

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E
TECNOLOGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
OLERICULTURA - PPGOL**

**TOMATEIRO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E PARCELAMENTO
DA ADUBAÇÃO**

Diovane Pinheiro de Carvalho

Orientador: *Prof. Dr. Cícero José da Silva*

Coorientador: *Prof. Dr. Claudinei Martins Guimarães*

Junho / 2024
Morrinhos / GO

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E
TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
OLERICULTURA - PPGOL**

**TOMATEIRO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E PARCELAMENTO
DA ADUBAÇÃO**

Diovane Pinheiro de Carvalho

Orientador: *Prof. Dr. Cícero José da Silva*

Coorientador: *Prof. Dr. Claudinei Martins Guimarães*

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós Graduação em Olericultura, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos - Área de Concentração: Olericultura.

Junho / 2024
Morrinhos / GO

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

C331t Carvalho, Diovane Pinheiro de.
Tomateiro sob diferentes níveis de irrigação e parcelamento da adubação. / Diovane Pinheiro de Carvalho. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2024.
62 f. : il. color.

Orientador: Dr. Cicero José da Silva
Coorientador: Dr. Claudinei Martins Guimarães.
Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2024.

1. Adubos e fertilizantes - Aplicação. 2. Irrigação agrícola. 3. Evapotranspiração. 4. Irrigação agrícola. 5. Tomate. I. Silva, Cicero José da. II. Guimarães, Claudinei Martins. III. Instituto Federal Goiano. IV. Título.
CDU 635.64:631.86

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

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

<input type="checkbox"/> Tese (doutorado)	<input type="checkbox"/> Artigo científico
<input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)	<input type="checkbox"/> Capítulo de livro
<input type="checkbox"/> Monografia (especialização)	<input type="checkbox"/> Livro
<input type="checkbox"/> TCC (graduação)	<input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento
<input type="checkbox"/> Produto técnico e educacional - Tipo:	<input type="text"/>
Nome completo do autor:	Matrícula:
<input type="text" value="2022104330440012"/>	<input type="text" value="2022104330440012"/>
Título do trabalho:	
<input type="text" value="TOMATEIRO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO"/>	

RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

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

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

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

Documento assinado digitalmente / /
gov.br Local Data
DIOVANE PINHEIRO DE CARVALHO
Data: 24/07/2024 09:18:52-0300
Verifique em <https://validar.if.gov.br>

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais
Documento assinado digitalmente
Ciente e de acordo: gov.br CICERO JOSE DA SILVA
Data: 24/07/2024 10:58:08-0300
Verifique em <https://validar.if.gov.br>



Ata nº 6/2024 - GPGPI-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA Nº 119
BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos seis dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e quatro, às 08h:30 min (oito horas e trinta minutos), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão aberta realizada por videoconferência (<https://meet.google.com/mrv-nrpf-qxi>) para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, intitulada "**Tomateiro sob diferentes níveis de irrigação e parcelamento da adubação**" de autoria de **Diovane Pinheiro de Carvalho** discente do Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos. A sessão foi aberta pelo(a) presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Cícero José da Silva, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor para, em 30 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca fez suas arguições, adotando-se o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Olericultura, e procedidas às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM OLERICULTURA**, na linha de pesquisa em Sistema de Produção em Olerícolas, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGOL da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo científico oriundo dessa Dissertação. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Cícero José da Silva.	IF Goiano- Campus Morrinhos.	Presidente
Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão.	IF Goiano - Campus Urutaí.	Membro externo
Prof. Dr. Claudinei Martins Guimarães	IF Goiano- Campus Morrinhos.	Membro Interno

Documento assinado eletronicamente por:

- Claudinei Martins Guimaraes, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO - VISITANTE, em 06/06/2024 11:06:34.
- Leandro Caixeta Salomao, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 06/06/2024 10:49:15.
- Cícero Jose da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 06/06/2024 10:47:08.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 24/05/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 603104
Código de Autenticação: cd932e0c91



Sumário

RESUMO	3
ABSTRACT.....	8
INTRODUÇÃO	9
1. REVISÃO DE LITERATURA	10
1.1. A cultura do tomate	10
1.1.1. O híbrido	11
1.2. Sistemas de irrigação para o tomateiro.....	12
1.3. Adubação do tomateiro	13
1.4. Evapotranspiração da cultura (ETc) e coeficiente da cultura (Kc) em ambiente protegido	14
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo geral.....	15
2.2. Objetivos Específicos.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Localização do experimento.....	16
3.2. Área experimental	16
3.3. Preparo, Correção e Adubação do solo	17
3.4. Delineamento, tratamentos e condução do experimento.....	18
3.5. Sistema e manejo de irrigação.....	22
3.6. Tratos Culturais.....	24
3.7. Características avaliadas	24
3.7.1. Altura e diâmetro de planta	25
3.7.2. Tamanho de Fruto	25
3.7.3. Sólidos solúveis totais	25
3.7.4. Acidez titulável e pH.....	25
3.7.5. Firmeza dos frutos.....	26
3.7.6. Trocas gasosas e eficiência de uso de água.....	26
3.7.7. Potencial hídrico (Câmara de Scholander).....	27
3.7.8. Fluorescência (Fluorômetro).....	28
3.7.9. Componentes de produção	29
3.8. Análise estatística.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Efeitos nas variáveis agronômicas e de pós-colheita	30
4.1.1. Parcelamento da adubação	32
4.1.2. Lâminas de irrigação	34
4.2. Efeitos nas variáveis fisiológicas	38
5. CONCLUSÕES.....	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

RESUMO

O cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é altamente dependente de práticas adequadas de adubação e irrigação para assegurar uma produção eficiente. Assim, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar a influência do parcelamento da adubação nitrogenada e potássica, associado à diferentes níveis de irrigação, no desenvolvimento e na produtividade do tomateiro. O experimento foi conduzido em estufa localizada no Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, GO (885 m de altitude, 17°49'19" de latitude Sul e 49°12'11" de longitude Oeste). O experimento foi delineado em blocos casualizados, utilizando o esquema de parcelas subdivididas. As parcelas receberam três lâminas de irrigação (50%, 100% e 150% da Evapotranspiração da Cultura). As subparcelas foram submetidas a diferentes esquemas de parcelamento da adubação em cobertura, aplicadas via fertirrigação com Nitrogênio e Potássio: (1) adubação a cada 12 dias; (2) adubação a cada 10; (3) adubação a cada 8 dias; (4) adubação a cada 5 dias; (5) adubação a cada 3 dias. Os tratamentos foram compostos pela associação de cada nível de irrigação com cada nível de parcelamento de adubação. As variáveis avaliadas incluem: índice de fluorescência variável e máxima, condição hídrica de plantas, transpiração, eficiência do uso da água, fotossíntese, carbono e condutância estomática. A colheita foi realizada aos 120 dias após transplante (DAT) das mudas foram determinadas as produtividades de frutos verdes, maduros e podres. Após a colheita, realizou-se análises da massa média, diâmetro e comprimento dos frutos, teores de sólidos solúveis, pH da polpa, acidez titulável, firmeza do fruto e rendimento industrial de polpa. As avaliações foram submetidas a análise de variância a nível de significância de 5 % e 7% para A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e gsw ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) com teste de média utilizando scott knott e regressão quadrática para as avaliações significativas adubação, os intervalos de 3 e 5 dias, potencializaram significativamente a produtividade dos tomateiros, quando as plantas em condição de ETc de 150% as plantas apresentaram maior transpiração e eficiência no uso da água. O regime de ETc a 100% as plantas tiveram maior taxa de fotossíntese.

Palavra-chave: Fertirrigação, Evapotranspiração de referência da cultura (ETc), manejo de irrigação, *Solanum lycopersicom* L., Cobertura do tomateiro.

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivation is highly dependent on adequate fertilization practices and irrigation to ensure efficient production. Thus, the objective of this research was to evaluate the influence of splitting nitrogen and potassium fertilization, associated with different levels of irrigation, on tomato development and productivity. The experiment was conducted in a greenhouse located at the Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, GO (885 m altitude, 17°49'19" South latitude and 49°12'11" West longitude). The experiment was designed in randomized blocks, using the split-plot scheme. The plots received three levels of evapotranspiration (50%, 100% and 150% of Crop Evapotranspiration). The subplots were subjected to different top-dressing fertilization splitting schemes, applied on fertigation with Nitrogen and Potassium: (1) fertilization every 12 days; (2) fertilization every 10; (3) fertilization every 8 days; (4) fertilization every 5 days; (5) fertilization every 3 days. The treatments were composed of the association of each security level with each level of fertilization installment. The variables evaluated include: variable and maximum fluorescence index, plant water condition, transpiration, water use efficiency, photosynthesis, carbon and stomatal conductance. The harvest was carried out 120 days after transplantation (DAT) of the seedlings and the productivity of green, ripe and rotten fruits was determined. After harvest, we carried out analyzes of the average mass, diameter and length of the fruits, soluble solids content, pulp pH, titratable acidity, fruit firmness and industrial pulp yield. The evaluations were subjected to analysis of variance at a significance level of 5% and 7% for A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and gsw ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) with mean test using scott knott and quadratic regression for the significant evaluations, fertilization, intervals of 3 and 5 days, significantly increased the productivity of tomato plants, when plants in conditions of ETc of 150% the plants showed greater transpiration and water use efficiency. In the 100% ETc regime, plants had higher photosynthesis rates.

Keywords: Fertigation, Crop reference evapotranspiration (ETc), irrigation management, *Solanum lycopersicom* L., Tomato cover.

INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) destaca-se como uma das olerícolas mais amplamente cultivadas no mundo (WANG et al., 2021). O Brasil ocupa atualmente a posição de destaque como o sétimo maior produtor mundial na cultura do tomate, com o Estado de Goiás liderando a produção nacional (ZAYAT et al., 2022).

A vitalidade do tomateiro está intrinsecamente vinculada à disponibilidade hídrica durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, o que ressalta a importância de estratégias eficazes para otimizar os cultivos irrigados. Em cultivos irrigados, estabelecer uma relação equilibrada entre a quantidade de água aplicada e o desempenho da cultura torna-se primordial (LIPAN et al., 2021). Entretanto, apesar da variedade de métodos e estratégias de irrigação disponíveis, é comum observar práticas baseadas na experiência individual e empírica dos produtores, com eficiência reduzida (COLIMBA-LIMAICO, 2022).

A demanda significativa de nutrientes pelo tomateiro ao longo de seu ciclo de vida exige uma abordagem cuidadosa no fornecimento de fertilizantes, segmentando as doses conforme as necessidades da cultura em diferentes estágios de desenvolvimento nesse contexto, o parcelamento da aplicação de nutrientes por meio da fertirrigação tem sido eficaz, resultando em economias superiores a 25%, comparado aos sistemas convencionais de fertirrigação (FARNESELLI et al., 2020).

A relação intrincada entre irrigação e adubação é evidente, onde o excesso de fertilizantes, aliado ao uso indiscriminado da irrigação, pode resultar na perda acentuada de nutrientes (LV et al., 2019). Além disso, a salinização do solo, decorrente da acumulação excessiva de sais, pode ultrapassar a tolerância da cultura, reduzindo a disponibilidade de água para as plantas, devido aos impactos nos processos metabólicos e fisiológicos, com redução da qualidade e produção da cultura (MOREIRA DE CARVALHO et al., 2020).

A interação sinérgica entre nitrogênio e potássio assume papel importante na busca por incrementos de produtividade e qualidade das culturas. O equilíbrio adequado entre esses nutrientes pode influenciar tanto o crescimento vegetativo, quanto o reprodutivo das plantas (ORTAS et al., 2013). O potássio (K), sendo o nutriente mais absorvido pelo tomateiro, desempenha funções essenciais nos processos fotossintéticos, na ativação de enzimas, na manutenção do potencial osmótico e na estabilidade celular. Por sua vez, o nitrogênio (N), como o segundo nutriente mais exigido pelo tomateiro, exerce efeitos rápidos sobre o crescimento vegetal, sendo indispensável para maximizar a produtividade (LUCENA et al.,

2013).

Assim, a presente pesquisa vem de encontro à necessidade de se conhecer e apresentar uma relação ideal entre níveis de aplicação de água pela irrigação e níveis de parcelamento da adubação em cobertura, aplicadas via fertirrigação, utilizando os nutrientes Nitrogênio e Potássio, para a cultura do tomateiro. Tais informações poderão auxiliar o produtor de tomate na tomada de decisão sobre o melhor manejo da irrigação e adubação para obtenção de maiores produtividades da cultura.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. A cultura do tomate

A história do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) remonta às regiões andinas, em altitudes elevadas, abrangendo desde o Equador até o norte do Chile, onde essa espécie era cultivada por civilizações como os Incas, Maias e Astecas (VAN ANDEL et al., 2022). O tomate é um fruto versátil, com aplicação tanto para consumo in natura quanto para processamento industrial, demanda práticas de manejo específicas e condições de cultivo e pós-colheita meticulosas para atender aos padrões de qualidade exigidos pelos consumidores (DINGLEY et al., 2022).

O tomate, parte integrante das hortaliças mais cultivadas e consumidas no mundo, desempenha um papel importante na economia, gerando empregos e impulsionando a cadeia de produção e comercialização. Globalmente, o Brasil ocupa a nona posição na produção de tomates, destacando-se Estados como Goiás, São Paulo e Minas Gerais (TRENTO, 2021).

Em particular, o Estado de Goiás reserva aproximadamente 55.815 mil hectares para o cultivo e produção do tomateiro industrial, com destaque para os municípios de Cristalina e Morrinhos, desde os anos noventa (IBGE, 2020; LANDAU et al., 2020). A importância econômica destas regiões se evidencia pelo expressivo aumento na produção de tomate, alcançando 224.000 toneladas em Cristalina e 167.940 toneladas em Morrinhos no ano de 2016.

O cultivo do tomateiro a campo é comumente realizado em estações do ano com ausência ou redução de precipitação, tornando a irrigação uma prática essencial (BASILIO, 2019). A relação entre os níveis de irrigação e a produtividade do tomateiro é direta, sendo que o déficit hídrico pode resultar na redução, tanto da produtividade, quanto do peso dos

frutos (SILVA, 2018a).

O ciclo de cultivo do tomateiro pode ser dividido em três fases distintas, determinadas pela contagem de dias. A primeira fase, com duração de quatro a cinco semanas, compreende desde o transplante das mudas até o início do florescimento, que ocorre aproximadamente aos 60 ou 75 DAT. A segunda fase, com duração de cinco a seis semanas, inicia-se no florescimento e culmina no início da colheita, ocorrendo entre 105 e 115 DAT. Por fim, a terceira fase abrange o período do início ao término da colheita, podendo chegar a seis meses para cultivares indeterminados, enquanto que para cultivares determinadas, a duração é de três a cinco semanas (ALVARENGA, 2022).

1.1.1. O híbrido

O tomateiro de crescimento determinado apresenta-se como uma opção robusta em comparação a outras variedades, destacando-se por sua resistência e pela dispensa de alguns tratamentos culturais comuns em cultