}^{-1}$, a resistência aerodinâmica foi calculado conforme recomendação de Jackson, Kustas e Choudhury (1988) (Equação 14).

$$r_a = \frac{4,72 \cdot \left\{ \ln \left[\frac{(z-d)}{z_o} \right] \right\}^2}{(1 + 0,54 \cdot u)} \quad (14)$$

A constante psicrométrica γ , ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$) (Equação 15), pressão atmosférica (kPa) (Equação 16), massa específica média do ar a pressão constante (kg m^{-3}) (Equação 17), inclinação da curva que relaciona a pressão de vapor saturado à temperatura ($\Delta = \text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$) (Equação 18) e o deficit de pressão de vapor (DPV = kPa) (Equação 20, 21 e 22), foram calculados conforme metodologia proposta por Allen et al. (1998).

$$\gamma = 0,665 \cdot 10^{-3} \cdot P \quad (15)$$

Em que: γ é a constante psicrométrica (kPa °C⁻¹); P é a pressão atmosférica do ar (kPa);

$$P = 101,3 \cdot \left(\frac{293 - 0,0065 \cdot z}{293} \right)^{5,26} \quad (16)$$

Em que: P é a pressão atmosférica (kPa); z é a altitude do local (m)

$$\rho_{ar} = \frac{P}{(1,01 \cdot (T + 273)) \cdot R} \quad (17)$$

Em que: ρ_{ar} é a densidade do ar a pressão constante (kg m⁻³); P é a pressão atmosférica (kPa); T é a temperatura média do ar (°C); R é a constante universal dos gases = 0,287 KJ kg⁻¹ K⁻¹;

$$\Delta = \frac{4098 \cdot \left[0,6108 \cdot \exp \left(\frac{17,27 \cdot T}{T + 237,3} \right) \right]}{(T + 237,3)^2} \quad (18)$$

Em que: D é a inclinação da curva de pressão de vapor (kPa °C⁻¹); T é média entre a temperatura do dossel e a temperatura do ar (°C), conforme sugerido por Jackson, Kustas e Choudhury (1988), (Equação 19).

$$T = \frac{(T_c + T_{ar})}{2} \quad (19)$$

Em que: T é a temperatura média (°C); T_c é a temperatura média medida no dossel da cultura (°C); T_{ar} é a temperatura média do ar durante a leitura da temperatura do dossel (°C).

$$DPV = e_s - e_a \quad (20)$$

Em que, e_s é a pressão saturação de vapor; e_a é a pressão real do vapor.

$$e_s = \frac{\left[\left(0,6108 \cdot \exp \left[\frac{17,27 \cdot T_{\min}}{T_{\min} + 237,3} \right] \right) \right] + \left[\left(0,6108 \cdot \exp \left[\frac{17,27 \cdot T_{\max}}{T_{\max} + 237,3} \right] \right) \right]}{2} \quad (21)$$

Em que: T_{max}, é a temperatura máxima do ar (°C) e T_{min}, é a temperatura mínima do ar (°C).

$$e_a = \frac{\left\{ \left[\left(0,6108 \cdot \exp \left[\frac{17,27 \cdot T_{\min}}{T_{\min} + 237,3} \right] \right) \cdot \left(\frac{UR_{\max}}{100} \right) \right] + \left[\left(0,6108 \cdot \exp \left[\frac{17,27 \cdot T_{\max}}{T_{\max} + 237,3} \right] \right) \cdot \left(\frac{UR_{\min}}{100} \right) \right] \right\}}{2} \quad (22)$$

Em que: UR_{max}, umidade relativa máxima (%), UR_{min}, umidade relativa mínima (%).

A linha base de temperatura superior $(T_c - T_a)_{LBS}$, que representa a diferença de temperatura de uma superfície vegetal impermeabilizada, correspondente a temperatura da superfície seca, ou seja, uma resistência aproximando-se ao infinito, e foi calculada conforme proposto por Jackson, Kustas e Choudhury (1988) (Equação 23).

$$(T_c - T_a)_{LBS} = \frac{(R_n - G)r_a}{\rho_{ar} C_p} \quad (23)$$

No cálculo do CWSI, Meron et al. (2013) sugerem tirar os valores acima de $T_a + 7^\circ\text{C}$, porque se relacionam de forma segura com a temperatura do solo, enquanto descarta os objetos frios ajustando para um limite inferior a uma temperatura do ar abaixo de 10°C . Então, T_c fica entre um limite inferior de $T_a - 10^\circ\text{C}$ e um limite superior de $T_a + 7^\circ\text{C}$.

Posteriormente, determinou-se o índice de estresse hídrico da cultura observado ou empírico ($CWSI_E$) (IDSO et al., 1981), substituindo na equação 09 a linha base inferior $(T_c - T_a)_{LBI}$, pela mínima das diferenças entre a temperatura da cultura observada (T_c) e a temperatura média do ar (T_a) e a linha base superior $(T_c - T_a)_{LBS}$, obtida como a máxima das diferenças de temperatura.

3.11.5. Massa de matéria fresca e seca das plantas

As medidas de massa de matéria fresca de raiz (MFR), caule (MFC), folha (MFF), flor (MFFF), fruto (MFFT) e total (MFTO) e massa de matéria seca de raiz (MSR), caule (MSC), folha (MSF), flor (MSFF), fruto (MSFT) e total (MSTO) das plantas de tomateiro, foram realizadas aos 45, 65 e 85 DAT. As MFFT e MSFT foram avaliadas somente aos 65 e 85 DAT quando já existiam frutos nas plantas.

Os valores de massa fresca e seca em cada período foram calculados pela média de duas plantas escolhidas ao acaso e arrancada com as raízes das fileiras laterais de cada tratamento. As mesmas plantas utilizadas no cálculo de AF e IAF.

As massas de matéria fresca foram determinadas por separação das partes vegetativas avaliadas das plantas e pesagem em balança de precisão (0,001 g). A separação das partes vegetativas foi realizada de forma manual e com auxílio de tesoura para separar caule e raiz em partes menores, quando necessário.

Após determinada a massa de matéria fresca, as partes vegetativas foram acondicionadas em embalagem de papel e colocadas em estufas de circulação de ar forçada à temperatura de 65°C durante 96 horas, quando atingiram massa constante. Imediatamente após sair da estufa, determinou a massa de matéria seca de todas as partes vegetativas utilizando uma balança de precisão.

Por dificuldades em secar grandes quantidades de frutos, a MSTF aos 85 DAT, foi realizada em apenas uma porção de 500 gramas de frutos. Em função da proporção de matéria seca de frutos

resultante das 500 gramas de frutos frescos e da matéria fresca total dos frutos, determinou a MSFT (Equação 24).

$$MSFT = \frac{MFFT \cdot MSFT_{(500g)}}{500} \quad (24)$$

Em que: MSFT é massa seca de frutos ($g \text{ planta}^{-1}$); $MSFT_{(500g)}$ é a massa seca resultante de 500 g de frutos frescos; 500 é a quantidade de frutos (g) colocados em estufa para determinação da massa seca.

A MFTO e MSTO foram determinadas pela soma de massa fresca e seca de raiz, caule, folhas, flores e frutos, respectivamente.

3.11.6. Número de flores e frutos por cacho floral e taxa de abortamento de flores

A avaliação do número médio de flores (NF) por cacho floral ocorreu aos 52 DAT, quando as plantas estavam em plena floração. A avaliação consistiu na marcação e contagem de flores em sete cachos florais por subparcela (Figuras 11A e B).

(A)

(B)

Figura 11. Detalhe marcação de um cacho floral para contagem de flores e posteriormente contagem de frutos (A) e vista parcial de uma subparcela com as marcações de cachos florais (B), em Morrinhos - GO

O número médio de frutos por cacho floral (NFT) foi avaliado 5 dias antes da colheita, através da contagem da quantidade de frutos que resultou os cachos florais anteriormente marcados. Na contagem levou em consideração todos os frutos do cacho, independentemente de sua característica, se podres, verdes ou maduros.

A taxa de abortamento de flores (TAF) foi quantificada levando em consideração o número de flores do cacho floral e o número de frutos que resultaram em cada tratamento (Equação 25).

$$TAF = \left[1 - \left(\frac{NFT}{NF} \right) \right] \cdot 100 \quad (25)$$

Sendo: TAF é a taxa de abortamento de flores (%); NFT é o número total de frutos contados nos cachos florais marcados em cada tratamento; NF é o número de flores contadas e marcadas nos cachos florais de cada tratamento; 100 é o fator para conversão dos valores em percentagem.

3.11.7. Produtividade de frutos verdes, maduros, podre, total e percentagem de frutos verdes, maduros e podres

As avaliações da produtividade de frutos ocorreram aos 125 DAT (colheita). A colheita foi realizada de forma manual nas plantas da fileira central da subparcela. Depois de colhidos, os frutos foram separados em verdes, maduros e podres e suas massas medidas em balança com capacidade para 100 kg e precisão de 0,01 kg.

Com a massa de frutos de cada tratamento, o número de plantas colhidas por subparcela e o número proporcional de plantas por ha, tendo como base o espaçamento de transplante (0,3 x 1,10 m), estimou-se a produtividade ($t\ ha^{-1}$) de frutos verdes (PFV), maduros (PFM) e podres (PFP) (Equação 26). A produtividade total de frutos (PTF) foi estimada através do somatório da produtividade de frutos verdes, maduros e podres.

$$P = \left(\frac{30303,03 \cdot MFC}{NPC} \right) / 1000 \quad (26)$$

Em que: P é a produtividade de frutos verdes, maduros ou podres ($t\ ha^{-1}$); 30303,03 é o número de plantas estimado por ha em função do espaçamento de transplante das mudas (0,30 x 1,10 m); MFC é a massa de frutos colhidos em cada subparcela (kg); NPC é o número de plantas colhidas na fileira central de cada subparcela.

A percentagem de produtividade de frutos verdes (%PFV), podres (%PFP) e maduros (%PFM) foi estimada através da relação entre PFV, PFP, PFM e PTF (Equação 27).

$$\%PF = \left(\frac{PF}{PTF} \right) \cdot 100 \quad (27)$$

Sendo: %PF a percentagem da produtividade de frutos verdes, podres ou maduros; PF a produtividade de frutos verdes, podres ou maduros ($t\ ha^{-1}$); PTF a produtividade total de frutos ($t\ ha^{-1}$); 100 o fator para conversão de dados decimais para percentagem.

3.11.8. Massa média de fruto

A massa média de fruto (MMF) foi calculada posteriormente à colheita, com base na massa de 30 frutos escolhidos ao acaso em cada tratamento (Equação 28).

$$MMF = \left(\frac{MFT30}{30} \right) \quad (28)$$

Em que: MMF é a massa média dos frutos (g fruto^{-1}); MFT30 é a massa total de 30 frutos do tratamento (g); 30 é o número de frutos avaliados.

3.11.9. Tamanho do fruto

A avaliação de tamanho do fruto foi determinada em função do diâmetro transversal (DT) e longitudinal (DL) dos frutos, medido com paquímetro digital em uma amostra de 30 frutos escolhidos aleatoriamente em cada tratamento (Figura 12).

Figura 12. Determinação do diâmetro longitudinal (DL) (A) e transversal (DT) (B) em frutos de tomateiro, em Morrinhos – GO.

3.11.10. Sólidos solúveis totais dos frutos

Os teores de sólidos solúveis totais (SST) foram determinados a partir de amostras de suco extraídas de dez frutos totalmente maduro por tratamento (Figura 13A). Duas gotas do suco foram colocadas sobre o prisma de um refratômetro portátil de escala 0 a 32 °Brix e em seguida procedeu a

leitura do índice de refração (Figura 13B), expresso em °Brix (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Antes de fazer a leitura da amostra, o refratômetro foi calibrado com água destilada, conforme metodologia proposta por Moretti et al. (1998).

Figura 13. Homogeneização de amostras de frutos para leitura de °Brix (A), determinação do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) em uma amostra de tomate homogeneizada com refratômetro (B), em Morrinhos – GO

3.11.11. Acidez titulável dos frutos e pH

A acidez titulável (ACT) (Equação 29) foi determinada pela metodologia oficial, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), por titulometria de neutralização com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, até pH 8,2. O suco celular de dez frutos totalmente maduros por tratamento foi extraído por uma centrífuga de frutas. Imediatamente, 1 mL do suco foi transferido para um Erlenmeyer contendo 9 mL de água deionizada, procedendo-se na sequência a titulação com NaOH.

$$ACT = \left(\frac{V.F}{P.C} \right) \cdot 100 \quad (29)$$

Em que: ACT é acidez titulável (% de ácido cítrico); V é o volume (ml) de hidróxido de sódio gasto na titulação; F é o fator de correção da solução de hidróxido de sódio (0,1N de NaOH); P é a massa da amostra em g ou volume pipetado em mL; C é a constante utilizada para NaOH a 0,1N (valor =10)

Da amostra homogeneizada de dez frutos de cada tratamento, uma amostra foi retirada e colocada em um recipiente, onde foi realizada a leitura direta do pH em peagâmetro digital.

3.11.12. Firmeza dos frutos

A firmeza (FZ) foi determinada pelo método do aplanador em uma amostra de 10 frutos maduros escolhidos aleatoriamente de cada tratamento. Para maior confiança nos resultados realizaram-se duas leituras em cada fruto, ou seja, em cada tratamento foram feitas 20 leituras de firmeza e destas calculou a média por tratamento. O fruto foi colocado sobre a mesa de prova do equipamento, abaixou então a placa de vidro do equipamento até que a mesma repousasse sobre a superfície do fruto. Na parte superior da placa de vidro, a área amassada do fruto que forma uma elipsoide, foi medida em suas dimensões maiores e menores com paquímetro digital (Figura 14). Levando em consideração a área amassada e o peso da placa de vidro, calculou-se a FZ dos frutos (Equação 30) (CALBO; NERY, 1995).

Figura 14. Avaliação em laboratório da firmeza dos frutos pelo método do aplanador, em Morrinhos – GO

$$FZ = \frac{P}{0,784 \cdot CM \cdot CME} \quad (30)$$

Em que: Fz é a firmeza do fruto (kgf cm^{-2}); P é o peso da placa de vidro do aplanador (0,4905 kgf); CM é o comprimento maior da área amassada (cm); CME é o comprimento menor da área amassada (cm);

3.11.13. Rendimento de polpa

O rendimento industrial de polpa (RP) foi calculado após a colheita, conforme metodologia proposta por Giordano, Silva e Barbosa (2000) (Equação 31).

$$REND = \frac{PTt \cdot 0,95 \cdot {}^0\text{Brix}}{28} \quad (31)$$

Em que: REND é o rendimento de polpa concentrada (t ha^{-1}) a 28 °Brix; PTF produtividade total de frutos por tratamento (t ha^{-1}); °Brix é o teor de sólidos solúveis totais dos frutos por tratamento;

3.11.14. Produtividade da água

A produtividade da água (PA), para produtividade total de frutos (PTF) e rendimento de polpa (RP) foi calculada pela relação entre PTF e RP (kg ha^{-1}) pelo volume total de água proporcional de cada tratamento ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$), somando todas as irrigações realizadas ao longo do experimento (Equação 32).

$$PA = \frac{P}{V} \quad (32)$$

Em que: PA é a produtividade da água (kg m^3); P é a produtividade total média ou rendimento médio de polpa de cada tratamento (kg ha^{-1}); V é o volume de água aplicado por ha em cada tratamento (m^3)

3.11.15. Determinação da ETc e Kc da cultura

A ETc foi determinada com base na variação de massa de 5 cinco lisímetros cultivados com uma planta de tomateiro, conforme já descrito anteriormente.

A ETo foi determinada com os dados meteorológicos registrados durante o período experimental pela estação meteorológica do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos – GO, localizada a cerca de 300 metros do experimento. A ETo foi calculada utilizando a equação Penman-Monteith parametrizada por Allen et al. (1998) (Equação 33 a 39), utilizando planilha desenvolvida para este fim no Microsoft Excel.

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta(R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273,16} \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (33)$$

$$\Delta = \frac{4098 \cdot \left[0,6108 \cdot \exp\left(\frac{17,27T}{T + 237,3}\right) \right]}{(T + 237,3)^2} \quad (34)$$

$$\gamma = 0,665 \cdot 10^{-3} \cdot P_{\text{atm}} \quad (35)$$

$$P_{\text{atm}} = 101,3 \cdot \left(\frac{293 - 0,0065 \cdot \text{Altitude}}{293} \right)^{5,26} \quad (36)$$

$$e^o(T) = 0,6108 \cdot \exp\left(\frac{17,27T}{T + 237,3}\right) \quad (37)$$

$$es = \frac{e^{\circ}(T_{\max}) + e^{\circ}(T_{\min})}{2} \quad (38)$$

$$ea = \frac{UR \cdot es}{100} \quad (39)$$

Em que: Δ é a declividade da curva de pressão de vapor ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); R_n é o saldo de radiação líquida ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); G é o fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), desprezível para intervalos de tempo longos, $\geq 1,0$ dia; γ é a constante psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); T é a temperatura média diária do ar, a 2,0 m de altura ($^\circ\text{C}$); U_2 é a velocidade do vento a 2,0 m de altura (m s^{-1}); $es - ea$ é o deficit de pressão de vapor (kPa); $\exp$ é a base do logaritmo natural; e P_{atm} é a pressão atmosférica (kPa), em função da altitude em metros; $e^{\circ}(T)$ é a pressão de saturação de vapor (kPa) à temperatura do ar ($^\circ\text{C}$); es é a média aritmética das pressões de saturação de vapor nas temperaturas máxima ($T_{\max}$) e mínima ($T_{\min}$) do ar; e UR é a umidade relativa média do ar (%).

O coeficiente de cultivo (K_c) foi determinado em cinco fases da cultura: Inicial (0 - 10 DAT); Vegetativo (11 - 40 DAT); Florescimento (41 - 70 DAT); Frutificação (71 - 97 DAT); e Maturação (98 - 125 DAT). A estimativa do K_c (Equação 40) foi realizada através de análise de correlação entre a ET_c das plantas no tratamento com reposição de 100% da ET_c e a ET_o calculada pela equação de Penman-Monteith parametrizada pela FAO (ALLEN et al., 1998).

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (40)$$

Em que: K_c é o coeficiente de cultivo de cada fase da cultura; ET_c é a evapotranspiração das mudas (mm dia^{-1}); e ET_o é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}), calculada pela equação de Penman-Monteith parametrizada pela FAO.

3.12. Análise estatística

Os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância (teste F de Fisher), em níveis de 1 e 5% de probabilidade, conforme descrito por Banzatto e Kronka (2006), utilizando o software SISVAR (Sistema de Análise de Variância) (FERREIRA, 2011). Os resumos das análises de variância são apresentados no Anexo C.

Nas características em que houve efeito de tratamentos, aplicou-se a análise de regressão polinomial nos tratamentos primários (níveis de irrigação) e nos secundários (períodos de suspensão da irrigação), comparando os parâmetros avaliados em função dos tratamentos. Os critérios adotados para escolha do modelo de regressão foram em função do nível de significância de até 5% de probabilidade pelo teste F e o maior coeficiente de determinação (R^2).

As avaliações de desenvolvimento vegetativo foram comparadas somente em relação aos níveis de reposição da irrigação (% da ET_c). O desdobramento níveis de irrigação x período de

suspensão da irrigação, somente ocorreu para as características avaliadas na colheita e em pós-colheita, pois, os tratamentos de suspensão da irrigação somente foram aplicados a partir de 97 DAT.

O K_c foi determinado por análise de correlação entre ET_c do tratamento L3S1 e ET_o calculada pela equação de Penman Monteith (ALLEN et al., 1998) com dados da estação meteorológica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente serão apresentados e discutidos o manejo e os tratos culturais da cultura, os dados meteorológicos, a evapotranspiração da cultura, o manejo da irrigação e o desenvolvimento vegetativo em relação aos níveis de irrigação. Posteriormente, serão apresentados os resultados de produtividade e pós-colheita em função dos níveis e períodos de suspensão da irrigação e sua discussão comparando-os com os relatos da literatura.

4.1. Manejo e tratos culturais

Em ambos os experimentos, não houve aplicação de herbicida em pós emergência devido à eficiência das aplicações dos herbicidas em pré-emergência e o sistema de irrigação subsuperficial proporcionar dentre outras vantagens, o controle de plantas daninhas devido a baixa umidade na superfície do solo. Durante a condução do experimento, os poucos escapes de plantas daninhas que ocorreram foram arrancadas manualmente, durante as avaliações e demais tratos culturais, visando sempre manter a cultura o mais limpa possível.

Em 2015, mesmo com o controle realizado preventivamente ainda ocorreu, de forma isolada, pequena incidência de doença fúngica como pinta preta (*Alternaria solani*) (Figura 15A), pragas como broca dos frutos (*Neoleucinodes elegantalis*) e mosca branca (*Bemisia tabaci*), embora não tenha observado sintomas típicos de begomovírus. Ocorreu também, em plantas isoladas no meio dos tratamentos, sintomas típicos da virose do vira cabeça (Figura 15B), causada por várias espécies do gênero tospovírus (TSWV, TCSV, GRSV, CSNV) e transmitida pelo inseto vetor tripses (*Frankliniella schultzei*) (INOUE-NAGATA, 2005), mesmo com intensas aplicações preventivas de produtos para o controle de tripés, inseto vetor. De forma geral, a cultura apresentou bom estado sanitário ao longo de seu ciclo de desenvolvimento (Figuras 15C e D).

Figura 15. Sintomas de pinta preta (*Alternaria solani*) em plantas isoladas de tomateiro, com detalhes dos sintomas visuais na folha (A); planta isolada no meio do tratamento com sintomas da virose vira cabeça (B); vista do dossel de plantas em tratamento com bom estado sanitário aos 78 DAT (C); vista parcial do experimento com bom desenvolvimento vegetativo e baixa incidência de doenças aos 78 DAT (D), em Morrinhos – GO, 2015

Já em 2016, apesar da intensificação do controle da mosca branca, em função do cultivo ter ocorrido dentro do período do vazio sanitário, ocorreu forte pressão da praga na cultura (Figura 16A), o que culminou com alta incidência de sintomas de virose causada por um complexo de vírus do gênero begomovírus, com sintomas típicos de rugosidade, deformação, enrolamento foliar e diminuição da área foliar (Figuras 16B, C e D) (INOUE-NAGATA, 2005).

Figura 16. Alta incidência de mosca branca nas plantas de tomateiro (A); plantas com sintomas de begomovírus, rugosidade, deformação, enrolamento foliar e diminuição da área foliar aos 60 DAT (B) e aos 85 DAT (C); vista parcial do experimento com menor desenvolvimento vegetativo aos 85 DAT, em Morrinhos – GO, 2016

Em 2016, também ocorreu maior incidência de plantas com sintomas de vira-cabeça (Figuras 17A e B), em relação a 2015, apesar da aplicação preventiva de defensivos para o controle do trips. É importante salientar que em ambos os experimentos, as plantas que manifestaram sintomas claros de vira-cabeça até os 70 DAT foram arrancadas e destruídas, para diminuir a proliferação da doença pelo inseto vetor.

Devido possivelmente, a maior pressão de begomovírus e vira cabeça, o experimento realizado em 2016 apresentou menor desenvolvimento vegetativo, área foliar e produtividade, se comparado ao de 2015. Outro fator que possivelmente pode ter contribuído para o menor desenvolvimento vegetativo e produtivo em 2016, foi o alto índice de plantas com enovelamento da raiz principal a uma profundidade de 10 a 20 cm. Fato observado no ato da colheita.

(A)

(B)

Figura 17. Planta arrancada aos 45 DAT com sintomas típicos de vira cabeça (A); planta aos 70 DAT com sintomas avançados da virose (B), em Morrinhos – GO, 2016

Em função da observação do problema de enovelamento do sistema radicular das plantas de tomateiro em 2016, foi realizado após a colheita do experimento, teste de resistência à penetração no solo utilizando um penetrológico (Eijkelkamp M1.06.15.SA.E), para verificar se a compactação do solo seria uma das possíveis causas do problema.

O teste foi realizado quando a umidade média do solo da área experimental estava em $0,28 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (próximo à umidade de capacidade de campo). Foram realizadas 10 penetrações em cada bloco e destas, através do próprio aparelho, calculou-se a média de resistência à penetração para cada bloco experimental. É possível observar na figura 18 que a máxima resistência a penetração, independentemente do bloco ou da média da área experimental, não foi superior a 1500 kPa nas camadas de 30 a 50 cm. Nas camadas de solo de 10 a 20 cm de profundidade, onde o problema no sistema radicular foi aparente, a resistência à penetração variou de 900 a 1200 kPa, independentemente do bloco analisado ou da média da área experimental. Com os valores encontrados de resistência à penetração, pode-se concluir que a compactação do solo não foi a provável causa do problema de enovelamento radicular das plantas de tomateiro, pois somente resistência a penetração no solo acima de 2000 kPa é considerado crítico ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas (REINERT et al., 2008).

Figura 18. Resistência à penetração do perfil do solo (0 – 70 cm) nos quatro blocos experimentais e a média da área experimental, em Morrinhos – GO, 2016

Assim, a causa mais provável do enovelamento radicular seria a formação das mudas, produzidas em bandejas de 450 células com volume celular de 11 cm^3 , embora tenham sido produzidas pelo mesmo viveiro comercial de 2015 e transplantadas aos 26 dias após a semeadura. Além do que, no momento do transplante apresentavam bom estado sanitário, vegetativo e não se observou nenhum sintoma aparente do problema.

4.2. Dados Meteorológicos

Ambos os experimentos foram conduzidos por 125 dias (2015 – 01/06/2015 a 03/10/2015 e 2016 – 13/05/2016 a 16/09/2016). No primeiro ano da pesquisa as temperaturas máxima (TMax) e mínima (TMin) registradas pela estação meteorológica foram de $35,4^\circ\text{C}$ e 11°C , ocorrida aos 117 DAT e 64 DAT, respectivamente e a temperatura média (TMed) foi de $22,92^\circ\text{C}$ (Figura 19). Já no segundo ano, TMax e TMin foram de $34,1^\circ\text{C}$ e $8,2^\circ\text{C}$ aos 125 DAT e 33 DAT e a TMed de $22,54^\circ\text{C}$ (Figura 20). De forma geral, as maiores temperaturas ocorreram na fase final dos experimentos, no mês de setembro, quando os tratamentos de suspensão da irrigação já estavam sendo aplicados (Figuras 19 e 20).

Figura 19. Valores diários de temperatura máxima (TMax), média (TMed), mínima (TMin) e umidade relativa do ar (UR) durante a condução do experimento (01/06/2015 a 03/10/2015), em Morrinhos – GO

Figura 20. Valores diários de temperatura máxima (TMax), média (TMed), mínima (TMin) e umidade relativa do ar (UR) durante a condução do experimento (13/05/2016 a 16/09/2016), em Morrinhos – GO

Durante todo o período experimental ocorreram altas incidências de ventos, predominantemente do sentido Nordeste para Sudoeste. Devido à intensidade dos ventos, principalmente em 2015, ocorreu tombamento e quebra de plantas e consequentemente a morte das

mesmas. A máxima velocidade média do vento diária (VV) registrada foi de $3,28 \text{ m s}^{-1}$ aos 89 DAT e $3,5 \text{ m s}^{-1}$ aos 102 DAT, em 2015 e 2016, respectivamente (Figuras 21 e 22).

Em geral, as maiores temperaturas coincidiram com os maiores picos de radiação solar global (Rg). A Rg foi aumentando ao longo da condução de ambos os experimento (inverno para primavera) (Figuras 21 e 22).

Durante o período experimental de 2015 ocorreram 86 mm de precipitação, sendo 30,6 mm até aos 40 DAT e 55,4 mm na fase final do experimento, quando os tratamentos de suspensão da irrigação já estavam sendo aplicados. Já em 2016, ocorreram 27,6 mm, sendo que 13 mm ocorreram até aos 25 DAT e 14,6 mm nos 30 dias finais do experimento, o que de certa forma pode ter influenciado os resultados de pós-colheita nos dois anos de pesquisa. Os valores máximos da evapotranspiração de referência (ETo) calculados pela equação de Penman Monteith coincidiram com os valores máximos de Rg. A ETo máxima calculada foi de $5,54 \text{ mm dia}^{-1}$ e $6,03 \text{ mm dia}^{-1}$ aos 125 DAT em 2015 e 121 DAT em 2016, respectivamente. Durante os 125 dias de condução dos experimentos, a ETo acumulada foi de 474,06 mm em 2015 e 492,24 mm em 2016 (Figuras 21 e 22).

Figura 21. Valores de precipitação (PP), radiação solar global (Rg), velocidade do vento (VV) e evapotranspiração de referência (ETo) durante a condução do experimento (01/06/2015 a 03/10/2015), em Morrinhos – GO

Figura 22. Valores de precipitação (PP), radiação solar global (Rg), velocidade do vento (VV) e evapotranspiração de referência (ETo) durante a condução do experimento (13/05/2016 a 16/09/2016), em Morrinhos – GO

4.3. Evapotranspiração da cultura e manejo da irrigação

O manejo da irrigação nos dois anos de pesquisa foram realizados com base na evapotranspiração da cultura (ETc), medida em cinco lisímetros de pesagem entre duas irrigações consecutivas, conforme já descrito na metodologia.

Em ambos os experimentos, o tratamento L3S1 de cada bloco, teve a umidade do solo monitorada com o uso de tensiômetros de punção nas profundidades de 10, 22 e 38 cm, que representava aproximadamente o meio da faixa de solo amostrada para determinação da curva de retenção. A umidade na camada de solo de 22 cm, mesma profundidade do tubo gotejador, ficou próxima a umidade na capacidade de campo (Θ_{cc}) durante a condução da pesquisa, conforme era o objetivo deste tratamento em ambos os experimentos.

A evapotranspiração potencial da cultura (ETc) acumulada foi de 490,23 e 426,92 mm, respectivamente, em 2015 e 2016 (Figura 23), apesar da ETo em 2016 ter sido superior a de 2015 em aproximadamente 4%. Quando ocorreram chuvas os valores de ETc não foram contabilizados.

Figura 23. Valores de ETc acumulada durante a condução dos dois experimentos, em Morrinhos – GO

O menor consumo hídrico das plantas em 2016, provavelmente ocorreu devido ao menor desenvolvimento vegetativo e produtivo apresentado pela cultura, se comparado ao ano de 2015, inclusive dentro dos lisímetros. Conforme já mencionado anteriormente em 2016 ocorreu maior incidência da virose vira-cabeça e begomovírus. A manifestação dos sintomas das viroses provocou a redução do desenvolvimento das plantas e pode ter resultado menor absorção de água e de nutrientes e, conseqüentemente, menor produtividade. Além do que, a infecção virótica por si provoca perdas na produção do tomateiro devido à redução do número e tamanho de frutos (INOUE-NAGATA, 2005). Outro problema, que pode ter contribuído de forma associada ou isolada para o menor desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas de tomateiro, foi o alto índice de enovelamento da raiz principal das plantas em 2016, verificado no momento da colheita.

A quantidade de água aplicada em cada tratamento variou conforme os níveis de reposição da irrigação (% ETc) e os períodos de suspensão da irrigação em antecedência à colheita. Os volumes de água contabilizados nos tratamentos foram somente os aplicados pelo sistema de irrigação. A irrigação total acumulada variou de acordo com os tratamentos e com o experimento. Em 2015 (Figuras 24A, B, C, D e E), os níveis de irrigação aplicados foram em média, 15 % maiores do que os de 2016 (Figuras 25A, B, C, D e E), independentemente do tratamento, embora, a ETo acumulada em 2015, tenha sido 4% menor em relação à de 2016. Os resultados revelam que o desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas de tomateiro influenciaram diretamente no consumo de água pela cultura.

Figura 24. Lâmina de irrigação aplicada acumulada em plantas de tomateiro em função dos períodos de suspensão da irrigação antes da colheita: S1 (A), S2 (B); S3 (C); S4 (D); e S5 (E), em Morrinhos – GO, 2015

Figura 25. Lâmina de irrigação aplicada acumulada em plantas de tomateiro em função dos períodos de suspensão da irrigação antes da colheita: S1 (A), S2 (B); S3 (C); S4 (D); e S5 (E), em Morrinhos – GO, 2016

4.4. Parâmetros vegetativos

4.4.1. Altura de planta e diâmetro de caule

Os níveis de reposição da irrigação (% ETc) apresentaram efeito significativo a 5% de probabilidade sobre altura de planta (AP) e diâmetro de caule (DC) em 2015 (Tabelas 1 a 6C Anexo C) e a 1% em 2016 (Tabelas 7 a 12C Anexo C).

Tanto o deficit, como o excesso de água reduziram AP e DC aos 45 DAT, em ambos os experimentos. Os níveis ótimos de reposição da irrigação foram estimados em 94,87 e 99,04 % da ETc, que resultaram altura de planta de 70,02 e 40,41 cm em 2015 e 2016, respectivamente (Figura 26A). Já os valores máximos de DC foram estimados, respectivamente, em 10,67 e 6,95 mm, com irrigações de 131,04 e 99,00 % da ETc, em 2015 e 2016 (Figura 26B).

Figura 26. Altura de planta (AP) e diâmetro de caule (DC) de plantas de tomateiro em 2015 e 2016 aos 45 dias após o transplante, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos - GO

Os resultados encontrados são semelhantes aos de Santana et al. (2010), que verificaram que, independente da época de avaliação (55, 70, 85 e 100 DAT), o excesso e o deficit hídrico proporcionaram menores diâmetros de caule e altura de planta, no tomateiro de crescimento indeterminado (híbrido Andrea), em Uberaba – MG.

Resultados distintos foram encontrados em condições de ambiente protegido em Pombal - PB por Soares et al. (2011), com reposição de 60 a 120% da ETc. Constataram efeito linear crescente de altura de plantas, à medida que aumentaram a reposição da ETc, independentemente da fase de desenvolvimento das plantas de tomateiro, cultivar Nemadouro. Já o diâmetro de caule na altura do colo das plantas, não foi influenciado pelos níveis de irrigação. Os resultados de AP também diferem dos encontrados por Morales et al. (2015) em ambiente protegido em Lavras – MG, onde a

reposição da irrigação no intervalo de 25 a 100% do teor de umidade na capacidade de campo ocasionou efeito linear crescente na altura de planta na cultivar TOM – 64.

Os resultados encontrados também são divergentes dos observados por Lima (2014) em condições de campo em Jataí - GO, onde lâminas de irrigação que variaram de 66 a 166% da ETo, não influenciaram a altura de planta e diâmetro de caule de tomateiros Natália (Sakata), independentemente do período de avaliação (30, 45, 60 e 80 DAT). Divergem também dos de Brito et al. (2015) em Pombal – PB, que verificaram efeito linear decrescente para altura de planta durante a fase vegetativa e crescente durante a fase de floração e frutificação. Enquanto para diâmetro de caule verificaram efeito linear crescente independentemente da fase vegetativa, à medida que aumentaram os níveis de reposição da Irrigação em tomateiros (60 a 120% ETc).

4.4.2. Índice Soil Plant Analysis Development (SPAD)

O índice Soil Plant Analysis Development (SPAD) foi influenciado significativamente a 1% de probabilidade pelos níveis de irrigação avaliados, independentemente do período e ano de avaliação, exceto aos 45 e 85 DAT em 2015 que apresentaram efeito significativo a 5% de probabilidade (Tabelas 1 a 6C e Tabelas 7 a 12C Anexo C).

À medida que elevou os níveis de reposição da irrigação aos 45 e 65 DAT, as plantas de tomateiro BRS Sena, elevaram os índices SPAD até um valor máximo, a partir do qual o acréscimo de água foi desfavorável a esse parâmetro (Figura 27). Derivando as equações, os valores máximos de unidade SPAD foram estimados em 43,23 e 48,47 aos 45 DAT, 50,64 e 52,15 aos 65 DAT, em 2015 e 2016, com irrigações correspondentes a 111,67, 105,53, 101,38 e 109,27 % da ETc, respectivamente (Figuras 27A e B).

Entretanto, aos 85 DAT, ocorreu efeito linear crescente do índice SPAD para ambos os experimentos, à medida que elevou os níveis de reposição da ETc (Figuras 27A e B). Observou-se elevação do índice SPAD da fase vegetativa para a floração (45 a 65 DAT). Posteriormente aos 85 DAT, período de frutificação, este índice diminuiu para todos os níveis de irrigação, exceto na reposição de 150% da ETc, que manteve o vigor vegetativo das plantas nesta fase de desenvolvimento e motivou maiores índices SPAD (Figuras 27A e B).

Figura 27. Índice SPAD de plantas de tomateiro ao 45, 65 e 85 dias após o transplante, em 2015 (A) e 2016 (B), em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos - GO

Os resultados corroboram com os encontrados por Ferreira et al. (2006) em Viçosa, onde verificaram valores de índice SPAD de 46,3, 49,1, e 41,3 em plantas de tomateiros aos 34, 54 e 83 DAT, respectivamente. E divergem dos valores encontrados por Porto et al. (2014), que aos 75 DAT, em plantas de tomateiro para processamento industrial encontraram valores médios de índice SPAD acima de 51, independente da fonte de nitrogênio utilizada.

4.4.3. Índice de Estresse Hídrico da Cultura

No experimento de 2015, os níveis de reposição da irrigação (% ETc) apresentaram efeito significativo a 1% de probabilidade sobre o Índice de Estresse Hídrico da Cultura teórico ($CWSI_T$) aos 36, 78, 85 e 100 DAT e sobre o Índice de Estresse Hídrico da Cultura empírico ($CWSI_E$) aos 31, 36, 78, 85 e 100 DAT. Enquanto que o $CWSI_T$ aos 31 e 64 DAT e o $CWSI_E$ aos 64 DAT foram influenciados a 5% de probabilidade pelos níveis de irrigação e o $CWSI_T$ e $CWSI_E$ aos 44 DAT que não se constatou diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos (Tabelas 1 a 6C Anexo C). Já em 2016, os níveis de irrigação influenciaram a 1% de probabilidade os $CWSI_T$ e $CWSI_E$, independentemente do período de avaliação, exceto o $CWSI_E$ aos 100 DAT que não apresentou diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos (Tabelas 7 a 12C Anexo C).

A equação quadrática foi a que melhor ajustou aos dados de $CWSI$, independentemente da metodologia utilizada e do período de avaliação, aos 36 e 44 DAT em 2016 e aos 68, 78, 85 e 100 DAT em 2015 e 2016 (Figura 28). Já aos 31 e 36 DAT em 2015 e 31 DAT em 2016, ocorreu efeito linear decrescente à medida que elevou os níveis de irrigação. Os períodos de avaliação que não ocorreram influência dos tratamentos sobre o $CWSI$ (44 DAT em 2015 e 100 DAT em 2016), coincidiram com dias nublados, com baixa radiação solar, baixa temperatura e alta umidade relativa. Aos 100 DAT em 2016, também ocorreu precipitação de 14,8 mm no dia anterior à avaliação.

Os menores CWSIT e CWSIE no primeiro ano de avaliação foram estimados em: 0,24 e 0,33 aos 64 DAT, 0,36 e 0,14 aos 78 DAT, 0,24 e 0,18 aos 85 DAT, e 0,56 e 0,29 aos 100 DAT; com as reposições de 135 e 122, 119 e 122, 132,5 e 122, e 126 e 121,5% da ETc, respectivamente (Figuras 28A, B, C, D).

Figura 28. Índice de estresse hídrico em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc): CWSIT aos 31, 36 e 64 DAT (A); 78, 85 e 100 DAT (B) e índice de CWSIE aos 31, 36 e 64 DAT (C), 78, 85 e 100 DAT (D), 2015

Já no segundo ano de avaliação, os menores CWSIT e CWSIE foram estimados em: 0,36 e 0,15 aos 36 DAT, 0,66 e 0,53 aos 44 DAT, 0,30 e 0,31 aos 64 DAT, 0,46 e 0,20 aos 78 DAT e 0,60 e 0,19 aos 85 DAT; com as reposições de 137 e 139%, 114 e 115%, 129 e 131%, 118 e 117% e 111 e 110% da ETc, respectivamente (Figuras 29A, B, C, D).

Figura 29. Índice de estresse hídrico em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc): CWSI_T aos 31, 36 e 44 DAT (A); 64, 78 e 85 DAT (B) e índice de CWSI_E aos 31, 36 e 44 DAT (C), 64, 78 e 85 DAT (D), 2016

Os valores de CWSI, independentemente do método de determinação, variaram em função das condições meteorológicas, estágio de desenvolvimento das plantas e ano de avaliação.

De forma geral, nos níveis intermediários de irrigação os valores do CWSIT são maiores do que os do CWSIE. Este fato também foi constatado por Ramírez et al. (2015) em Piracicaba - SP, quando calculou o CWSI para tomateiros cereja com e sem deficit hídrico. E por Ghaemi et al. (2015) no Iran, em casa de vegetação, cultivando berinjela diretamente no solo e em vasos, quando avaliaram o CWSI em função da variação do intervalo de irrigação.

Independentemente do método de determinação, os maiores valores de CWSI foram encontrados nos tratamentos sob deficit hídrico, embora exista uma tendência de crescimento deste índice nos tratamentos cultivados com excesso de água. Fato também observado por López et al.

(2009a) em avaliação de reposições de 40 a 120 % da evapotranspiração de referência (ET_o) em tomate cascara no México, e por Ünlü et al. (2011) testando reposições de 0 a 600 mm de irrigação na cultura do algodão na Turquia.

Nos dias de maiores temperaturas, deficit de pressão de vapor e radiação solar, principalmente nos tratamentos sob deficit de irrigação, ocorreram os maiores CWSI. Este fato ocorreu devido à menor umidade no solo nestes tratamentos, o que faz a planta diminuir sua transpiração foliar pelo fechamento parcial dos estômatos e, conseqüentemente, aumenta a temperatura do dossel e o CWSI.

Os resultados de CWSI foram condizentes aos encontrados por López et al. (2009a) com tomate cascara no México, Taghvaeian et al. (2012) com milho no Colorado – EUA, Ghaemi et al. (2015) com berinjela no Iran. Erdem et al. (2005), Ünlü et al. (2011); e Çolak et al. (2015) na Turquia, com melancia, algodão e berinjela, respectivamente, verificaram que sob condições de restrição da irrigação ocorre os maiores CWSI.

Muitas vezes, os menores valores de CWSI estimados ficaram acima de 0,3, mesmo nos tratamentos com reposições hídricas tidas com adequadas para a cultura. Este fato pode ser uma evidência de que as plantas de tomateiro nas horas mais quentes do dia, para estas condições edafoclimáticas, não foram capazes de atender a alta demanda hídrica da atmosfera (ET_o), mesmo com umidade ideal no solo. Isto também foi observado por Marin et al. (2005) em cafeeiro e por Marin e Angelocci (2011) em lima acida Taiti em Piracicaba - SP. O fato da transpiração das plantas tender a se estabilizar e não acompanhar a demanda atmosférica faz com que ocorra a elevação da temperatura do dossel devido ao fechamento parcial dos estômatos.

López et al. (2009a) verificaram que CWSI maiores que 0,1 ocasionam diminuição do rendimento de frutos de tomate cascará no México. Erdem et al. (2005); Ünlü et al. (2011); Çolak et al. (2015) constataram que CWSI maiores que 0,2 ocasionam redução no rendimento da cultura da melancia, algodão e berinjela na Turquia, respectivamente. Sezen et al. (2014), também na Turquia, constataram que CWSI maiores que 0,3 reduziram o rendimento de pimenta vermelha.

Independentemente do ano de avaliação, ocorreu uma forte correlação linear quando comparado os dois métodos de estimativa do CWSI, com um coeficiente de determinação de $R^2 = 0,99$ (Figuras 30A, B, C e D). Isto é um indicativo que se pode utilizar com precisão, ambas as metodologias para estimar o CWSI para o tomateiro, para estas condições de cultivo. Resultados semelhantes aos encontrados por Ramírez et al. (2015) em Piracicaba - SP e por Ghaemi et al. (2015) no Iran, quando compararam as duas metodologias de determinação do CWSI em tomate cereja e berinjela, respectivamente.

Figura 30. Dispersão entre os métodos de determinação do $CWSI_T$ e $CWSI_E$ em 2015: aos 31, 36 e 64 DAT (A); e 78, 85 e 100 DAT (B), e em 2016: aos 31, 36 e 44 DAT (C); e 64, 78 e 85 (D) em Morrinhos - GO

4.4.4. Área Foliar e índice de área foliar

Tanto a área foliar (AF), como o índice de área foliar (IAF) foram influenciados em nível de 1% de probabilidade pelos tratamentos, independentemente do período e ano de avaliação (Tabelas 1 a 12C Anexo C).

O déficit e o excesso hídrico diminuiram a AF das plantas de tomateiro (Figura 31). Derivando as equações de regressão, as maiores AF foram estimadas em 3528,44, 14859,50 e 13131,60 cm^2 no primeiro experimento, com reposições de 73,04, 104,72 e 106,67% da ET_c , aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente. Enquanto que no segundo experimento, as maiores AF foram

estimadas em 1265,32, 4957,59 e 8119,14 cm² aos 45, 65 e 85 DAT, com irrigação correspondente a 107,11, 107,98 e 100,28% da ETc, respectivamente (Figuras 31A e B).

Figura 31. Área foliar (AF) em 2015 (A) e 2016 (B), de plantas de tomateiro aos 45, 65 e 85 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

O IAF comportou de forma quadrática em resposta aos níveis de reposição da ETc, nos dois experimentos. Os maiores IAF foram estimados em 1,07, 5,4 e 3,91 em 2015, com reposição de 73,26, 104,73 e 105,79% da ETc. Enquanto em 2016, as reposições de 106,98, 108,18 e 100% da ETc, proporcionaram os maiores IAF de 0,39, 1,5 e 2,5 aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente (Figuras 32A e B).

Figura 32. Índice de área foliar (IAF) em 2015 (A) e 2016 (B), de plantas de tomateiro aos 45, 65 e 85 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

Os resultados corroboram aos encontrados por Pires et al. (2009), que verificaram aumento do índice de área foliar nas plantas de tomateiro irrigadas com maior frequência e com a umidade do solo mantida próximo ao teor de umidade na capacidade de campo do solo.

Os resultados de AF e IAF são superiores, aos encontrados por Soares et al. (2012b) em Pombal – PB, com a cultivar Super Marmande de crescimento indeterminado, em condições de casa de vegetação. Neste trabalho os autores encontraram a máxima área foliar de 4091,35 cm² com reposição de 76% da ETc. E também aos encontrados por Monte et al. (2013) em condições de campo no Rio de Janeiro, utilizando tomateiro de mesa, quando atingiu o máximo de índice de área foliar de 1,2 aos 100 DAT, com reposição de 120% da ETc. Por outro lado, Reis et al. (2013) em Rio Largo – AL, verificaram o máximo IAF de 2,8 aos 70 DAT em plantas de tomateiro em ambiente protegido. Resultados este, inferior aos de IAF desta pesquisa em 2015 e semelhante aos de 2016.

4.4.5. Massa de raízes

Os níveis de irrigação influenciaram a 5% de probabilidade a massa fresca (MFR) e seca de raiz (MSR), independentemente do período e ano de avaliação. Exceto a MSR aos 45 DAT de 2016, que apresentou efeito significativo a 1% e MFR e MSR aos 65 e 85 DAT de 2015, que não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabelas 1 a 12C Anexo C).

Equações do 2º grau foram as que melhor descreveram a resposta dos níveis de irrigação sobre a MFR e MSR aos 45 DAT em 2015 e aos 45 e 65 DAT em 2016. Enquanto aos 85 DAT em 2016 ocorreu efeito linear crescente dos tratamentos sobre MFR e MSR.

O máximo valor de MFR aos 45 DAT em 2015 e aos 45 e 65 DAT em 2016, foram estimados com reposições de 152,17, 100,59 e 104,41% da ETc, que resultaram MFR de 14,71, 8,05 e 15,68 g planta⁻¹, respectivamente (Figuras 33A e B).

Figura 33. Massa fresca de raiz (MFR) aos 45 DAT, em 2015 (A) e aos 45, 65 e 85 DAT, em 2016 (B) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

Os valores máximos de MSR foram estimados em 3,24, 1,57 e 3,76 g planta⁻¹ aos 45 DAT em 2015 e aos 45 e 65 DAT em 2016, com reposições de 94,13, 100,26 e 104,60% da ETc, respectivamente (Figuras 34A e B).

Figura 34. Massa seca de raiz (MSR) em 2015 (A) e 2016 (B) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

A não significância dos níveis de irrigação sobre MFR e MSR aos 65 e 85 DAT, a grande variação dos dados aos 45 DAT em 2015 e aos 85 DAT em 2016, pode estar relacionada à dificuldade de retirada de todo sistema radicular das plantas do solo, em função de sua profundidade, expansão lateral e localização junto ao sistema de irrigação enterrado.

Os resultados encontrados corroboram aos obtidos por Morales et al. (2015) em ambiente protegido em Lavras – MG, com as cultivares de tomateiro TOM – 64 e M – 82, que constataram efeito linear crescente para massa fresca e seca raiz, para ambas cultivares à medida que aumentaram os níveis de umidade do solo de 25 a 100% da θ_{cc} . Os resultados também divergem dos encontrados por Patanè, Tringali e Sotino (2011) em condições de campo na Itália.

4.4.6. Massa de caule

Independentemente do período e ano de avaliação, os tratamentos influenciaram significativamente a 1% de probabilidade a massa fresca (MFC) e seca de caule (MSC), exceto a MFC e a MSC aos 45 DAT em 2015, que foi significativo a 5% de probabilidade (Tabelas 1 a 12C Anexo C).

O déficit e o excesso hídrico diminuíram a MFC e a MSC, independentemente do período e do ano de avaliação. Os maiores valores de MFC no primeiro ano de experimento foram estimados em 125,20, 609,91 e 688,59 g planta⁻¹, enquanto no segundo ano os valores máximos foram de

33,59, 196,65 e 224,88 g planta⁻¹, com reposição de 78,68, 104,40, 108,23, 99,97, 108,40 e 90,67% da ETc, respectivamente (Figuras 35A e B).

Figura 35. Massa fresca de caule (MFC) em 2015 (A) e 2016 (B) de plantas de tomateiro aos 45, 65 e 85 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

Os maiores valores de MSC foram estimados em 23,39, 71,68 e 111,22 g planta⁻¹ em 2015 e em 3,14, 31,82 e 42,27 g planta⁻¹ em 2016, com reposições de 97,93, 102,84, 113,28, 98,79, 108,62 e 88,68% da ETc, aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente (Figuras 36A e B).

Figura 36. Massa seca de caule (MSC) em 2015 (A) e 2016 (B) de plantas de tomateiro aos 45, 65 e 85 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

Os resultados encontrados estão de acordo com os de Brito et al. (2015), que constataram que tanto o excesso como o deficit hídrico desfavoreceram a MSC do tomateiro Super Marmande durante a fase de frutificação, cultivado em ambiente protegido na região de Pombal – PB. A maior MSC encontrada pelos autores foi 177 g planta⁻¹, estimada com reposição de 97% da ETc.

Entretanto, estes mesmos autores verificaram efeito linear crescente de MSC na fase vegetativa e de floração, à medida que elevaram os níveis de reposição da ETc.

Os resultados de MFC e MSC desta pesquisa são divergentes dos encontrados por Morales et al. (2015) em ambiente protegido em Lavras – MG, com as cultivares de tomateiro TOM – 64 e M – 82, quando observaram efeito linear crescente MFC e MSC, à medida que elevaram os níveis de umidade do solo de 25 a 100% da θ_{cc} , independentemente da cultivar.

4.4.7. Massa de folha

Os tratamentos influenciaram a 1% de probabilidade a massa fresca de folha (MFF) e a massa seca de folha (MSF), independentemente do período e ano de avaliação (Tabelas 1 a 12C Anexo C).

A MFF e a MSF foram severamente prejudicadas pelo deficit e excesso hídrico, independentemente do ano e da época de avaliação. Aos 45, 65 e 85 DAT, as maiores MFF foram estimas em 110,80, 444,89 e 430,12 g planta⁻¹ em 2015 e em 42,03, 162,39 e 238,70 g planta⁻¹ em 2016, com reposições de 67,00, 104,72, 106,67, 107,12, 107,97 e 100,27% da ETc, respectivamente (Figuras 37A e B).

Figura 37. Massa fresca de folha (MFF) em 2015 (A) e 2016 (B), de plantas de tomateiro aos 45, 65 e 85 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

Os maiores valores de MSF foram estimados com reposições de 94,35, 104,27 e 109,82% da ETc em 2015 e 109,90, 108,67 e 98,27% da ETc em 2016, que resultaram em 24,35, 63,78, 79,64, 5,97, 40,12 e 55,03 g planta⁻¹ de MSF, aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente (Figuras 38A e B).

Figura 38. Massa seca de folha (MSF) em 2015 (A) e 2016 (B) de plantas de tomateiro aos 45, 65 e 85 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

Os resultados encontrados em ambos os experimentos são inferiores aos de Brito et al. (2015) com tomate de crescimento indeterminado Super Marmande, em ambiente protegido na região de Pombal – PB, que durante a fase de floração e frutificação, estimaram a máxima MSF em 162,73 e 174,36 g planta⁻¹ com reposição de 102% e 97% da ETc, respectivamente. Resultados divergentes também foram encontrados em ambiente protegido por Morales et al. (2015), em Lavras – MG, com as cultivares de tomateiro TOM – 64 e M – 82, onde verificaram efeito linear crescente para massa fresca e seca de folha, independentemente da cultivar testada, quando avaliaram a reposição de 25% a 100% da θ_{cc} .

4.4.8. Massa de flores, número de flores e frutos por cacho floral e taxa de abortamento de flores

No primeiro ano de pesquisa, os tratamentos (% ETc) apresentaram efeito significativo a 1% de probabilidade sobre a massa fresca (MFFF) e seca de flores (MSFF) aos 45 e 85 DAT. Enquanto a MFFF e a MSFF aos 65 DAT, o número de flores por cacho floral (NF) aos 55 DAT, o número de frutos por cacho floral (NFT) aos 120 DAT e a taxa de abortamento de flores (TAF) aos 120 DAT foram influenciados em nível de 5% de probabilidade pelos tratamentos (Tabelas 1 a 6C Anexo C). Já em 2016, os níveis de reposição da irrigação apresentaram efeito significativo a 1% de probabilidade para MFFF, MSFF e NFT, ao passo que o NF aos 50 DAT foi significativo a 5% de probabilidade (Tabelas 7 a 12C Anexo C).

A massa fresca (MFFF) e seca de flores (MSFF) foram influenciadas pelos níveis de reposição da irrigação. Tanto o deficit com o excesso hídrico prejudicou a massa seca e fresca de flores, independentemente do período e do ano de avaliação.

Os maiores valores de MFFF em 2015 foram estimadas em 3,61, 10,07 e 5,6 g planta⁻¹, com reposição de 87,08, 102,85 e 110,89% da ETc, respectivamente, aos 45, 65 e 85 DAT (Figura 39A). Enquanto em 2016, os maiores valores de MFFF foram estimados em 0,71, 7,61 e 10,68 g planta⁻¹, com níveis de irrigação correspondentes a 102,34, 100,39 e 95,47% da ETc (Figura 39B).

Figura 39. Massa fresca de flores (MFFF) em 2015 (A) e 2016 (B), de plantas de tomateiro aos 45, 65 e 85 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

Já os maiores valores de MSFF aos 45, 65 e 85 DAT foram estimadas em 0,66, 1,55 e 1,11 g planta⁻¹ em 2015 e em 0,092, 1,29 e 3,25 g planta⁻¹ em 2016, com os níveis de irrigação de 88,75, 102,78, 110,84, 102,61, 100,60 e 100,85% em relação à ETc, respectivamente (Figuras 40A e B).

Figura 40. Massa seca de flores (MSFF), em 2015 (A) e 2016 (B), de plantas de tomateiro aos 45, 65 e 85 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

O deficit e o excesso hídrico diminuiram o NF e NFT e aumentou a TAF, independentemente do ano de avaliação. O maior NF por cacho floral em 2015 foi de 5,90 flores, com reposição de 90% da ETc, enquanto em 2016 foi estimado em 5,82 flores por cacho floral, com

104,65% da irrigação necessária. O número médio de flores por cacho floral, independentemente do tratamento, foi de 5,85 e 5,61 em 2015 e 2016, respectivamente (Figuras 41A e B).

Os valores do NFT comportaram de forma quadrática em relação aos níveis de irrigação propostos, independentemente do ano de avaliação. O maior NFT por cacho floral foi estimado em 4,70 e 3,93, com níveis de irrigação correspondentes a 98,03 e 115,01 % da ETc, no primeiro e segundo ano de pesquisa, respectivamente. As menores TAF (20,46 e 36,85%), foram obtidas com reposições de 103,66 e 114,42% da ETc, em 2015 e 2016, respectivamente (Figuras 41A e B). Independentemente do ano de avaliação, o maior NF e NFT e a menor TAF foram obtidos com níveis de irrigação que variaram de 100 a 115% da ETc.

Figura 41. Número de flores (NF), frutos (NFT) e taxa de abortamento de flores (TAF) por cacho floral em 2015 (A) e 2016 (B), em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

De forma geral, independentemente do tratamento, em 2016 o número médio de flores e frutos foi menor e a taxa de abortamento maior, se comparado aos valores de 2015. O número médio de frutos foi de 4,42 e 3,53 e a taxa média de abortamento de flores foi de 24,25 e 37,03% no primeiro e segundo ano de pesquisa, respectivamente. Isto provavelmente ocorreu devido ao menor desenvolvimento vegetativo das plantas do segundo experimento em relação ao primeiro, o que ajuda a explicar a diferença de produtividade de um ano para o outro. Uma vez que as plantas acometidas de infecção virótica reduzem o número e tamanho de frutos (INOUE-NAGATA, 2005).

Os resultados confirmam aqueles encontrados por Silva et al. (2013), que verificaram maior incidência de flores e frutos por planta com reposição de 136% e 110% da ETc, respectivamente. Entretanto, as maiores taxas de abortamento de flores (74%) ocorreram na maior reposição da ETc (140%) testada pelos autores. Os resultados também corroboram aos de Santana et al. (2010), que encontraram maiores números de frutos por planta com reposição de água de 581,4 mm durante o ciclo da cultura. As maiores reposições hídricas, testadas pelos autores ocasionaram decréscimos dos parâmetros avaliados.

Resultados diferentes foram encontrados por Silva, J. et al. (2014) para a cultivar de tomateiro Caline IPA6, quando verificaram efeito linear crescente para número de frutos, número de

flores e número de flores abortadas, à medida que elevaram os níveis de reposição da ETo de 50 a 150%. Resultados divergentes também foram encontrados por Marouelli e Silva (2007), que verificaram que nos menores níveis de tensão de água no solo ocorre maior número de frutos de tomateiros para processamento (Heinz 9498; AP533; Heinz 9992), nas condições de cerrado de Brasília – DF.

Birhanu e Tilahun (2010) na Etiópia observaram efeito linear decrescente de número de frutos, à medida que elevaram o deficit hídrico nas plantas de tomateiro. Resultados semelhantes aos de Morales et al. (2015) em Lavras – MG, que verificaram efeito linear crescente de número de frutos por planta de tomateiro TOM – 64 e M - 82, à medida que se elevou a umidade do solo.

Na Itália, Patanè e Cosentino (2010); Patanè, Tringali e Sortino (2011), avaliaram que sob deficit hídrico severo, a produtividade da cultura do tomateiro para processamento industrial reduziu em até 82% a produtividade comercial, em função do menor peso dos frutos e abortamento de flores e frutos.

Entretanto, Savic et al. (2011) na Servia em ambiente protegido, não comprovaram diferenças significativas de número de frutos por planta de tomateiro submetido ao deficit hídrico e à irrigação plena. Campagnol et al. (2014) em Piracicaba – SP, também não verificaram influências significativas do volume de água aplicada via irrigação (60% a 140% da ETc) sobre número de frutos por planta em tomateiro híbrido de crescimento indeterminado.

4.4.9. Massa de frutos

Aos 65 DAT, não se verificaram diferenças estatísticas significativas dos tratamentos sobre a massa fresca (MFFT) e seca de frutos (MSFT) de tomateiro, para nenhum dos anos de pesquisa. Já aos 85 DAT, constatou efeito significativo dos tratamentos em nível de 1% de significancia para a MFFT e a MSFT, independentemente do ano de avaliação (Tabelas 1 a 12C Anexo C).

Ocorreu efeito quadrático dos níveis de irrigação sobre a MFFT e MSFT aos 85 DAT para ambas as pesquisas. Os maiores valores de MFFT (2384,42 e 775,10 g planta⁻¹) e de MSFT (186,32 e 20,64 g planta⁻¹) foram obtidos com níveis de irrigação iguais a 110,18, 102,10, 111,31 e 106,38% da ETc, em 2015 e 2016, respectivamente (Figuras 42A e B).

Figura 42. Massa fresca de frutos (MFFT) (A) e massa seca de frutos (MSFT) (B), em 2015 e 2016 aos 85 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

Resultados diferentes foram encontrados por Silva, J. et al. (2014) na cultivar de tomateiro Caline IPA6, quando verificaram efeito linear crescente para produtividade de frutos à medida que elevaram os níveis de reposição da ETo (50 a 150%).

4.4.10. Massa total

Os níveis de irrigação (% ETc) proporcionaram efeito significativo a 1% de probabilidade sobre a massa fresca (MFTO) e seca total (MSTO) de plantas de tomateiro, independentemente do período e do ano de avaliação. Exceto aos 65 DAT em 2015, que a MFTO e a MSTO apresentaram efeito significativos a 5% de probabilidade (Tabelas 1 a 12C Anexo C).

À medida que se elevaram os níveis de reposição da irrigação, as plantas de tomateiro BRS Sena aumentaram a MFTO e a MSTO até um valor máximo, a partir do qual o acréscimo de água foi desfavorável aos parâmetros avaliados em ambas as pesquisas. As maiores MFTO de plantas de tomateiro no primeiro experimento foram de 254,59, 1642,67 e 3550,97 g planta⁻¹, estimadas com as níveis de irrigação de 73,50, 102,87 e 109,52% da ETc, enquanto no segundo, os maiores valores de MFTO foram estimados em 84,27, 395,81 e 1271,29 g planta⁻¹, com irrigação de 103,44, 108,33 e 100,45% da ETc, aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente (Figuras 43A e B).

Figura 43. Massa fresca total (MFTO) em 2015 (A) e 2016 (B), de plantas de tomateiro aos 45, 65 e 85 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

Os maiores valores de MSTO no primeiro ano foram estimados em 52,03, 169,25 e 384,91 g planta⁻¹ com reposições de 96,77, 102,11 e 112,07% da ETc, aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente. Enquanto no segundo ano, os níveis de irrigação de 105,37, 108,44 e 99,29% da ETc, proporcionaram os maiores valores de MSTO: 14,57, 81,85 e 158,40 g planta⁻¹, aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente (Figuras 44A e B).

Figura 44. Massa seca total (MFTO) em 2015 (A) e 2016 (B), de plantas de tomateiro aos 45, 65 e 85 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

Os resultados corroboram aos encontrados em Pombal – PB por Soares et al. (2012b), que relatam o máximo de fitomassa seca da parte aérea de 385,73 g planta⁻¹, com reposição de 97% da ETc na cultivar de tomateiro Super Marmande, em casa de vegetação. Os resultados encontrados

também corroboram os de Pires et al. (2009) que verificaram que nas maiores condições de umidade do solo ocorrem as maiores produções de matéria seca da parte aérea das plantas de tomateiro.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Birhanu e Tilahun (2010) na Etiópia, e por Patanè, Tringali e Sotino (2011) na Itália, onde observaram redução linear de biomassa de plantas na medida em que aumentou o déficit hídrico nas plantas.

4.5. Parâmetros de produtividade

Não ocorreu interação significativa dos níveis de reposição da irrigação (% ETc) com os períodos de suspensão da irrigação para nenhum dos parâmetros avaliados, independentemente dos anos de pesquisa. No primeiro ano da pesquisa os níveis de irrigação influenciaram significativamente a 1% de probabilidade sobre: produtividade de frutos maduros (PFM), produtividade total de frutos (PTF), percentagem de frutos verdes (%PFV), percentagem de frutos podres (%PFP) e produtividade da água (PA) para produtividade total de frutos (PTF) e rendimento de polpa (RP) e a 5% sobre: produtividade de frutos verdes (PFV) e percentagem de frutos maduros (%PFM). Enquanto para produtividade de frutos podres (PFP), os níveis de irrigação não proporcionaram diferenças estatísticas significativas. Os períodos de suspensão da irrigação antes da colheita proporcionaram diferenças estatísticas a 1% de probabilidade sobre: PFV, PTF %PFP e a 5% sobre: PFM e %PFV. Entretanto, para PFP, %PFM e produtividade da água para PTF e RP não ocorreram diferenças estatísticas (Tabelas 13C Anexo C).

Já em 2016, os níveis e períodos de suspensão da irrigação antes da colheita apresentaram efeitos significativos a 1% de probabilidade para todos os parâmetros de produtividade avaliados, exceto para %PFV que apresentou significância de 5% (Tabelas 14C Anexo C).

4.5.1. Produtividade

A função quadrática foi a que melhor se ajustou aos parâmetros de produtividade, em relação aos níveis de reposição da irrigação. Os níveis de irrigação (% ETc) que proporcionaram as maiores PFM e PTF variam de um ano para o outro. As maiores PFV, PFM e PTF estimadas no primeiro ano foram de 18,25, 69,96 e 105,86 t ha⁻¹, com reposição da irrigação de 100,15 (490,97 mm), 125,47 (615,09 mm) e 123,96% (607,69 mm) da ETc, respectivamente (Figura 45A).

Em 2016, a PFV apresentou efeito linear crescente em relação ao aumento dos níveis de irrigação. Enquanto para os demais fatores (PFM, PFP e PTF) a equação quadrática foi a que melhor ajustou-se aos dados. As maiores produtividade de PFM e PTF e menores de PFP foram estimadas em 46,31, 58,60 e 3,36 t ha⁻¹, com irrigações de 128,48 (548,51 mm), 132,11 (564,00 mm) e 124,00% (529,38 mm) da ETc, respectivamente (Figura 45B). No segundo experimento, a PFM e PTF foram menores 34 e 45%, respectivamente, comparadas às produtividades de 2015. Entretanto, o consumo

hídrico não reduziu na mesma proporção, se comparado o ano de 2016 em relação à 2015, apesar da ETo de 2016 ter sido 4% maior.

Figura 45. Produtividade de frutos verdes (PFV), frutos maduros (PFM) e total de frutos (PTF), em 2015 (A) e 2016 (B) de plantas de tomateiro aos 125 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

Os resultados de produtividade corroboram aos encontrados em estudos preliminares com o tomateiro BRS Sena por Silva et al. (2014a) em Morrinhos – GO. Estes autores observaram maior produtividade (80,33 t ha⁻¹) com reposição de 165,71% da ETc (692,20 mm), ao longo do ciclo da cultura. Também são comparáveis aos resultados encontrados por Koetz et al. (2008) em área de cerrado de Jataí – GO com o híbrido Heinz 9498, onde observaram que a reposição de 732,2 mm (reposição até 100% da θ_{cc}) de irrigação durante o ciclo da cultura proporcionou a maior produtividade (111,98 t ha⁻¹). Lâmina de irrigação esta (732,2 mm), recomendada pelos autores como a ideal para tomateiro para processamento industrial para as condições do Sudeste de Goiás. Confirmam também os resultados de Silva et al. (2013) utilizando a cultivar Caline IPA 6, que verificaram que a reposição de 128% da ETc- proporcionou maior produtividade total do tomateiro (2 kg planta⁻¹).

Os resultados desta pesquisa também são coerentes com os de Santana et al. (2010), com tomateiro híbrido Andrea (crescimento indeterminado) em casa de vegetação (Uberaba – MG), que verificaram aumentos de produtividade com a reposição de água até 581,4 mm durante o ciclo da cultura, com produtividade estimada de 72,63 t ha⁻¹. Maiores reposições ocasionaram decréscimos dos parâmetros avaliados.

Resultados semelhantes também foram verificados por Marouelli e Silva (2007); Marouelli e Silva (2008) com tomateiros para processamento (Heinz 9498; AP533; Heinz 9992) nas condições de cerrado de Brasília – DF, Moreira et al. (2012) em condições de plantio direto no cerrado de Ipameri – GO com tomateiro cultivar Hypeel, e Monte et al. (2013) em condições de campo no Rio de Janeiro com o tomateiro híbrido Débora plus tipo longa vida para mesa, em que as menores produtividades de frutos de tomateiro ocorreram nas menores reposições de água no solo. E também estão em

concordância com resultados obtidos por Morales et al. (2015), em Lavras – MG, que verificaram efeito linear crescente de produção de frutos, para as cultivares de tomateiro TOM – 64 e M – 82, à medida que elevaram a umidade do solo.

Os resultados também são condizentes com os encontrados por Patanè e Cosentino (2010); Patanè, Tringali e Sortino (2011) na Itália, que concluíram que sob deficit hídrico (50% ETc), a produtividade da cultura do tomate para processamento industrial é severamente prejudicada (>40%), em comparação a produtividade com a reposição de 100% da ETc. A irrigação deficitária permite economizar água e este aspecto é particularmente importante em ambientes semiáridos, onde tanto o custo como a disponibilidade da água de irrigação representa um problema crescente nas atividades agrícolas.

Resultados distintos foram encontrados por Savic et al. (2011) na Servia em ambiente protegido, quando avaliaram a irrigação deficitária e a plena, Campagnol et al. (2014) em condições de campo em Piracicaba – SP avaliando irrigações que variaram de 60 a 140% da ETc e por Harel et al. (2014) em Israel com reposições de 70, 100 e 120% da ETc, quando não foram verificadas diferenças significativas de produtividade de frutos de tomateiro em função dos tratamentos propostos.

No primeiro experimento, ocorreu efeito linear decrescente para a %PFV à medida que se elevaram os níveis de irrigação, enquanto em 2016, a equação quadrática foi a que melhor ajustou-se aos dados, embora tenha ocorrido tendência de maior quantidade de frutos verdes nos tratamentos sob deficit hídrico (Figuras 46A e B). A maturação de frutos não respondeu linearmente em função do deficit hídrico. A maior incidência de frutos maduros foi de 65,41 e 80,88%, com irrigação equivalente a 125,36 e 122,7% da ETc, em ambas as pesquisas, respectivamente. A menor %PFP em 2015 e 2016 e %PFV em 2016, foi estimada em 17,65, 6,24 e 12,86%, com a irrigação correspondente a 115,87, 121,18 e 124,73% da ETc, respectivamente (Figuras 46A e B). Irrigações que variaram de 115 a 125 % da ETc, independentemente do ano de avaliação, aumentaram a maturação dos frutos, diminuiu a incidência de frutos verdes e podres.

Figura 46. Percentagem de frutos verdes, podres e maduros em 2015 (A) e 2016 (B), de plantas de tomateiro aos 125 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO

O aumento da percentagem de frutos verdes nos tratamentos sob deficit hídrico ocorreu em função da grande quantidade de frutos pequenos verdes não comerciais, que foram verificados nos tratamentos. As maiores incidências de frutos podres nos tratamentos com deficit e nos excessos de irrigação, principalmente no primeiro ano, podem estar relacionadas à deficiência de cálcio (fundo preto) nestes tratamentos, pois, no momento da colheita, não foi possível distinguir quais frutos estariam podres em função da deficiência de cálcio e quais estariam podres por outras causas. Assim, os frutos com fundo preto foram contabilizados como podres. Nos tratamentos com deficit de irrigação (50% da ETc), a quantidade de frutos podres pode também ter sido influenciada pela antecipação da maturação de parte dos frutos neste tratamento, o que ocasionou aumento de podridão em função do período de colheita.

Os resultados encontrados discordam dos de Marouelli e Silva (2008), que verificaram que a concentração da maturação de frutos aumentou e a percentagem de frutos podres diminuiu linearmente, à medida que aumentou a tensão de água no solo em que as plantas de tomateiro foram cultivadas, em áreas de cerrado de Brasília.

Os resultados de percentagem de frutos podres concordam com os encontrados por Sá et al. (2005), que verificaram que tanto o deficit, quanto o excesso hídrico aumentaram a incidência deste problema.

Com relação aos cortes de irrigação no final do ciclo, ocorreu efeito linear decrescente para PFV e PTF, à medida que se aumentou o período de suspensão da irrigação, independentemente do ano da pesquisa (Figuras 47A e B). Em relação PFM, a cultura comportou-se de forma distinta de um ano para o outro. No primeiro ano, os maiores e menores períodos sem irrigação antes da colheita aumentaram PFM, sendo a menor PFM estimada em $51,87 \text{ t ha}^{-1}$, com o corte da irrigação aos 19 dias antes da colheita (Figura 47A). Já em 2016, a maior PFM ($41,14 \text{ t ha}^{-1}$) foi estimada com a suspensão da irrigação aos 13 dias antes da colheita. Enquanto a menor incidência de PFP foi estimada em $2,46 \text{ t ha}^{-1}$, com a suspensão da irrigação ocorrendo aos 14 dias antes da colheita (Figura 47B). Observando a figura 47B, fica evidente que quando começa diminuir incidência de frutos maduros, aumenta a ocorrência de frutos podres. O aumento da PFP nos menores períodos de suspensão da irrigação pode estar relacionado à maior umidade destes tratamentos em relação aos demais, enquanto nos maiores períodos sem irrigação, o aumento pode estar relacionado com a antecipação da maturação de partes dos frutos neste tratamento, o que pode ter ocasionado o aumento do problema em relação ao período de colheita.

De forma geral, quanto maior o período de interrupção da irrigação antes da colheita, menor é a produtividade. O aumento do período sem irrigação antes da colheita, não significa aumento da produtividade de frutos maduros de tomateiros BRS Sena.

Figura 47. Produtividade de frutos verdes (PFV), maduros (PFM) e total de frutos (PTF), em 2015 (A) e PFV, PFM, PTF e frutos podres (PFP) em 2016 (B), de plantas de tomateiro aos 125 DAT, em função da suspensão da irrigação antes da colheita, em Morrinhos - GO

Resultados semelhantes foram encontrados na Itália por Patanè e Cosentino (2010); Patanè, Tringali e Sortino (2011), que verificaram que a suspensão da irrigação em antecedência a colheita proporciona menores rendimentos da cultura e que a irrigação durante o ciclo completo do tomateiro proporciona maiores rendimentos. Embora quando submetidos a deficit hídrico ocorra elevação do teor de sólidos solúveis totais.

Em ambas as pesquisas, ocorreram efeito linear decrescente para a %PFV em relação à suspensão da irrigação antes da colheita, ou seja, quanto maior o período sem irrigação antes da colheita, menor a incidência de frutos verdes (Figuras 48A e B). Já a %PFP, comportou-se de forma diferente de um ano para outro. No primeiro ano ocorreu efeito linear crescente, ou seja, quanto mais dias sem irrigar antes da colheita, maior foi a incidência de frutos podres (Figura 48A). Enquanto no segundo ano, a equação quadrática foi a que melhor ajustou-se aos dados, quando a menor incidência de frutos podres (5,12%) foi estimada com o corte da irrigação aos 13 dias antes da colheita. Embora se tenha tendência de aumento de frutos podres à medida que se prolonga o período sem irrigação antes de colher. A maior concentração de frutos maduros (80,17%) em 2016 foi estimada com a suspensão da irrigação de 17 dias (Figura 48B).

Figura 48. Percentagem da produtividade de frutos verdes e podres, em 2015 (A) e de frutos verdes, podres e maduros, em 2016 (B), de plantas de tomateiro aos 125 DAT, em função da suspensão da irrigação antes da colheita, em Morrinhos - GO

O aumento da podridão de frutos nos tratamentos com maior período sem irrigação antes da colheita provavelmente está relacionado à antecipação da maturação e às altas temperaturas do período, que por sua vez estão associados ao déficit hídrico das plantas, o que ocasionou amolecimento dos frutos e podridão. Fica evidente, que à medida que diminui a percentagem de frutos maduros aumenta a de frutos podres, à medida que aumenta o período sem irrigação antes da colheita (Figura 48B). O aumento do número de dias sem irrigação antes da colheita não se relaciona ao aumento da concentração da maturação de frutos de tomateiros BRS Sena.

4.5.2. Produtividade da água

Independentemente do ano de avaliação (2015 e 2016), as maiores produtividade da água (PA) para PTF (15,55 e 12,65 kg m⁻³) e RP (2,56 e 2,22 kg m⁻³) ocorreram na menor reposição da irrigação (50% da ETc) (Figuras 49A e B).

Figura 49. Produtividade da água (PA), em 2015 (A) e 2016 (B), em função da produtividade total de frutos (PTF) e do rendimento de polpa concentrada (RP) em plantas de tomateiro aos 125 DAT, submetidas a níveis de reposição da irrigação (% ETC), em Morrinhos – GO

Na primeira pesquisa não ocorreu efeitos dos tratamentos de suspensão da irrigação sobre a produtividade da água. Enquanto no segundo ano de pesquisa, quanto mais dias sem irrigação antes da colheita (28 dias), maior foi a produtividade da água para PTF e RP (Figura 50).

Figura 50. Produtividade da água (PA) em 2016 em função da produtividade total de frutos (PTF) e do rendimento de polpa concentrada (RP), em plantas de tomateiro aos 125 DAT, submetidas a períodos de suspensão da irrigação antes da colheita, em Morrinhos – GO

A maior produtividade da água com irrigações deficitária é particularmente importante em ambientes semiáridos, onde tanto o custo como a disponibilidade de água para irrigação representa um problema crescente nas atividades agrícolas, apesar da produtividade da cultura de tomate para processamento industrial ser severamente prejudicada quando cultivada com deficit hídrico (PATANÈ; COSENTINO, 2010; PATANÈ; TRINGALI; SORTINO, 2011; NANGARE et al., 2016).

Os resultados encontrados de PA do tomateiro de crescimento determinado BRS Sena, são maiores do que os resultados considerados altos por Macêdo e Alvarenga (2005), que consideraram a PA de 11 kg m^{-3} alta para a cultura, quando irrigada adequadamente.

Resultados semelhantes aos encontrados foram obtidos por Favati et al. (2009) no Sul da Itália, Patanè, Triangali e Sortino (2011) na região da Sicília – Itália e Nangare et al. (2016) na Índia, quando verificaram que sob deficit hídrico a cultura do tomate é mais eficiente no uso da água. Fato que também foi evidenciado por Bacallao e Fundora (2014).

Resultados semelhantes também foram encontrados por Sá et al. (2005), em pesquisa com tomateiro híbrido Raísa N, de crescimento indeterminado, cultivados em casa de vegetação em Lavras - MG, irrigados por gotejamento, Santana et al. (2010) em Uberaba – MG, utilizando o híbrido Andrea em casa de vegetação e Campagnol et al. (2014) em Piracicaba – SP, utilizando o híbrido San Vito, quando concluíram que sob deficit hídrico a cultura do tomateiro apresenta maior produtividade da água.

Entretanto, o deficit hídrico nem sempre eleva a produtividade da água pelas plantas. Resultados distintos foram encontrados por Silva et al. (2013), avaliando a cultivar Caline IPA 6 em casa de vegetação, para as condições de Catolé do Rocha – PB, quando verificaram maior produtividade da água ($66,1 \text{ kg m}^{-3}$), com reposições da ETc de 101%. E por Soares et al. (2012a) em Pombal – PB, que verificaram maior eficiência no uso da água com reposição de 86% da ETc em tomateiro Super Marmande, em ambiente protegido.

4.6. Análises de Pós Colheita

Não ocorreu interação significativa dos níveis de reposição da irrigação (% ETc) x períodos de suspensão da irrigação para nenhum dos parâmetros avaliados em pós-colheita, em nenhum dos anos de pesquisa.

No primeiro experimento, os níveis de irrigação tiveram efeito significativo sobre massa média de frutos (MMF), rendimento de polpa (RP), acidez titulável (ACT), diâmetro transversal (DT) e longitudinal do fruto (DL) a 1% de probabilidade pelo teste F. As épocas de suspensão da irrigação antes da colheita influenciaram somente o RP a 1% e MMF a 5% de probabilidade (Tabelas 15C, Anexo C). No segundo experimento, os níveis de irrigação influenciaram o RP a 1% e ACT a 5% de probabilidade. Os períodos de suspensão da irrigação antes da colheita influenciaram apenas MMF, RP e o formato do fruto DL a 5% de probabilidade, respectivamente. Nos dois anos de pesquisa, o teor de SST, pH e FZ não foram influenciados significativamente pelos níveis e épocas de suspensão da irrigação (Tabelas 15C Anexo C). Possivelmente, estes parâmetros possam ter sido influenciados pelas chuvas ocorridas de 55,4 e 14,6 mm no final do ciclo da cultura, em 2015 e 2016, respectivamente, o que pode ter igualado a umidade na superfície do solo, anulando os possíveis efeitos dos tratamentos sobre estas variáveis.

4.6.1. Massa média e formato de frutos

No primeiro ano de pesquisa, a massa média de frutos (MMF) aumentou linearmente à medida que elevou os níveis de reposição da irrigação (Figura 51A). Enquanto na segunda pesquisa, não ocorreu efeito dos tratamentos sobre este parâmetro. Entretanto, os períodos de suspensão da irrigação influenciaram significativamente a MMF em ambas as pesquisas. Ocorreu efeito linear decrescente para MMF à medida que aumentou o período sem irrigação antes da colheita (Figura 51B).

Figura 51. Massa média dos frutos (MMF) em função dos níveis de irrigação em 2015 (A) e MMF em função do período de suspensão da irrigação em 2015 e 2016 (B), de plantas de tomateiros colhidos aos 125 DAT, em Morrinhos – GO

No primeiro ano da pesquisa, o formato do fruto diâmetro transversal (DT) e longitudinal (DL) apresentaram efeito linear crescente em relação à elevação dos níveis de irrigação (% ETC) (Figura 52A). Entretanto, no segundo experimento, os níveis de irrigação não influenciaram significativamente estes parâmetros. Porém, no primeiro ano não ocorreram efeitos significativos dos períodos de suspensão da irrigação antes da colheita sobre o DT e DL dos frutos, enquanto no segundo ano, o DL máximo foi estimado em 65,66 mm quando a irrigação foi suspensa aos 18 dias antes da colheita (Figura 52B).

Analisando os resultados do tamanho e formato dos frutos, fica evidente que em 2015 a produtividade da cultura foi influenciada pelo número de frutos e principalmente pelo tamanho dos frutos. Enquanto em 2016, a produtividade foi influenciada unicamente pelo número de frutos, já que não ocorreu influência dos níveis de irrigação sobre os tamanhos dos frutos neste período, além de ser constatado menor número de frutos por cacho floral e maior taxa de abortamento de flores, no segundo ano em relação ao primeiro. Isto também evidencia os efeitos das viroses sobre a cultura na segunda pesquisa, que provocaram perdas na produção do tomateiro devido à redução do número e tamanho de frutos, conforme relatado por Inoue-Nagata (2005).

Figura 52. Formato dos frutos, diâmetro transversal (DT) e longitudinal (DL) em função dos níveis de irrigação em 2015 (A) e DL em função do período de suspensão da irrigação em 2016 (B), em plantas de tomateiros colhidos aos 125 DAT, em Morrinhos – GO

Os resultados encontrados em 2015 são semelhantes e os de 2016 diferentes dos de Koetz et al. (2010) em área de cerrado de Jataí - GO quando, utilizando o híbrido (Heinz 9498) para processamento industrial, verificaram efeito linear crescente para o diâmetro de frutos e massa de frutos, à medida que elevaram a reposição de água no solo. Os resultados do primeiro experimento, também são parecidos com os de Soares et al. (2011); Soares et al. (2013); Silva et al. (2013), que verificaram aumento do diâmetro longitudinal e transversal do frutos de toamteiro em função dos níveis de reposição da ETc de 20 a 166%. Os resultados também corroboram os encontrados por Cahn et al. (2002) na Califórnia – EUA, Marouelli e Silva (2007) em Brasília – DF, Birhanu e Tilahun (2010) na Etiópia – África, Nangare et al. (2016) na Índia, que observaram aumento do tamanho dos frutos à medida que aumentaram a reposição da irrigação.

Os resultados encontrados foram superiores aos verificados por Silva, J. et al. (2014), que estimaram os maiores diâmetros transversal e longitudinal de (38,12 mm e 57,66 mm) no tomateiro industrial “Caline IPA 6”, com a reposição da ETo de 131,00 e 122,47%, respectivamente.

Patanè e Cosentino (2010), em condições de campo em dois locais na Sicília – Itália, observaram que sob deficit hídrico ocorreu diminuição do tamanho dos frutos, embora tenha aumentado sua firmeza. Verificaram que os tratamentos de reposição de 100% da ETc durante todo o cultivo e de 100% até a floração e 50% da floração até a colheita, proporcionaram os maiores tamanhos médios de frutos (67 g). Todavia, Soares et al. (2013) verificaram efeito linear crescente de massa média de frutos à medida que elevaram os níveis de reposição da irrigação (60% a 120% da ETc).

Entretanto, Savic et al. (2011) na Servia, não observaram diferenças significativas de diâmetros de frutos de tomateiro quando submetidos ao deficit hídrico e irrigação plena em ambiente protegido. Campagnol et al. (2014), não verificaram influências significativas do volume de água aplicada via irrigação (60% a 140% da ETc) sobre massa média de frutos de tomateiro. Resultados parecidos aos de Silva et al. (2014a), que também não verificaram influência de níveis de reposição

da ETc no diâmetro e comprimento de frutos de tomateiros Heinz 9992 e BRS Sena em condições de campo em Morrinhos – GO.

4.6.2. Rendimento de Polpa

O rendimento de polpa concentrada está diretamente relacionado com o teor de sólidos solúveis totais e a produtividade da cultura. Tanto o déficit como o excesso hídrico prejudicou o RP de frutos de tomateiro BRS Sena. O maior rendimento de polpa foi estimado em 17,35 e 10,81 t ha⁻¹, com uma reposição hídrica de 117,21 e 136,36% da ETc, em 2015 e 2016, respectivamente (Figura 53A). Tanto quanto maior é o período de suspensão da irrigação em antecedência à colheita, menor é o RP dos frutos de tomateiro em ambos os experimentos (Figura 53B).

Figura 53. Rendimento de polpa (RP) de frutos de tomateiro aos 125 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc) (A) e suspensão da irrigação antes da colheita em 2015 e 2016 (B), em Morrinhos – GO

Os resultados encontrados corroboram aos de Marouelli e Silva (2007) em Brasília – DF, Birhanu e Tilahun (2010) na Etiópia, Patanè; Trigali e Sortino (2011) na Itália, Moreira et al. (2012) em Ipameri – GO, Monte et al. (2013) no Rio de Janeiro, Silva, J. et al. (2014) na Paraíba e Morales et al (2015) em Lavras - MG, quando verificaram menor rendimento da cultura do tomateiro submetido a déficit hídrico.

4.6.3. Acidez titulável

Os maiores valores de ACT em 2015 foram verificados nos menores e maiores níveis de reposição de água no solo. Os níveis intermediários de irrigação (109,50% da ETc) proporcionaram

os menores valores de ACT (4,33 %). Já no segundo experimento, a ACT respondeu de forma linear crescente aos níveis de irrigação (Figura 54). Entretanto, a suspensão da irrigação antes da colheita não influenciou de forma significativa a ACT, em nenhuma das pesquisas.

Figura 54. Acidez titulável de frutos de tomateiro aos 125 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc) em 2015 e 2016, em Morrinhos – GO

Os resultados encontrados divergem dos de Patanè e Cosentino (2010); Patanè, Triangali e Sortino (2011) que verificaram que a acidez titulável não foi influenciada pelos regimes de irrigação, embora as maiores quantidades de ácido cítrico tenham sido encontradas em frutos submetidos ao déficit hídrico. Os resultados também são diferentes aos encontrados por Macêdo e Alvarenga (2005), que verificaram que a presença de ácido cítrico nos frutos foi menos acentuada quando aumentaram as lâminas de água para as plantas de tomateiro cultivadas em casa de vegetação em Lavras – MG.

Resultados discordantes também foram constatados por Campagnol et al. (2014) em Piracicaba – SP, quando não encontraram diferenças significativas da acidez titulável em função de níveis de reposição da ETc (60% a 140%) em tomateiro de crescimento indeterminado.

4.7. Coeficientes de cultivo do tomateiro BRS Sena (Kc)

Nos dois anos de pesquisa, os valores de Kc variaram proporcionalmente aos valores da ETc e ETo. A evapotranspiração das plantas de tomateiro aumentou ao longo do ciclo da cultura, até aproximadamente os 85 DAT, quando a partir de então começaram a diminuir até o momento da colheita. Na fase inicial da cultura (até os 25 DAT) a cultura consumiu menos água que a ETo, entretanto, dos 25 aos 100 DAT, a cultura consumiu mais água que a cultura de referência, quando a partir de então até a colheita, voltou a consumir menos água que a ETo, nos dois anos de pesquisa (Figuras 55 e 56).

Figura 55. Relação entre evapotranspiração da cultura (ETc), evapotranspiração de referência (ETo) e coeficiente de cultivo (Kc) ao longo do desenvolvimento das plantas de tomateiro (0 a 125 DAT em 2015), em Morrinhos – GO

Figura 56. Relação entre evapotranspiração da cultura (ETc), evapotranspiração de referência (ETo) e coeficiente de cultivo (Kc) ao longo do desenvolvimento das plantas de tomateiro (0 a 125 DAT em 2016), em Morrinhos – GO

Os valores de K_c foram calculados pela razão entre os valores de ET_c e ET_o . Em 2015, os valores de K_c do tomateiro foram estimados em aproximadamente 0,65; 1,00; 1,23; 1,27 e 0,83, para os períodos de 0 - 10 DAT (inicial), 11 - 40 DAT (vegetativo), 41 - 70 DAT (florescimento), 71 - 97 DAT (frutificação) e 98 - 125 DAT (maturação), respectivamente (Figuras 57A, B, C, D e E).

Em 2016, os valores de K_c foram estimados em aproximadamente 0,60; 0,88; 1,00; 1,07 e 0,71, para os períodos de 0 - 10 DAT (inicial), 11 - 40 DAT (vegetativo), 41 - 70 DAT (florescimento), 71 - 97 DAT (frutificação) e 98 - 125 DAT (maturação), respectivamente (Figuras 58A, B, C, D e E).

Figura 57. Coeficiente de cultivo (K_c) em função das fases de desenvolvimento, inicial (A), vegetativo (B), florescimento (C), frutificação (D) e maturação (E) do tomateiro BRS Sena em 2015, em Morrinhos – GO

Figura 58. Coeficiente de cultivo (Kc) em função das fases de desenvolvimento, inicial (A), vegetativo (B), florescimento (C), frutificação (D) e maturação (E) do tomateiro BRS Sena em 2016, em Morrinhos - GO

Os valores de K_c variaram de um ano para outro, em função da variação climática e principalmente devido ao desenvolvimento das plantas, que na segunda pesquisa foi inferior à primeira. Fato este corroborado pelas informações de Allen et al. (1998), que afirmam que o K_c varia principalmente em função das características do cultivo, variação do solo e uma pequena variação em função do clima.

De forma geral, os valores de K_c foram superiores aos recomendados por Doorenbos e Pruitt (1977); Marouelli, Silva e Oliveira (1991); Marouelli e Silva (2002b); Santana et al. (2011); Marouelli, Silva e Silva (2012) para a cultura do tomateiro.

Os maiores valores de K_c encontrados, principalmente no primeiro experimento, podem estar relacionados às características da cultivar (BRS Sena), como a grande área foliar e índice de área foliar das plantas, em comparação às principais cultivares de tomateiro industrial cultivadas na região e as boas produtividades atingidas pela cultura no experimento.

5. CONCLUSÕES

Em função dos tratamentos aplicados e das condições edafoclimáticas em que ambos os experimentos foram conduzidos, pode-se concluir que:

1. Os deficit e os excessos hídricos prejudicaram o desenvolvimento vegetativo das plantas de tomateiro. Níveis de irrigação de 90 e 112% da ETc são os mais recomendados para obter maior desenvolvimento das plantas;
2. Os níveis de irrigação que proporcionaram os maiores valores de desenvolvimento vegetativo não resultaram nas maiores produtividades da cultura;
3. O deficit ou o excesso de irrigação diminuiu a produtividade, o número de flores, frutos e aumentaram a taxa de abortamento de flores do cacho floral das plantas de tomateiro;
4. Os maiores tamanhos de frutos foram óbitos com os maiores níveis de irrigação e com os menores períodos de corte da irrigação antes da colheita.
5. As plantas cultivadas sob deficit hídrico apresentaram maiores CWSI. Os menores valores de CWSI foram estimados com reposições da irrigação que variaram de 115% a 139% da ETc.
6. As maiores produtividades totais de frutos foram obtidas com reposições hídricas que variaram de 125,47 (615,09mm) e 132,11% (564,00 mm) da ETc, que resultaram produtividade total de frutos de 105,86 e 58,60 t ha⁻¹, no primeiro e segundo ano de experimento, respectivamente.
7. A irrigação deficitária permite economizar água, mas reduz significativamente a produtividade, e pode ser interessante onde tanto o custo como a disponibilidade de água para irrigação sejam limitantes.
8. As plantas cultivadas sob deficit e excesso hídrico, aumentaram a incidência de frutos podres e diminuem a de frutos maduros. Irrigações que variaram de 115 a 125 % da ETc, aumentaram a taxa de maturação dos frutos, diminuiu a incidência de frutos verdes e podres.
9. A suspensão da irrigação em antecedência à colheita diminuiu a produtividade da cultura, o rendimento de polpa, o tamanho dos frutos, aumentou a incidência de frutos podres, embora tenha diminuído a incidência de frutos verdes;
10. A maior produtividade da água pela cultura ocorreu sob o deficit hídrico, com reposição de 50% da irrigação necessária;
11. Os níveis e suspensão da irrigação antes da colheita não influenciaram os valores de SST, pH e firmeza. Porém, a acidez titulável apresentou tendência de maiores valores à medida que aumentou o nível de irrigação na cultura;
12. O coeficiente de cultivo do tomateiro variou de um ano para o outro. Em 2015 foram estimados em aproximadamente 0,65; 1,01; 1,23; 1,25 e 0,80. Enquanto em 2016 os valores de kc foram influenciados pelo menor desenvolvimento e produtividade das plantas, que foram afetadas com viroses influenciando e comprometendo os valores do kc.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANGELOCCI, L.R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: Ed. do Autor, 2002. 272 p.
- AYARS, J.E. SCHONEMAN, R.A.; DALE, F.; MESO, B.; SHOUSE, P. Managing subsurface drip irrigation in the presence of shallow ground water. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 47, p.243-264, 2001.
- AYARS, J.E.; FULTON, A.; TAYLOR, B. Subsurface drip irrigation in California. Here to stay? **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 157, p.39-47, 2015.
- BACALLAO, M.F.; FUNDORA, L.B. Tolerância a estrés por déficit hídrico em tomate (*Solanum lycopersium* L.). **Cultivos Tropicales**, Cuba, v. 35, n. 3, p. 70-88, 2014.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237 p.
- BARROS, A.C.; FOLEGATTI, M.V.; SOUZA, C.F.; SANTORO, B.L. Distribuição de água no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p.700-707, 2009.
- BECKLES, D.M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 63, n. 1, p. 129-140, 2012.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8. ed., Viçosa: UFV, 2006, 625 p.
- BIRHANU, K.; TILAHUN, K. Fruit yield and quality of drip-irrigated tomato under deficit irrigation. **Ajfang online**, Lesotho, v.10, n. 2, p. 2139-2151, 2010.
- BRITO, M.E.B.; SOARES, L.A. dos A.; LIMA, G.S. de; SÁ, F.V. da S.; ARAÚJO, T.T. de; SILVA, E.C. B. da. Crescimento e formação de fitomassa do tomateiro sob estresse hídrico nas fases fenológicas. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 139-153, 2015.

- CAHN, M; HANSON, B; HARTZ, T; HERRERO, E. Optimizing fruit quality and yield grown under drip irrigation. **The California Tomato Grower**, Sacramento, v. 45, p.7- 9, 2002.
- CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.1, p.14- 18, 1995.
- ÇOLAK, Y.B.; YAZAR, A.; ÇOLAK, I; AKÇA, H.; DURAKTEKIN, G. Evaluation of crop water stress index (CWSI) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 4, p.372-382, 2015.
- CAMP, C.R. Subsurface drip irrigation: a review. **Transaction of the ASAE**, St Joseph, v. 41, n. 5, p.1353-1367, 1998.
- CAMPAGNOL, R.; ABRAHÃO, C.; MELLO, S. da C.; OVIEDO, V.R.S.C.; MINAMI, K. Impactos do nível de irrigação e da cobertura do solo na cultura do tomateiro. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 3, p. 345-357, 2014.
- CASAÑO, C. **Informacion geral: riego por goteo subterráneo en olivar**. Valencia: Mondragon, 1998. 7 p.
- CASAROLI, D.; JONG VAN LIER, Q. de. Critérios para a determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 59-66, 2008.
- COELHO, E.F.; COELHO FILHO, M.A.; OLIVEIRA, S.L. de. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Cruz das Almas. v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005.
- COELHO, E.F.; OR, D.; SOUSA, V.F. Avaliação de parâmetros hidráulicos para modelos de distribuição de água no solo sob gotejamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 651-657, 1999.
- COLLA, G.; CASA, R.; LO CASCIO, B.; SACCARDO, F.; TEMPERINI, O.; LEONI, C. Responses of processing tomato to water regime and fertilization in central Italy. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 487. p. 531-555. 1999.
- DARLI, A.B.; CRUZ, R.L.; FARIA, R.T. de; MAZZONETTO, F.; CORBANI, R.Z. Uso da trifluralina no controle de introdução radicular em gotejadores enterrados sob cultura da cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 1, p.82-91, 2015.
- DASBERG, S.; BRESLER, E. **Drip irrigation manual**. Israel: International Irrigation Information Center (IIIC), 1985. 95p. (IIIC Publication n 9).

- DEL AMOR, M.A.; DEL AMOR, F.F. Response of tomato plantas to deficit irrigation under surface or subsurface drip irrigation. **Journal of Applied Horticulture**, Lucknow, v. 9, n. 2, p. 97-100, 2007.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).
- DOURADO NETO, D.; JONG VAN LIER, Q. de; METSELAAR, K.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D.R. General procedure to initialize the cyclic soil water balance by the Thornthwaite and Mather method. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 87-95, 2010.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 3 ed. revisada e ampliada, Brasília: EMBRAPA Solos, 2013, 353 p.
- ERDEM, Y.; ERDEM, T.; ORTA, A.H.; OKURSOY, H. Irrigation scheduling for watermelon on with crop water stress index (CWSI). **Journal of Central European Agriculture**, Zagreb, v. 6, p. 449-460, 2005.
- FAO – Food and Agriculture Organization. **The resource outlook to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?** In: EXPERT MEETING ON HOW TO FEED THE WORLD IN 2050. Roma, 24-26, June 2009. 33 p.
- FAVATI, F.; LOVELLI, S.; GALGANO, F.; MICCOLIS, V.; TOMMASO, T. di; CANDIDO, V. Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 122, n. 4, p. 562-571, 2009.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.
- FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R.; DANTAS, J.P. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 305, p. 83-92, 2006.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 3 ed., 2008. 421p.
- FRIZZONE, J.A.; FREITAS, P.S.L. de; REZENDE, R.; FARIA, M.A. de. **Microirrigação gotejamento e microaspersão**. Maringá: EDUEM, 2012. 356 p.

- GHAEMI, A.; MOAZED, H.; RAFIEE, M.R.; NASAB, S.B. Determining CWSI to estimate eggplant evapotranspiration and yield under greenhouse and outdoor conditions. **Iran Agricultural Research**, Shiraz University Press, v. 34, p. 49-60, 2015.
- GERVÁSIO, E.S.; MELO JÚNIOR, J.C.F. Utilização da técnica de lisimetria de pesagem na automação de um sistema de irrigação localizada para uso no manejo da irrigação de cultivos em recipientes. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 4, p. 626-640, 2014.
- GIORDANO, L.B.; SILVA, J.B.C.; BARBOSA, V. Colheita. In: SILVA, J.B.C. da; GIORDANO, L. de B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia: EMBRAPA-CNPq, 2000. p. 128-135.
- GRIMMOND, C.S.B.; ISARD, S.A.; BELDING, M.J. Development and evaluation of continuously weighing mini-lysimeters. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 65, n. 4, p. 205-218, 1992.
- HANSON, B.R.; MAY E.D.; SIMUNEK, J.; HOPMANS, J.W.; HUTMACHER, R.B. Drip irrigation provides the salinity control needed for profitable irrigation of tomatoes in the San Joaquin Valley. **California Agriculture**, Berkeley, v. 63, n. 3, p. 131-136, 2009.
- HAREL, D.; SOFER, M.; BRONDER, M.; ZOHAR, D.; GANTZ, S. Growth-stage-specific Kc of greenhouse tomato plants grown in semi-arid mediterranean region. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 6, n. 11, p. 132-142, 2014.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Comparação entre municípios**. 2013 Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/compparamun/compara.php>>. Acesso em: 09 de agosto de 2015.
- IBGE – Instituto de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. IBGE, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 1-83. 2015.
- IDSO, S.B.; JACKSON, R.D.; PINTER JR.P.J.; REGINATO, R.J.; HATFIELD, J.L. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 24, p.45 – 55, 1981.
- INOUE-NAGATA, A.K. Doenças Viróticas. In: Lopes, C.A.; de Ávila, A.C. (Orgs). **Doenças do tomateiro**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005, p.77-94.

- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos** - 4ª Ed. 1ª Ed. Digital. São Paulo, 2008. 1002 p.
- JACKSON, R.D.; IDOSO, S.B.; REGINATO, R.T.; PINTER JUNIOR, P.J. Canopy temperature as a crop water stress indicator. **Water resources research**, Washington, v. 17, n. 4, p. 1133-1138, 1981.
- JACKSON, R.D.; KUSTAS, W.P.; CHOUDHURY, B.J. A reexamination of the crop water stress index. **Irrigation Science**, New York, v. 9, n. 4, p.309-317, 1988.
- KELLER, J.; BLIESNER, I.D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.
- KOETZ, M.; CHURATA MASCA, M.G.C.; CARNEIRO, L.C.; RAGAGNIN, V.A.; SENA JUNIOR, D.G. de; GOMES FILHO, R.R. Caracterização agrônômica e ⁰Brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p.14-22, 2010.
- KOETZ, M.; CHURATA MASCA, M.G.C.; CARNEIRO, L.C.; RAGAGNIN, V.A.; SENA JUNIOR, D.G. de; GOMES FILHO, R.R. Produção de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p.9-15, 2008.
- KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México: 1948. 479 p.
- KUNZ, J.; AVILA, V.S. de; PETRY, M. Distribuição temporal e espacial da umidade do solo em sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, Santa Maria, v. 13, n. 5, p.3963-3976, 2014.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005, 335 p.
- LIMA, T.P. de. **Diferentes lâminas de irrigação e adubação na cultura do tomate de mesa em Goiás**. 2014. 60 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2014.
- LOPES, B.P. **Manejo da irrigação durante o estágio de maturação dos frutos do tomateiro para processamento industrial**. 2010. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

- LÓPEZ, R.L.; RAMIREZ, R.A.; PEÑA, M.A.V.; CRUZ, I.L. COHEN, I.S; GARCIA, A. R. Índice de estrés hídrico del cultivo de tomate de cascara. **Revista Chapingo** Serie Horticultura, Chapingo, v. 15, n. 3, p. 259-267, 2009a.
- LÓPEZ, R.L.; RAMIREZ, R.A.; PEÑA, M.A.V.; CRUZ, I.L. COHEN, I.S. Índice de estrés hídrico como um indicador del momento de riego em cultivos agrícolas. **Agricultura Técnica em México**, México, v. 35, n. 1, p. 97-111, 2009b.
- MACÊDO, L. de S.; ALVARENGA, M.A.R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 296-304, 2005.
- MACHADO, R.M.A.; OLIVEIRA, M. do R.G. Tomato root distribution, yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths. **Irrigation Science**, New York, v. 24, n. 1, p. 15-24, 2005.
- MACHADO, R.M.A.; ROSÁRIO, M. do; OLIVEIRA, G.; PORTAS, C.A.M. Tomato root distribution, yield and fruit quality under subsurface drip irrigation. **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 101, n. 255, p. 333-341, 2003.
- MANTOVANI, E.C. **Avalia: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.
- MARIN, F.R, ANGELOCCI, L.R. Evapotranspiration and irrigation requirements of a citrus orchard in Southern Brasil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, p. 1091–1096, 2011.
- MARIN, F.R, ANGELOCCI, L.R.; RIGHI, E.Z.; SENTELHAS, P.C. Evapotranspiration and irrigation requirements of a coffee plantation in southern Brasil. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 41, p.187-197, 2005.
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R. da; SILVA, W.L. de C. e. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, EMBRAPA, Brasília, 2012. 22 p. (Circular Técnica 102)
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R.; OLIVEIRA, C.A.S. Produção de tomate industrial sob diferentes regimes de umidade no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 9, p. 1531-537, 1991.

- MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Frequência de irrigação por gotejamento durante o estágio vegetativo do tomateiro para processamento industrial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7. p.661-666, 2005.
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Profundidade de instalação da linha de gotejadores em tomateiro para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 206-210, 2002a.
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, EMBRAPA, Brasília, dezembro. 2011. 24 p. (Circular Técnica 98, 2 edição).
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Tomateiro para processamento industrial: irrigação fertirrigação por gotejamento**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, EMBRAPA, Brasília, dezembro. 2002b. 32 p. (Circular Técnica 30).
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Water tension thresholds for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. **Irrigation Science**, New York, v. 25, p.411-418, 2007.
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPQ, 1996. 72 p.
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R.; VILELA, N.J. Eficiência econômica do manejo racional da irrigação em tomateiro para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 238-243, 2000.
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Tensões – limite de água no solo para o cultivo do tomateiro para processamento irrigado por gotejamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008, 17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 37).
- MARQUES, P.A.A.; FRIZZONE, J.A. TEIXEIRA, M.B. O estado da arte da irrigação por gotejamento subsuperficial. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 2, n. 1, p. 17-31, 2006.
- MARTÍNEZ, J.; RECA, J. Water use efficiency of surface drip irrigation versus an alternative drip irrigation versus an alternative subsurface drip irrigation method. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, ASCE Library, v. 140, p.04014030-1-04014030-9, 2014.
- MAY, D.M. **Water management differences between drip- and furrow-irrigated processing tomatoes to maximize yield and fruit quality in California**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE PROCESSING TOMATO, 1., 1996, Recife. Proceedings... Alexandria: ASHS/IPA, p.54-58, 1997.

- MELO, P.C.T.; VILELA, N.J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p.154-157, 2005.
- MELO, P.C.T.; VILELA, N.J. Desempenho da cadeia agroindustrial brasileira do tomate na década de 90. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 154-160, 2004.
- MERON, M.; SPRINTSIN, M.; TSIPRIS, J.; ALCHANATIS, V.; COHEN, Y. Foliage temperature extraction from thermal imagery for crop water stress determination. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 15, n. 5, p.467-477, 2013.
- MISRA, R.K.; PADHI, J.; PAYERO, J.O. A calibration procedure for load cells to improve accuracy of mini-lysimeters in monitoring evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 406, n. 1-2, p.113-118, 2011.
- MONTE, J.A.; PACHECO, A. de S.; CARVALHO D.F. de; PIMENTEL C. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p.09-15, 2009.
- MONTE, J.A.; PACHECO, A. de S.; MEDICI, L.O.; CARVALHO D.F. de; PIMENTEL C. Growth analysis and yield of tomato crop under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Campina Grande, v. 17, n. 9, p. 926-931, 2013.
- 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**, Curitiba, v. 16, n. 1, p.09-17, 2015.
- MOREIRA, J.A.A.; CARDOSO, A.F.; COSTA, L.L.; RODRIGUES, M.S.; PEIXOTO, N.; BRAZ, L.T. Manejo da irrigação para otimização da produtividade qualidade de frutos de tomateiro em sistema de plantio direto. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 4, p.408-417, 2012.
- MORETTI, C.L.; SARGENT, S.A.; HUBER, D.J.; CALBO, A.G.; PUSCHMANN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 4, p.656-660, 1998.
- MURAYAMA, S. **Horticultura**. 2 ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 1983. 329p.
- NANGARE, D.D.; SINGH, Y.; KUMARY, P.S.; MINHAS, P.S. Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 171, p.73-79, 2016.

- PATANÈ, C.; COSENTINO, S.L. Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, p.131-138, 2010.
- PATANÈ, C.; TRINGALI, S. SORTINO, O. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 129, n. 4, p.590-596, 2011.
- PAYERO, J.O.; TARKALSON, D.D.; IRMAK, S.; DAVISON, D.; PETERSEN, J.L. Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. p.199, 2008.
- PEREIRA, A.R.; SEDIYAMA, G.C.; VILLA NOVA, N.A. **Evapotranspiração**. Campinas: Fundag, 2013, 323 p.
- PHENE, C.J.; HUTMACHER, R.B.; DAVIS, K.R. Two hundred tons per hectare of processing tomatoes – Can we reach it?. **Hort Technology**, Alexandria, v. 2, n. 1, p. 16-22, 1992.
- PIMENTEL, A.A.M.P. **Olericultura no trópico úmido: hortaliças na Amazônia**. Editora Ceres LTDA, São Paulo, 1985. 322 p.
- PIRES, R.C.M.; FURLANI, P.R.; SAKAI, E.; LOURENÇÃO, A.L.; SILVA, E.A. Desenvolvimento e produtividade do tomateiro sob diferentes frequências de irrigação em estufa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p.228-234, 2009.
- PORTO, J.S.; AMORIM, Y.F.; REBOUÇAS, T.N.H.; LEMOS, O.L.; LUZ, J.M.Q.; COSTA, R.Q. Índice SPAD e crescimento do tomateiro em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 10, n. 11, p.1-8, 2014.
- PRIETO M.H. **Deficit irrigation treatments in processing tomato under surface irrigation**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE PROCESSING TOMATO, 1. Proceedings... Alexandria: ASHS/IPA, 1997, p. 48-53.
- QUEZADO-DUVAL, A.M. FURUMOTO, O.; VILLAS BÔAS, H.D. da C. **BRS Sena: do desenvolvimento à inserção na cadeia produtiva**. Brasília – DF, EMBRAPA Hortaliças, 2014. 36 p. (Documentos / EMBRAPA Hortaliças. ISSN 1415-22312; 143).

- RAMÍREZ, A.J.F.; COELHO, R.D.; PIZANI, M.A.M; SILVA, C.J. da. Determinação do índice de estresse hídrico em tomateiros cereja (*Lycopersicum Solanum* var. cerasiforme.) com câmara infravermelha. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 4, p. 218-224, 2015.
- REGINATO, R.J.; HOWE, J. Irrigation scheduling using crop indicators. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 111, n. 2, p.125-133, 1985.
- REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M. C. Limites críticos de densidade do solo para crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argilossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1805-1816, 2008.
- REIS, L.S.; AZEVEDO, C.A.V. de; ALBUQUERQUE, A.W.; JUNIOR, J.F.S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 386-391, 2013.
- REIS, L.S.; SOUZA, J.L. de; AZEVEDO, C.A.V. de Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v. 13, n. 3, p.289-296, 2009.
- RICHARDS, L.A.; FIREMAN, M. Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. **Soil Science**, New Brunswick, v. 56, n. 6 p.395-404, 1943.
- RINALDI, M.M.; THEBALDI, M.S.; ROCHA, M.S. da; SANDRI, D.; FELISBERTO, A.B. Qualidade pós-colheita do tomate irrigado por diferentes sistemas de irrigação e qualidade de água. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p.59-72, 2013.
- SÁ, N.S.A.; PEREIRA, G.M.; ALVARENGA, M.A.R.; MATTIOLI, W.; CARVALHO, J.A. Comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p.341-347, 2005.
- SANTANA, M.J. de; PEREIRA, U. da C.; BEIRIGO, J.D.C.; SOUZA, S.S. de; CAMPOS, T.M.; VIEIRA, T.A. Coeficiente de cultura para o tomateiro irrigado. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 1, p.11-20, 2011.
- SANTANA, M.J. de; VIEIRA, T.A.; BARRETO, A.C.; CRUZ, O.C. da. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p.443-454, 2010.
- SAVIC, S.; STIKIC, R.; ZARIC, V.; VUCELIC-RADOVIC, B.; JOVANOVIC, Z.; MARJANOVIC, M.; DJORDJEVIC, S.; PETKOVIC, D. Deficit irrigation technique for reducing water use of tomato under polytunnel conditions. **Journal of Central European Agriculture**, Zagreb, v. 12, n. 4, p.590-600, 2011.

- SEZEN, S. M.; YAZAR, A.; DASGAN, Y.; YUCEL, S.; AKYILDIZ, A.; TEKIN, S.; AKHOUNDNEJAD, Y. Evaluation of crop water stress index (CWSI) for red pepper with drip and furrow irrigation under varying irrigation regimes. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 143, p.59-70, 2014.
- SILVA, C.A. da. **Desenvolvimento inicial de três espécies nativas do Cerrado em função de lâminas de irrigação e tamanhos de recipiente**. 2012. 175 p. Tese (Doutorado em Ciências: Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- SILVA, J.A. da; DUTRA, A.F.; CAVALCANTE, N.M. da S. MELO, A.S. de; SILVA, F.G. da; SILVA, J.M. da. Aspectos agrônômicos do tomateiro "Caline Ipa 6" cultivado sob regimes hídricos em área do semiárido. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 8, n. 3, p.336-344, 2014.
- SILVA, J.B.C. da; GIORDANO, L. de B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. da S.; FRANÇA, F.H.; VILLAS BÔAS, G.L.; BRANCO, M.C.; MEDEIROS, M.A. de; MAROUELLI, W. LOPES, C.A.; AVILA, A.C.; NASCIMENTO, W.M.; PEREIRA, W. **Cultivo de tomate para industrialização**. EMBRAPA Hortaliças. Sistema de Produção 1. Versão Eletrônica, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/referencias.htm>>. Acesso em: 29 de julho de 2015.
- SILVA, J.M.; FERREIRA, R.S.; MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; DUTRA, A.F.; GOMES J.P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p.40-46, 2013.
- SILVA, N.E.P. da; SILVA, C.J. da.; SILVA, A.F. da; SILVA FILHO, A.F. da S.; SILVEIRA, H. da S.; JESUS, R.M. Rendimento de cultivares de tomate para processamento industrial sob diferentes lâminas de irrigação. In: Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano, 3, 2014, Ceres. **Anais...** Ceres: CIEC, 2014a. p. 186-187.
- SILVA, N.E.P. da; SILVA, C.J. da.; SILVA, A.F. da; SILVA FILHO, A.F. da S.; SILVEIRA, H. da S.; JESUS, R.M. Deficiência de cálcio e formato dos frutos em função de diferentes lâminas de irrigação e cultivares de tomate industrial. In: Congresso nacional de irrigação e drenagem, 24, 2014, Brasília. **Anais...** Brasília: CONIRD, 2014b.
- SILVA, N.F. da; TEIXEIRA, M.B.; CUNHA, F.N.; SOARES, F.A.L.; OLIVEIRA, R.C. de. Desenvolvimento do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) em função da irrigação por gotejamento subsuperficial. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p.85-94, 2014.

- SILVA, W.L.C.; GIORDANO, L.B.; MAROUELLI, W.A.; FONTES, R.R.; GORNAT, B. Response of six processing tomatoes cultivars to subsurface drip fertigation. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 487, p.569-573, 1999.
- SOARES, L.A. dos A.; BRITO, M.E.B.; SILVA, E.C.B. da.; SÁ, F.V. da S.; ARAÚJO, T.T. de. Componentes de produção do tomateiro sob lâminas de irrigação nas fases fenológicas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 3, p.84-90, 2013.
- SOARES, L.A. dos A.; LIMA, G.S. de; BRITO, M.E.B.; SÁ, F.V. da S.; ARAÚJO, T.T. de. Crescimento do tomateiro e qualidade física dos frutos sob estresse hídrico em ambiente protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável** Grupo Verde de Agricultura Alternativa, Mossoró, v. 6, n. 3, p.2013-212, 2011.
- SOARES, L.A. dos A.; LIMA, G.S. de; BRITO, M.E.B.; SÁ, F.V. da S.; SILVA, E.C.B. da.; ARAÚJO, T.T. de. Cultivo do tomateiro na fase vegetativa sobre diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Agropecuária científica no semiárido**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p.38-45, 2012b.
- SOARES, L.A. dos A.; SOUSA, J.R.M. de; BRITO, M.E.B.; ANDRADE, E.M.G.; SÁ, F.V. da S.; SILVA, E.C.B. da. Respostas fisiológicas tomateiro na fase de floração sob estresse hídrico. **Agropecuária científica no semiárido**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p.51-55, 2012a.
- SOARES, L.A. dos A.; SOUSA, J.R.M. de; BRITO, M.E.B.; SÁ, F.V. da S.; SILVA, E.C.B. Qualidade de frutos de tomateiro em cultivo protegido sob diferentes lâminas de irrigação nas fases fenológicas. **Agropecuária científica no semiárido**, Campina Grande, v. 8, n. 4, p.113-117, 2012c.
- SUTTON, K.F.; LANINI, W.T.; MITCHELL, J.P.; MIYAO, E.M.; SHRESTHA, A. Weed control, yield, and quality of processing tomato production under different irrigation, tillage, and herbicide systems. **Weed Technology**, Champaign, v. 20, n. 4, p.831-838, 2006.
- TAGHVAEIAN, S.; CHÁVEZ, J.L.; HANSEN, N.C. Infrared thermometry to estimate crop water stress index and water use of irrigated maize in northeastern Colorado. **Remote Sensing**, Basel, v. 4, p.3619-3637, 2012.
- THEBALDI, M.S.; ROCHA, M.S. da; SANDRI, D.; FELISBERTO, A.B. Características produtivas de tomate irrigado por diferentes sistemas de irrigação e qualidade de água. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p.43-58, 2013.

- ÜNLÜ, M.; KANBER, R.; KAPUR, B.; TEKIN, S.; KOÇ, L. D. The crop water stress index (CWSI) for drip irrigated cotton in a semi-arid region of Turkey. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, p. 2258-2273, 2011.
- UNFPA. Fundo de População das Nações Unidas. **População Mundial**. Disponível em: <<http://www.unfpa.org.br/populationcounter.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2014.
- VALE, F.X.R. do; ZAMBOLIM, L. Influência da temperatura e umidade nas epidemias de doenças de plantas. **Revista Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 4, p.149-207, 1996.
- VAN GENUCHTEN, M.T. A colosed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, n. 1, p.892-898, 1980.
- VILELA, M. da S.; CABRAL FILHO, F.R.; TEIXEIRA, M.B. AMARAL, A.M.; VELLAME, L.M. SOARES, F.A.L. Acurácia de um mini-lisímetro de pesagem eletrônica de baixo custo. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, IRRIGA & INOVAGRI, p.158-167, 2015.
- WAUGH, W.J.; THIEDE, M.E.; CADWEL, L.L.; GEE, G.W.; FREEMAN, H.D.; RICHLAND, W.A.; SACKSCHEWSKY, M.R.; RELYEA, J.F.; RICHLAND, W.A. **Small lysimeters for documenting arid site water balance**. In: Proceedings of the ASCE International Symposium on Lysimetry. July 23-25, 1991.
- WRAITH, J.M.; OR, D. Nonlinear parameter estimation using spreadsheet software. **Journal of Natural Resources and Life Sciences Education**, Madison, v. 27, n. 4, p.13-19, 1998.

Apêndices

Normativa 002/2008 AGRODEFESA

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 002 /2008

O Presidente da Agência Goiana de Defesa Agropecuária – AGRODEFESA, no uso das atribuições legais que lhe confere a Lei Estadual nº. 14.645 de 30 de dezembro de 2003, que altera a Lei Estadual nº. 13.550, de 11 de novembro de 1999, e ainda,

Considerando o Decreto Federal nº. 24.114 de 12 de abril de 1934, o Decreto Federal nº. 5.741, de 30 de março de 2006, a Instrução Normativa Federal nº. 24, de 15 de abril de 2003, bem como o Decreto Estadual nº. 6.295, de 16 de novembro de 2005 que regulamenta a Lei Estadual nº. 14.245, de 29 de julho de 2002,

Considerando a importância socioeconômica da cadeia produtiva do tomate – *Solanum lycopersicum* L. no Estado de Goiás,

Considerando o que determina o § 1º, do artigo 6º, da Instrução Normativa nº 05, de 13 de outubro de 2007,

Considerando, ainda, os prejuízos potenciais causados pelas pragas do tomateiro, notadamente a mosca branca (*Bemisia tabaci*, biótipo B), o uso intensivo de agrotóxicos na cultura do tomate e os altos riscos de contaminação do meio ambiente, dos trabalhadores da cultura e dos consumidores do produto final,

RESOLVE:

Art. 1º. Que o plantio de tomate, tutorado ou rasteiro, no município de Morrinhos será permitido em duas microrregiões geográficas e respectivos períodos abaixo definidos.

§ 1º. A microrregião Sul compreende as propriedades ao sul do linha divisória que se inicia no ponto definido pela coordenada geográfica 49° 25' 55.32"W e 17° 44' 12.43"S, na divisa com o município de Aloândia, seguindo pela rodovia GO-213 até o ponto definido pela coordenada geográfica 49° 12' 36.00"W e 17° 48' 39.41"S, na intersecção da GO-213 com a rodovia BR-153, seguindo daí, pela BR-153 até o ponto definido pela coordenada geográfica 49° 09' 17.85"W e 17° 43' 36.61"S, na intersecção da BR-153 com a rodovia GO-213, seguindo pela rodovia GO-213 até o ponto definido pela coordenada 49° 01' 02.49W e 17° 42' 57.34"S, na intersecção da GO 213 com GO 443, seguindo pela rodovia GO-443 até o ponto de coordenada 48° 50' 31.79"W e 17° 50' 36.99"S, na divisa com o município de Marzagão;

§ 2º. A microrregião Norte compreende as propriedades ao norte da linha divisória descrita no parágrafo anterior.

§ 3º. No ano agrícola 2008, os plantios de tomate tutorado ou rasteiro, no município de Morrinhos deverão ser efetuados no período de 15 de fevereiro a 15 de abril na microrregião Sul e de 16 de abril a 15 de junho na microrregião Norte.

§ 4º. Nos anos agrícolas posteriores o período de plantio de tomate em Morrinhos deverá ser alternado em cada microrregião.

Art. 2. Esta Instrução Normativa entrará em vigor na data de sua publicação.

DÊ-SE CIÊNCIA, PUBLIQUE-SE E CUMPRA-SE.

GABINETE DO PRESIDENTE DA AGÊNCIA GOIANA DE DEFESA AGROPECUÁRIA, aos 31 dias do mês de *janeiro* de 2008.

Maurício Antônio do Vale Faria
Presidente

APÊNDICE A.
período permitido

Autorização para condução e manutenção da cultura do tomateiro fora do

AGRODEFESA

Agência Goiana de Defesa Agropecuária

CT. N° 16 /16 - GESAV

Goiânia, 06 de Abril de 2016.

ILMO SR°

Cícero José da Silva

Ref: Autorização para semeadura e manutenção da cultura de tomate fora do período permitido de 15 de fevereiro a 15 de abril estabelecido pela IN n° 002/2008.

Prezado Senhor,

Informamos que foi **Deferido o pedido de autorização para semeadura e manutenção da cultura de tomate fora do período permitido estabelecido pela IN 002 / 2008**, conforme **Parecer Técnico / Jurídico n° 023/2016**, expedido em 16/03/2016.

N° Processo	Interessado	Area (ha)	Município	Produtor	Propriedade
201600066002758	Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos (Pesquisador Cícero José da Silva)	0,20 hectares	Morrinhos	Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos (Pesquisador Cícero José da Silva)	Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos

Informamos que deverão ser cumpridas as medidas fitossanitárias obrigatórias estabelecidas pela IN 06/2011 e 002/2008 e legislações afetas ao uso e comercialização de produtos agrotóxicos.

Atenciosamente,

Heloisa Rocha

Fiscal Estadual Agropecuário
Coordenador do Programa de Tomate
Gerência de Sanidade Vegetal / Agrodefesa

Heloisa Rocha
Engenheira Agrônoma
CRIA - GO 8706/D
Fiscal Estadual Agropecuário

ANEXOS
ANEXO A.

Figura 1A. Localização do experimento, em Morrinhos – GO (Imagem extraída do Google Earth, 2016)

(A)

(B)

(C)

Figura 2A. Massa verde de capim *Brachiaria* na área antes do início da instalação do experimento (A); Área experimental após a primeira gradagem (B); Área experimental após o preparo do solo e já sulcada para instalação do sistema de irrigação (C), em Morrinhos - GO

(A)

(B)

(C)

Figura 3A. Vista do cavalete de irrigação nas proximidades da área (A); tubo Venturi, registros, filtro e manômetros na saída do cavalete (B); linha principal (tubos de 50 mm), secundária e derivação (tubos de 25 mm), colocadas em sulcos de 30 cm de profundidade (C), em Morrinhos - GO

(A) (B) (C)
Figura 4A. Detalhe da instalação de tubo vertical de 75 mm sobre o registro de esfera (A e B) e vista parcial do experimento com acesso aos registros, para possibilitar abertura e fechamento dos mesmos, e controle do tempo de irrigação nas parcelas e subparcelas (C), em Morrinhos - GO

(A)

(B)

Figura 5A. Vista parcial de tensiômetros de punção, instalados nos tratamentos de 100% da ETc e com 0 dia de suspensão da irrigação (A); leitura em tensímetro digital em tensiômetro instalado a 10 cm de profundidade (B), em Morrinhos – GO

(A)

(B)

(C)

(D)

(E)

(F)

Figura 6A. Detalhes dos recipientes (lisímetros) para cultivo das plantas utilizadas na medição da ETc: furos na base do recipiente (A); orifício lateral a 20 cm de altura para instalação do tubo gotejador (B); tubo gotejador instalado dentro do recipiente (C); vista geral dos cinco recipientes com tubo gotejador instalado (D); união de rosca para tubo de polietileno de baixa densidade para acoplar e desacoplar o vaso com a planta ao sistema de irrigação (E); pesagem dos recipientes durante preenchimento com solo (F), em Morrinhos - GO

ANEXO B.

Tabela 1B. Descrição geral do experimento, em Morrinhos - GO

Tratamento					Quantidade				
% ETc	Suspensão da Irrigação antes da colheita	Tratamentos	Repetições	Parcelas	Subparcelas	Mudas por Subparcela	Mudas por parcela	Mudas Total	
50	0 dia								
75	7 dias								
100	14 dias	25	4	25	100	54	270	5400	
125	21 dias								
150	28 dias								

Tabela 2B. Aplicações preventivas para controle de pragas e doenças no tomateiro durante a execução do experimento, em Morrinhos – GO, 2015**(Continua)**

Data da Aplicação	Grupo Químico/Princípio Ativo (nome comercial)	Modo de Ação	Dosagem	Controle
01/06/2015	Dicarboximida/Procimidona (Sumilex 500 WP)	Fungicida Sistêmico	40 g em 8 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Podridão (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)
	Mancozebe e Ditiocarbamato/ Metalaxil-m e Mancozebe (Ridomil gold mz)	Fungicida Sistêmico e Contato	50 g em 8 L de água	Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
	Neonicotinóide/Tiametoxam (Actara 250 WG)	Inseticida sistêmico	150 g em 8 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão-verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
15/06/2015	Neonicotinóide/Clotianidina (Focus WP)	Inseticida Sistêmico	20 g em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B)
22/06/2015	Neonicotinóide/ Tiametoxam (Actara 250 WG)	Inseticida Sistêmico	20 g em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão-verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
29/06/2015	Neonicotinóide/ Tiametoxam (Actara 250 WG)	Inseticida Sistêmico	40 g em 100 L de água (pulverização); 800 g ha ⁻¹ (quimigação)	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão-verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
06/07/2015	Neonicotinóide/ Tiametoxam (Actara 250 WG)	Inseticida Sistêmico	40 g em 100 L de água (pulverização); 800 g ha ⁻¹ (quimigação)	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão-verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
	Inorgânico – Oxicleto de cobre (Reconil)	Fungicida de contato	400 g em 100 L de água	Antracnose (<i>Colletotrichum gloesporioides</i>); Cancro bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>Michiganensis</i>); Mancha-bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>); Mancha- de Stemphylium (<i>Stemphylium solani</i>); Mancha de alternaria (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>); Podridão mole (<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Carotovora</i>)
13/07/2015	Éter piridiloxipropílico/ Piriproxim e Xileno (Tiger 100 EC)	Inseticida de contato e translaminar	100 ml por 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B)
	Neonicotinóide e Piretróide/ Tiametoxam e Lambda-cialotrina (Eforia)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	75 ml por 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
	Inorgânico – Oxicleto de cobre (Reconil)	Fungicida de contato	400 g em 100 L de água	Antracnose (<i>Colletotrichum gloesporioides</i>); Cancro bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>Michiganensis</i>); Mancha-bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>); Mancha- de Stemphylium (<i>Stemphylium solani</i>); Mancha de alternaria (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>);

Tabela 2B. Aplicações preventivas para controle de pragas e doenças no tomateiro durante a execução do experimento, em Morrinhos – GO, 2015**(Continuação)**

Data da Aplicação	Grupo Químico/Princípio Ativo	Modo de Ação	Dosagem	Controle
20/07/2015	Neonicotinóide e Piretróide/ Tiametoxam e Lambda- cialotrina (Engeo™ Pleno)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	100 ml em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
	Triazól/Difenoconazol (Score)	Fungicida sistêmico	50 ml em 100 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>) Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>)
	Inorgânico – Oxiclreto de cobre (Reconil)	Fungicida de contato	400 g em 100 L de água	Antracnose (<i>Colletotrichum gloesporioides</i>); Cancro bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>Michiganensis</i>); Mancha- bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>); Mancha- de Stemphylium (<i>Stemphylium solani</i>); Mancha de alternaria (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>); Podridão mole (<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Carotovora</i>)
27/07/2015	Neonicotinóide/ Tiametoxam (Actara 250 WG)	Inseticida Sistêmico	40 g em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão-verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
	Piretróide / Lambda-cialotrina (Karate Zeon 50 CS)	Inseticida de Contato e Ingestão	50 ml em 100 L de água	Broca pequena do fruto (<i>Neoleucinodes elegantalis</i>); Broca grande do fruto (<i>Helicoverpa zea</i>)
	Triazól/Metconazol (Caramba 90)	Fungicida sistêmico	100 ml em 100 L de água	Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>)
	Inorgânico – Oxiclreto de cobre (Reconil)	Fungicida de contato	200 g em 100 L de água	Antracnose (<i>Colletotrichum gloesporioides</i>); Cancro bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>Michiganensis</i>); Mancha- bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>); Mancha- de Stemphylium (<i>Stemphylium solani</i>); Mancha de alternaria (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>); Podridão mole (<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Carotovora</i>)
03/08/2015	Neonicotinóide e Piretróide/ Tiametoxam e Lambda- cialotrina (Engeo™ Pleno)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	100 ml em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
	Alquilenobis e estrobilurina/ Metiram e Piraclostrobina (Cabrio Top)	Fungicida sistêmico	400 g em 100 L de água	Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>); Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
	Anilida/Boscalida (Cantus)	Fungicida sistêmico	15 g em 100 L de água	Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>)

Tabela 2B. Aplicações preventivas para controle de pragas e doenças no tomateiro durante a execução do experimento, em Morrinhos – GO, 2015**(Continuação)**

Data da Aplicação	Grupo Químico/Princípio Ativo	Modo de Ação	Dosagem	Controle
10/08/2015	Neonicotinóide e Piretróide/ Tiametoxam e Lambda- cialotrina (Eforia)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	100 ml por 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
	Piretróide / Lambda-cialotrina (Karate Zeon 50 CS)	Inseticida de Contato e Ingestão	50 ml em 100 L de água	Broca pequena do fruto (<i>Neoleucinodes elegantalis</i>); Broca grande do fruto (<i>Helicoverpa zea</i>)
	Triazól/Difenoconazol (Score)	Fungicida sistêmico	50 ml em 100 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>) Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>)
17/08/2015	Neonicotinóide e Piretróide/ Tiametoxam e Lambda- cialotrina (Engeo™ Pleno)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	100 ml em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
	Análogo de pirazol/ Clorfenapir (Pirate)	Inseticida e acaricida de contato e ingestão	50 ml em 100 L de água	Traça-do-tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Ácaro do bronzeamento (<i>Aculops lycopersici</i>); Ácaro-rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
	Triazól/Metconazol (Caramba 90)	Fungicida sistêmico	100 ml em 100 L de água	Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>);
	Anilida/Boscalida (Cantus)	Fungicida sistêmico	15 g em 100 L de água	Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>)
24/08/2015	Neonicotinóide e Piretróide/ Tiametoxam e Lambda- cialotrina (Eforia)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	100 ml por 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
	Benzoiluréia/ Triflumumom (Certero)	Inseticida fisiológico, inibidor da síntese de quitina	30 ml por 100 L de água	Traça-do-tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Broca pequena do fruto (<i>Neoleucinodes elegantalis</i>)
	Alquilenobis e estrobilurina/ Metiram e Piraclostrobina (Cabrio Top)	Fungicida sistêmico	400 g em 100 L de água	Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>); Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
31/08/2015	Neonicotinóide e Piretróide/ Tiametoxam e Lambda- cialotrina (Engeo™ Pleno)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	100 ml em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
	Piretróide / Lambda-cialotrina (Karate Zeon 50 CS)	Inseticida de Contato e Ingestão	50 ml em 100 L de água	Broca pequena do fruto (<i>Neoleucinodes elegantalis</i>); Broca grande do fruto (<i>Helicoverpa zea</i>)
	Triazól/Difenoconazol (Score)	Fungicida sistêmico	100 ml em 100 L de água	Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>); Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>)

Tabela 2B. Aplicações preventivas para controle de pragas e doenças no tomateiro durante a execução do experimento, em Morrinhos – GO, 2015**(Conclusão)**

Data da Aplicação	Grupo Químico/Princípio Ativo	Modo de Ação	Dosagem	Controle
07/09/15	Neonicotinóide/ Tiametoxam (Actara 250 WG)	Inseticida Sistêmico	40 g em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão-verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
	Análogo de pirazol/ Clorfenapir (Pirate)	Inseticida e acaricida de contato e ingestão	50 ml em 100 L de água	Traça-do-tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Ácaro do bronzeamento (<i>Aculops lycopersici</i>); Ácaro-rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
	Éter piridiloxipropílico/ Piriproxifem e Xileno (Tiger 100 EC)	Inseticida de contato e translaminar	100 ml em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B)
	Alquilenobis e estrobilurina/ Metiram e Piraclostrobina (Cabrio Top)	Fungicida sistêmico	100 ml em 100 L de água	Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>); Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)

*Aplicação realizada em viveiro, antes das mudas ir a campo “vacina” e aplicação em sequencia de água para eliminar excesso dos produtos nas folhas

Tabela 3B. Aplicações preventivas para controle de pragas e doenças no tomateiro durante a execução do experimento, em Morrinhos – GO, 2016**(Continua)**

Data da Aplicação	Grupo Químico/Princípio Ativo	Modo de Ação	Dosagem	Controle
13/05/2016	Dicarboximida/Procimidona (Sumilex 500 WP)	Fungicida Sistêmico	40 g em 8 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Podridão (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)
	Mancozebe e Ditiocarbamato/Metalaxil-m e Mancozebe (Ridomil gold mz)	Fungicida Sistêmico e Contato	50 g em 8 L de água	Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
	Neonicotinóide/Tiametoxam (Actara 250 WG)	Inseticida sistêmico	150 g em 8 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão-verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
17/05/2016	Neonicotinóide/Tiametoxam (Actara 250 WG)	Inseticida Sistêmico	20 g em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão-verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
24/05/2016	Neonicotinóide e Piretróide/Tiametoxam e Lambda-cialotrina (Eforia)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	75 ml por 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
03/06/2016	Neonicotinóide/Tiametoxam (Actara 250 WG)	Inseticida Sistêmico	100 g em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão-verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
	Inorgânico – Oxicleto de cobre (Reconil)	Fungicida de contato	400 g em 100 L de água	Antracnose (<i>Colletotrichum gloesporioides</i>); Cancro bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>Michiganensis</i>); Mancha bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>); Mancha de Stemphylium (<i>Stemphylium solani</i>); Mancha de alternaria (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>); Podridão mole (<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Carotovora</i>)
10/06/2016	Azometina/Pimetrozina (Chess 500 WG)	Inseticida Sistêmico	100 g em 100 L de água (pulverização);	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B);
	Oxazolidinedionas e Acetamidas/Cimoxanil e Famoxadona (Equation)	Fungicida Sistêmico	100 g em 100 L de água	Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>); Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>); Mancha bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>)
17/06/2016	Neonicotinóide e Piretróide/Tiametoxam e Lambda-cialotrina (Eforia)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	75 ml por 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
	Análogo de Pirazol/Clorfenapir (Pirate)	Inseticida/acaricida de contato e ingestão	50 ml por 100 L de água	Traça do tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Ácaro do bronzeamento (<i>Aculops lycopersici</i>); Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
	Inorgânico – Oxicleto de cobre (Reconil)	Fungicida de contato	200 g em 100 L de água	Antracnose (<i>Colletotrichum coccodes</i>); Cancro bacteriano (<i>Clavibacter michiganense</i> subsp. <i>Michiganense</i>); Mancha bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>); Mancha de estenfilio (<i>Stemphylium solani</i>); Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>); Podridão mole (<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Carotovora</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)

Tabela 3B. Aplicações preventivas para controle de pragas e doenças no tomateiro durante a execução do experimento, em Morrinhos – GO, 2016**(Continuação)**

Data da Aplicação	Grupo Químico/Princípio Ativo	Modo de Ação	Dosagem	Controle
24/06/2016	Neonicotinóide/ (Actara 250 WG)	Inseticida Sistêmico	100 g em 100 L de água	Mosca branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
	Alquilenobis e estrobilurina/ Metiram e Piraclostrobina (Cabrio Top)	Fungicida Sistêmico	400 g em 100 L de água	Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>); Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
01/07/2016	Éter piridiloxipropílico/ Piriproxim e Xileno (Tiger 100 EC)	Inseticida de contato e translaminar	100 ml em 100 L de água	Mosca branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Mosca branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B)
	Neonicotinóide e Piretróide/ Acetamiprido e Alfa-cipermetrina (Fastac Duo)	Inseticida sistêmico e contato	100 ml em 100 L de água	Percevejo Marrom (<i>Euschistus heros</i>); Percevejo verde pequeno (<i>Piezodorus guildinii</i>)
	Análogo de Pirazol/Clorfenapir (Pirate)	Inseticida/acaricida de contato e ingestão	100 ml por 100 L de água	Traça do tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Ácaro do bronzeamento (<i>Aculops lycopersici</i>); Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
	Ditiocarbamato/Metiram (Polyram DF)	Fungicida de contato	300 g em 100 L de água	Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
08/07/2016	Neonicotinóide/ (Actara 250 WG)	Inseticida sistêmico	100 ml em 100 L de água	Mosca branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
	Piretróide / Lambda-cialotrina (Karate Zeon 50 SC)	Inseticida de Contato e Ingestão	50 ml em 100 L de água	Broca pequena do fruto (<i>Neoleucinodes elegantalis</i>); Broca grande do fruto (<i>Helicoverpa zea</i>)
	Inorgânico – Oxicleto de cobre (Recop)	Fungicida de contato	200 g em 100 L de água	Antracnose (<i>Colletotrichum gloesporioides</i>); Cancro bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>Michiganensis</i>); Mancha-bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>); Mancha- de Stemphylium (<i>Stemphylium solani</i>); Mancha de alternaria (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>); Podridão mole (<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Carotovora</i>)
15/07/2016	Neonicotinóide e Piretróide/ Tiametoxam e Lambda-cialotrina (Engeo™ Pleno)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	150 ml por 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
	Oxazolidinedionas e Acetamidas/Cimoxanil e Famoxadona (Equation)	Fungicida Sistêmico	100 g em 100 L de água	Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>); Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>); Mancha bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>)
	Análogo de Pirazol/Clorfenapir (Pirate)	Inseticida/acaricida de contato e ingestão	100 ml por 100 L de água	Traça do tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Ácaro do bronzeamento (<i>Aculops lycopersici</i>); Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
	Triazol/Metconazol (Caramba 90)	Fungicida sistêmico	100 ml por 100 L de água	Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>);

Tabela 3B. Aplicações preventivas para controle de pragas e doenças no tomateiro durante a execução do experimento, em Morrinhos – GO, 2016
(Continuação)

Data da Aplicação	Grupo Químico/Princípio Ativo	Modo de Ação	Dosagem	Controle
22/07/2016	Neonicotinóide e Piretróide/ Tiametoxam e Lambda- cialotrina (Eforia)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	150 ml por 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
	Neonicotinóide e Piretróide/ Acetamiprido e Alfa-cipermetrina (Fastac Duo)	Inseticida sistêmico e contato	100 ml em 100 L de água	Percevejo Marrom (<i>Euschistus heros</i>); Percevejo verde pequeno (<i>Piezodorus guildinii</i>)
	Alquilenobis e estrobilurina/ Metiram e Piraclostrobina (Cabrio Top)	Fungicida Sistêmico	400 g em 100 L de água	Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>); Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
	Benzoilurías/ (Nomolt 150)	Teflubenzurom Inseticida regulador de crescimento e inibidor da síntese de quitina	25 ml em 100 L de água	Traça do tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Traça da batatinha (<i>Phthorimaea operculella</i>)
29/07/2016	Neonicotinóide/ (Actara 250 WG)	Tiametoxam Inseticida sistêmico,	100 ml em 100 L de água	Mosca branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
	Éter piridiloxipropílico/ Piriproxim e Xileno (Tiger 100 EC)	Inseticida de contato e translaminar	100 ml em 100 L de água	Mosca branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Mosca branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B)
	Benzoiluréia e piretróide/ Alfacipermetrina e Teflubenzuron (Imunit)	Inseticida de contato e ingestão	100 ml em 100 L de água	Traça do tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Traça do tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Traça da batatinha (<i>Phthorimaea operculella</i>)
	Estrobilurinas/Azoxistrobina (Amistar WG)	Fungicida Sistêmico	160 g em 100 L de água	Mancha de Alternaria (<i>Alternaria solani</i>); Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>)
	Ditiocarbamato/Metiram (Polyram DF)	Fungicida de contato	300 g em 100 L de água	Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
05/08/2016	Neonicotinóide e Piretróide/ Tiametoxam e Lambda- cialotrina (Engeo™ Pleno)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	150 ml em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
	Análogo de Pirazol/Clorfenapir (Pirate)	Inseticida/acaricida de contato e ingestão	100 ml em 100 L de água	Traça do tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Ácaro do bronzeamento (<i>Aculops lycopersici</i>); Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
	Benzoiluréia/Triflumurom (Certo)	Inseticida fisiológico, inibidor da síntese de quitina	50 ml por 100 L de água	Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>); Traça-do-tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Broca pequena do fruto (<i>Neoleucinodes elegantalis</i>)
	Triazol/ Difenconazol (Score)	Fungicida Sistêmico	50 ml por 100 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>)
	Morfolina/Dimetomorfe (Forum)	Fungicida sistêmico e de contato	150 g em 100 L de água	Requeima <i>Phytophthora infestans</i>

Tabela 3B. Aplicações preventivas para controle de pragas e doenças no tomateiro durante a execução do experimento, em Morrinhos – GO**(Continuação)**

Data da Aplicação	Grupo Químico/Princípio Ativo	Modo de Ação	Dosagem	Controle
1008/2016	Neonicotinóide e Piretróide/ Tiametoxam e Lambda-cialotrina (Eforia)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	150 ml em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
	Neonicotinóide e Piretróide/ Acetamiprido e Alfa-cipermetrina (Fastac Duo)	Inseticida sistêmico e contato	100 ml em 100 L de água	Percevejo Marrom (<i>Euschistus heros</i>); Percevejo verde pequeno (<i>Piezodorus guildinii</i>)
	Benzoiluréias/ Teflubenzurom (Nomolt 150)	Inseticida regulador de crescimento e inibidor da síntese de quitina	25 ml em 100 L de água	Traça do tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Traça da batatinha (<i>Phthorimaea operculella</i>)
	Benzoiluréia e piretróide/ Alfacipermetrina e Teflubenzuron (Imunit)	Inseticida de contato e ingestão	100 ml em 100 L de água	Traça do tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Traça do tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Traça da batatinha (<i>Phthorimaea operculella</i>)
	Alquilenobis e estrobilurina/ Metiram e Piraclostrobina (Cabrio Top)	Fungicida sistêmico	400 g em 100 L de água	Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>); Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
18/08/2016	Neonicotinóide/ Tiametoxam (Actara WG)	Inseticida sistêmico	100 ml em 100 L de água	Mosca branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
	Éter piridiloxipropílico/ Piriproxim e Xileno (Tiger 100 EC)	Inseticida de contato e translaminar	100 ml em 100 L de água	
	Piretróide/ Lambda-cialotrina (Karate Zeon 50 SC)	Inseticida de contato e ingestão	50 ml em 100 L de água	Broca pequena do fruto (<i>Neoleucinodes elegantalis</i>); Broca grande do fruto (<i>Helicoverpa zea</i>)
	Estrobilurinas/ Azoxistrobina (Amistar WG)	Fungicida sistêmico	160 g em 100 L de água	Mancha de Alternaria (<i>Alternaria solani</i>); Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>);
	Azoxistrobina; estrobilurina; difenoconazol e triazol/azoxistrobina e difenoconazol (Amistar Top)	Fungicida sistêmico	50 ml em 100 L de água	Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>)
	Triazol/metconazol (Caramba 90)	Fungicida sistêmico	50 ml em 100 L de água	Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>)

Tabela 3B. Aplicações preventivas para controle de pragas e doenças no tomateiro durante a execução do experimento, em Morrinhos – GO**(Conclusão)**

Data da Aplicação	Grupo Químico/Princípio Ativo	Modo de Ação	Dosagem	Controle
26/08/2016	Neonicotinóide e Piretróide/ Tiametoxam e Lambda- cialotrina (Engeo TM Pleno)	Inseticida sistêmico, contato e ingestão	150 ml em 100 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Pulgão-verde e verde claro (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Vaquinha verde amarela - Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>)
	Análogo de Pirazol/Clorfenapir (Pirate)	Inseticida/acaricida de contato e ingestão	100 ml em 100 L de água	Traça do tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Ácaro do bronzeamento (<i>Aculops lycopersici</i>); Ácaro rajado (<i>Tetranychus urticae</i>)
	Benzoiluréia/Triflumurom (Certero)	Inseticida fisiológico, inibidor da síntese de quitina	50 ml por 100 L de água	Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>); Traça-do-tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>); Broca pequena do fruto (<i>Neoleucinodes elegantalis</i>)
	Alquilenobis e estrobilurina/ Metiram e Piraclostrobina (Cabrio Top)	Fungicida sistêmico	400 g em 100 L de água	Pinta preta (<i>Alternaria solani</i>); Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)

*Aplicação realizada em viveiro, antes das mudas ir a campo “vacina” e aplicação em sequencia de água para eliminar excesso dos produtos nas folhas

ANEXO C.

Tabela 1C. Resumo das análises de variância da altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), índice SPAD e índice de estresse hídrico (CWSI_T) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO, 2015

Fontes de variação	GL	Quadrado médio											
		AP (cm)	DC (mm)	Índice SPAD			CWSI _T						
		45 DAT	45 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	31 DAT	36 DAT	44 DAT	64 DAT	78 DAT	85 DAT	100 DAT
Bloco	3	21,056 ^{NS}	0,839**	1,830**	2,052**	0,916 ^{NS}	0,147**	0,169**	0,038**	0,032**	0,012*	0,0023*	0,016 ^{NS}
Lâmina (L)	4	84,952*	0,846*	0,834*	4,540**	1,524*	0,025*	0,014**	0,012 ^{NS}	0,021*	0,057**	0,0112**	0,067**
Resíduo	12	17,731	0,103	0,249	0,247	1,083	0,0067	0,0008	0,004	0,0042	0,029	0,00058	0,0076
Total	19	615,746	7,140	11,820	27,278	21,834	0,620	0,5706	0,206	0,228	0,299	0,0587	0,408
CV 1 (%):		6,41	3,12	1,17	1,01	2,11	16,65	13,80	9,92	14,01	10,92	6,99	11,11
Média geral:		65,685	10,297	42,632	49,135	49,223	0,491	0,201	0,64	0,46	0,50	0,345	0,79

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 2C. Resumo das análises de variância de índice de estresse hídrico (CWSI_E) e área foliar (AF) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO, 2015

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio									
		CWSI _E						AF (cm ²)			
		31 DAT	36 DAT	44 DAT	64 DAT	78 DAT	85 DAT	100 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT
Bloco	3	0,443**	0,526**	0,202**	0,210**	0,073*	0,069*	0,060 ^{NS}	864,15 ^{NS}	3651474,82 ^{NS}	2572444,19 ^{NS}
Lâmina (L)	4	0,102**	0,044**	0,064 ^{NS}	0,148*	0,296**	0,314**	0,304**	4135254,63**	48454633,99**	48492109,22**
Resíduo	12	0,0133	0,0024	0,0214	0,028	0,015	0,015	0,0334	797,29	4607910,09	2045996,00
Total	19	1,896	1,779	1,120	1,550	1,585	1,640	1,798	1655378,42	260067881,54	226237721,45
CV 1 (%):		24,90	13,18	22,99	34,11	34,44	30,28	35,87	0,99	18,47	14,07
Média geral:		0,464	0,369	0,64	0,487	0,360	0,405	0,510	2841,39	11621,26	10164,91

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 3C. Resumo das análises de variância do índice de área foliar (IAF), massa fresca de raiz (MFR), caule (MFC) e folha (MFF) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO, 2015

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio											
		IAF			MFR (g planta ⁻¹)			MFC (g planta ⁻¹)			MFF (g planta ⁻¹)		
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT
Bloco	3	0,000081 ^{NS}	0,335 ^{NS}	0,236 ^{NS}	0,018 ^{NS}	112,502 ^{NS}	233,95 [*]	7,530 [*]	8924,84 ^{NS}	4408,77 [*]	2,056 ^{NS}	3272,74 ^{NS}	2759,94 ^{NS}
Lâmina (L)	4	0,380 ^{**}	4,449 ^{**}	4,450 ^{**}	29,046 [*]	75,872 ^{NS}	142,71 ^{NS}	3351,78 [*]	95332,64 ^{**}	161047,06 ^{**}	2743,03 ^{**}	43436,71 ^{**}	52026,01 ^{**}
Resíduo	12	0,000072	0,423	0,188	0,0062	48,497	59,33	1,84	8874,77	1244,36	0,97	4130,58	2195,10
Total	19	1,519	23,88	20,76	116,31	1222,96	1984,65	13451,81	514602,31	672346,91	10989,92	233132,00	242725,08
CV 1 (%):		0,98	18,47	14,07	0,50	22,50	18,13	1,31	20,01	6,74	1,07	18,47	14,07
Média geral:		0,861	3,52	3,08	15,64	30,95	42,49	103,61	470,80	523,74	92,16	347,94	332,95

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 4C. Resumo das análises de variância de massa fresca de flores (MFFF), frutos (MFFT), total (MFTO) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO, 2015

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio										
		MFFF (g planta ⁻¹)			MFFT (g planta ⁻¹)		MFTO (g planta ⁻¹)			MSR (g planta ⁻¹)		
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT
Bloco	3	0,002054 ^{NS}	11,65 ^{NS}	4,891**	23006,70 ^{NS}	394990,25**	16,800 ^{NS}	62346,14 ^{NS}	373398,62**	2,878**	1,819 ^{NS}	233,95 ^{NS}
Lâmina (L)	4	12,367**	17,150*	11,122**	111532,69 ^{NS}	3043594,96**	13606,14**	692519,13*	5668259,37**	0,536*	2,174 ^{NS}	142,7111 ^{NS}
Resíduo	12	0,001041	5,290	0,305	68561,19	28622,77	5,790	141933,54	41353,14	0,057	0,526	59,329
Total	19	49,49	167,02	62,822	1337885,10	13702823,85	54544,43	4660317,38	24289470,96	11,47	20,46	1984,648
CV 1 (%):		1,36	26,24	12,94	66,78	9,89	1,13	30,13	7,78	7,84	10,54	18,13
Média geral:		2,368	8,77	4,268	392,10	1709,86	213,77	1250,56	2613,30	3,058	6,88	42,495

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 5C. Resumo das análises de variância de massa seca de caule (MSC), folhas (MSF), flores (MSFF) e frutos (MSFT) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO, 2015

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio										
		MSC (g planta ⁻¹)			MSF (g planta ⁻¹)			MSFF (g planta ⁻¹)			MSFT (g planta ⁻¹)	
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	65 DAT	85 DAT
Bloco	3	337,873**	193,790 ^{NS}	140,198*	179,314**	166,909 ^{NS}	110,462 ^{NS}	0,118**	0,296 ^{NS}	0,191**	63,732 ^{NS}	2529,957**
Lâmina (L)	4	86,085*	1121,770**	2692,134**	70,792**	643,962**	1047,161**	0,136**	0,399*	0,494**	112,683 ^{NS}	13210,496**
Resíduo	12	16,550	115,784	33,386	7,190	49,138	75,534	0,0086	0,098	0,013	40,783	141,667
Total	19	1556,569	6457,870	11589,770	907,370	366,225	5426,42	1,001	3,661	2,707	1131,32	62131,85
CV 1 (%):		21,52	19,30	6,31	12,77	13,57	13,07	17,15	23,55	13,59	31,96	8,67
Média geral:		18,91	55,75	91,57	21,00	51,65	66,52	0,541	1,330	0,84	19,98	137,28

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 6C. Resumo das análises de variância de massa seca total (MSTO), número de flores por cacho floral (NF), número de frutos por cacho floral (NFT) e taxa de abortamento de flores (TAF) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO, 2015

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio					
		MSTO (g planta ⁻¹)			NF	NFT	TAF
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	50 DAT	120 DAT	120 DAT
Bloco	3	1137,323**	1119,070 ^{NS}	2432,41**	0,01918**	0,01304*	6,0899 ^{NS}
Lâmina (L)	4	342,022**	4887,892*	40503,257**	0,04632*	0,4886*	76,64271*
Resíduo	12	46,305	356,095	402,963	0,011679	0,1302	32,658
Total	19	5335,72	27181,92	174145,81	0,600826	3,55	716,74048
CV 1 (%):		15,64	13,92	6,56	1,85	8,16	23,57
Média geral:		43,51	135,59	306,008	5,825	4,42	24,246

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 7C. Resumo das análises de variância da altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), índice SPAD e índice de estresse hídrico (CWSI_T) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO, 2016

Fontes de variação	GL	Quadrado médio											
		AP (cm)	DC (mm)	Índice SPAD				CWSI _T					
		45 DAT	45 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	31 DAT	36 DAT	44 DAT	64 DAT	78 DAT	85 DAT	100 DAT
Bloco	3	35,000**	0,185 ^{NS}	0,895 ^{NS}	2,035 ^{NS}	9,934 ^{NS}	0,005 ^{NS}	0,020 ^{NS}	0,047*	0,008**	0,010 ^{NS}	0,0273*	0,077*
Lâmina (L)	4	30,831**	0,663**	13,461**	12,915**	37,373**	0,015**	0,122**	0,072**	0,006**	0,0416**	0,033**	0,026 ^{NS}
Resíduo	12	1,220	0,114	0,444	0,916	6,336	0,002	0,041	0,010	0,0001	0,0037	0,0052	0,0135
Total	19	242,954	4,570	61,854	68,756	255,33	0,095	0,552	0,550	0,0512	0,242	0,277	0,499
CV 1 (%):		2,92	5,0	1,42	1,90	5,56	15,47	11,72	13,30	2,62	11,07	10,23	16,71
Média geral:		37,7885	6,739	46,965	50,4825	49,971	0,274	0,499	0,761	0,33	0,55	0,71	0,695

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 8C. Resumo das análises de variância de índice de estresse hídrico (CWSI_E) e área foliar (AF) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO, 2016

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio								
		CWSI _E						AF (cm ²)		
		31 DAT	36 DAT	44 DAT	64 DAT	78 DAT	85 DAT	100 DAT	45 DAT	85 DAT
Bloco	3	0,068 ^{NS}	0,030**	0,084*	0,190**	0,055 ^{NS}	0,198*	0,280**	100979,08**	1221952,23**
Lâmina (L)	4	0,226**	0,518**	0,124**	0,190**	0,222**	0,228**	0,096 ^{NS}	173371,88**	1674437,37**
Resíduo	12	0,023	0,014	0,0205	0,0036	0,0214	0,0355	0,047	13841,05	23506,23
Total	19	1,386	2,330	0,993	1,687	1,310	1,934	1,785	1162514,31	10645680,96
CV 1 (%):		48,26	26,69	21,45	11,70	36,24	44,77	37,56	10,98	2,04
Média geral:		0,315	0,444	0,668	0,512	0,404	0,421	0,578	1071,58	7525,247

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 9C. Resumo das análises de variância do índice de área foliar (IAF), massa fresca de raiz (MFR), caule (MFC) e folha (MFF) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO, 2016

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio											
		IAF			MFR (g planta ⁻¹)			MFC (g planta ⁻¹)			MFF (g planta ⁻¹)		
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT
Bloco	3	0,0096**	0,177**	0,111**	6,968**	2,438 ^{NS}	0,610 ^{NS}	133,310**	4036,60**	1009,314**	111,386**	2083,88**	1009,314**
Lâmina (L)	4	0,016**	0,241**	0,155**	8,444**	30,906**	111,75**	137,007**	5651,31**	1935,482**	191,263**	2821,615**	1935,482**
Resíduo	12	0,0012	0,0067	0,0022	0,906	2,069	0,518	13,045	185,374	46,364	15,268	79,472	46,364
Total	19	0,106	1,578	0,976	66,550	155,766	455,044	1104,500	36939,483	11326,239	1282,433	18491,769	11326,239
CV 1 (%):		10,66	6,45	2,05	14,38	11,24	3,06	12,79	8,41	3,30	10,98	6,47	3,30
Média geral:		0,325	1,274	2,281	6,62	12,796	23,51	28,23	161,96	206,62	35,594	137,71	206,62

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 10C. Resumo das análises de variância de massa fresca de flores (MFFF), frutos (MFFT), total (MFTO) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO, 2016

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio										
		MFFF (g planta ⁻¹)			MFFT (g planta ⁻¹)		MFTO (g planta ⁻¹)			MSR (g planta ⁻¹)		
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT
Bloco	3	0,048*	8,098*	2,031 ^{NS}	23006,70 ^{NS}	394990,25**	540,177**	25645,30**	6427,176**	0,497 ^{NS}	0,392*	0,046 ^{NS}
Lâmina (L)	4	0,089**	22,523**	56,088**	111532,69 ^{NS}	3043594,96**	774,834**	1300,786**	49111,132**	0,744*	1,731**	4,510**
Resíduo	12	0,001	1,813	0,864	68561,19	28622,77	49,116	928,495	228,894	0,151	0,105	0,045
Total	19	0,611	136,142	240,817	1337885,10	13702823,85	5309,26	140080,968	218472,78	6,275	9,357	18,718
CV 1 (%):		17,44	26,35	12,35	66,78	9,89	9,87	7,67	1,31	32,77	10,53	3,05
Média geral:		0,56	5,11	7,53	392,10	1709,86	70,996	397,512	1157,21	1,18	3,08	6,97

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 11C. Resumo das análises de variância de massa seca de caule (MSC), folhas (MSF), flores (MSFF) e frutos (MSFT) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO, 2016

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio										
		MSC (g planta ⁻¹)			MSF (g planta ⁻¹)			MSFF (g planta ⁻¹)			MSFT (g planta ⁻¹)	
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	65 DAT	85 DAT
Bloco	3	0,584*	85,067**	36.837**	2,505**	121,334*	36,837**	0,0008*	0,193*	0,257*	12,317 ^{NS}	3,225 ^{NS}
Lâmina (L)	4	1,249**	150,965**	51,364**	4,596**	386,115**	51,364**	0,002**	0,447**	2,670**	11,997 ^{NS}	67,017**
Resíduo	12	0,165	10,708	1.801	0,327	28,980	1,801	0,0002	0,037	0,049	4,385	7,860
Total	19	8,729	987,559	337,579	29,828	2256,224	337,579	0,014	2,812	12,04	137,560	372,069
CV 1 (%):		15,63	12,46	3,42	11,77	17,42	3,42	22,01	20,41	8,94	35,02	5,91
Média geral:		2,60	26,26	39,186	5,122	30,91	39,19	0,07	0,94	2,47	5,979	47,46

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 12C. Resumo das análises de variância de massa seca total (MSTO), número de flores por cacho floral (NF), número de frutos por cacho floral (NFT) e taxa de abortamento de flores (TAF) de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO, 2016

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio					
		MSTO (g planta ⁻¹)			NF	NFT	TAF
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	50 DAT	120 DAT	120 DAT
Bloco	3	5,483**	1007,430**	175,431**	0,0335 ^{NS}	0,0921 ^y	36,998 ^{NS}
Lâmina (L)	4	9,671**	567,885**	580,252**	0,201*	0,8384**	191,1214**
Resíduo	12	0,750	51,993	13,467	0,047	0,0249	11,139
Total	19	64,136	6357,295	3008,90	1,466	3,93	1009,15
CV 1 (%):		11,22	10,74	2,51	3,85	4,46%	9,01
Média geral:		7,72	67,16	146,32	5,62	3,54	37,03

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 13C. Resumo das análises de variância de produtividade de frutos verdes (PFV), maduros (PFM), podres (PFP), percentagem de frutos verdes (%PFV), maduros (%PFM), podres (%PFP), produtividade da água (PA) em função da produtividade total de frutos (PTF) e rendimento de polpa (RP) aos 125 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc) e épocas de suspensão da irrigação antes da colheita, em Morrinhos – GO, 2015

Fontes de variação	GL	Quadrado médio								
		Produtividade (t ha ⁻¹)				%PFV	%PFM	%PFP	Produtividade Água (kg m ⁻³)	
		PFV	PFM	PFP	PTF				PTF	RP
Bloco	3	4,35702 ^{NS}	796,4064*	8,4254 ^{NS}	670,205 ^{NS}	50,24733 ^{NS}	168,903 ^{NS}	38,9283 ^{NS}	41,343 ^{NS}	1,424 ^{NS}
Lâmina (L)	4	46,65968*	6371,4497**	15,9294 ^{NS}	7536,805**	260,61223**	955,356*	248,1504**	364,761**	12,651**
Resíduo 1	12	9,767768	436,2695	9,7701	505,51296	19,801209	81,396	33,319897	29,813	1,012
Corte (S)	4	56,07384**	648,2972*	13,83635 ^{NS}	955,52334*	26,231346*	41,323 ^{NS}	71,51836**	19,535 ^{NS}	0,721 ^{NS}
L x S	16	10,3015 ^{NS}	138,9087 ^{NS}	10,76734 ^{NS}	219,943 ^{NS}	11,902754 ^{NS}	24,426 ^{NS}	11,64060 ^{NS}	15,357 ^{NS}	0,363 ^{NS}
Resíduo 2	60	11,955038	242,1903	13,925083	363,0728	7,437995	22,495	15,279426	17,802	0,591
Total	99	1423,3441	52457,40074	1269,3626	67349,5371	2172,45454	7210,696	2898,3145	3332,971	111,151
CV 1 (%):		18,38	36,79	17,46	24,53	23,00	15,03	28,01	25,30	27,03
CV 2 (%):		20,34	27,41	20,85	20,78	14,10	7,90	18,97	19,55	20,60
Média geral:		17,0012	56,77	17,90	91,68	19,35	60,045	20,61	21,585	3,72

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação

Tabela 14C. Resumo das análises de variância de produtividade de frutos verdes (PFV), maduros (PFM), podres (PFP), percentagem de frutos verdes (%PFV), maduros (%PFM), podres (%PFP), produtividade da água (PA) em função da produtividade total de frutos (PTF) e rendimento de polpa (RP) aos 125 DAT, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc) e épocas de suspensão da irrigação antes da colheita, em Morrinhos – GO, 2016

Fontes de variação	GL	Quadrado médio								
		Produtividade (t ha ⁻¹)				%PFV	%PFM	%PFP	Produtividade Água (kg m ⁻³)	
		PFV	PFM	PFP	PTF				PTF	RP
Bloco	3	2,2642 ^{NS}	814,3642*	11,063*	422,068**	14,5255 ^{NS}	22,1276 ^{NS}	22,5223 ^{NS}	37,0645*	1,3544*
Lâmina (L)	4	11,9489**	2268,0268**	11,8208**	2230,113**	159,5300**	867,3524**	294,4738**	86,409**	2,135**
Resíduo 1	12	1,4636	65,0139	2,5053	67,7182	8,2574	21,1478	11,7861	5,3156	0,3514
Corte (S)	4	95,8251**	174,274**	43,9305**	169,2534**	268,8885*	479,4342**	244,1808**	8,0947**	0,2749**
L x S	16	1,7447 ^{NS}	11,368 ^{NS}	1,4764 ^{NS}	14,97498 ^{NS}	1,8023 ^{NS}	9,8386 ^{NS}	12,9874 ^{NS}	1,0276 ^{NS}	0,049 ^{NS}
Resíduo 2	60	0,4351	7,558	1,4279	8,6767	1,8712	7,3048	7,1533	0,7900	0,0418
Total	99	509,471	11999,089	395,5535	12436,4949	2029,4468	6303,0059	3000,6167	616,8381	111,151
CV 1 (%):		15,82	21,14	39,88	16,54	18,19	6,09	39,64	16,89	24,76
CV 2 (%):		8,62	7,21	30,10	5,92	8,60	3,58	30,88	6,51	8,55
Média geral:		7,65	38,14	3,97	49,76	15,80	75,54	8,66	23,65	2,39

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação

Tabela 15C. Resumo das análises de variância de pós-colheita: massa média (MMF), rendimento de polpa (RP), Brix ($^{\circ}$ Brix), pH, acidez titulável (ACT), firmeza (FZ), diâmetro transversal (DT) e longitudinal (DL) de frutos maduros de tomateiro aos 125 DAT em função de níveis de irrigação, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc) e épocas de suspensão da irrigação antes da colheita, em Morrinhos – GO, 2015

Fontes de variação	GL	Quadrado médio							
		Pós Colheita							
		MMF (g fruto ⁻¹)	RP (t ha ⁻¹)	BRIX ($^{\circ}$ Brix)	pH	ACT (%)	FZ (kgf cm ⁻²)	DT (mm)	DL (mm)
Bloco	3	518,033 ^{NS}	15,7439 ^{NS}	0,439*	0,166**	0,0146**	0,018 ^{NS}	62,100**	295,689**
Lâmina (L)	4	1731,668**	83,9387**	0,171 ^{NS}	0,020 ^{NS}	0,007**	0,019 ^{NS}	83,490**	240,693**
Resíduo 1	12	91,934	5,0556	0,106	0,011	0,001	0,015	3,122	9,673
Corte (S)	4	171,371*	4,2099**	0,026 ^{NS}	0,021 ^{NS}	0,002 ^{NS}	0,002 ^{NS}	6,314 ^{NS}	6,278 ^{NS}
L x S	16	38,006 ^{NS}	1,835 ^{NS}	0,053 ^{NS}	0,007 ^{NS}	0,002 ^{NS}	0,003 ^{NS}	3,569 ^{NS}	7,702 ^{NS}
Resíduo 2	60	61,324	0,448	0,041	0,017	0,003	0,003	3,418	6,840
Total	99	14556,996	500,5221	6,652	1,913	0,289	0,549	845,190	2524,675
CV 1 (%):		14,06	25,58	6,44	2,27	7,67	57,07	4,22	4,71
CV 2 (%):		11,49	7,61	3,97	2,77	11,46	25,73	4,42	3,96
Média geral:		68,183	8,79	5,066	4,675	0,461	0,2167	41,862	66,013

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação

Tabela 16C. Resumo das análises de variância de pós-colheita: massa média (MMF), rendimento de polpa (RP), Brix ($^{\circ}$ Brix), pH, acidez titulável (ACT), firmeza (FZ), diâmetro transversal (DT) e longitudinal (DL) de frutos maduros de tomateiro aos 125 DAT em função de níveis de irrigação, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc) e épocas de suspensão da irrigação antes da colheita, em Morrinhos – GO, 2016

Fontes de variação	GL	Quadrado médio							
		Pós Colheita							
		MMF (g fruto ⁻¹)	RP (t ha ⁻¹)	BRIX ($^{\circ}$ Brix)	pH	ACT (%)	FZ (kgf cm ⁻²)	DT (mm)	DL (mm)
Bloco	3	17,179 ^{NS}	20,287 ^{NS}	0,1185 ^{NS}	0,0519 ^{NS}	0,001028 ^{NS}	0,33672 ^{NS}	1,2948 ^{NS}	4,269158 ^{NS}
Lâmina (L)	4	25,8160 ^{NS}	204,683**	0,7994 ^{NS}	0,1880 ^{NS}	0,016703*	0,944111 ^{NS}	4,8957 ^{NS}	6,714208 ^{NS}
Resíduo 1	12	88,899	16,360	0,4497	0,1150	0,00514	0,430999	3,193	20,1454
Corte (S)	4	87,658*	32,374*	0,10084 ^{NS}	0,0856 ^{NS}	0,00098 ^{NS}	0,048495 ^{NS}	3,511 ^{NS}	10,894*
L x S	16	23,081 ^{NS}	5,736 ^{NS}	0,053 ^{NS}	0,151 ^{NS}	0,003264 ^{NS}	0,138989 ^{NS}	1,238 ^{NS}	4,269 ^{NS}
Resíduo 2	60	30,2169	12,082	0,0563	0,1205	0,001546	0,18793	1,472	4,092
Total	99	3754, 5246	2022,1029	6,652	12,28	0,2805	23,6826	183,948	638,831
CV 1 (%):		14,03	25,71	12,95	6,74	12,75	27,78	4,28	6,64
CV 2 (%):		8,18	22,09	4,58	6,90	6,99	18,34	2,91	2,99
Média geral:		67,22	15,734	5,18	5,03	0,56	2,36	41,73	67,65

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação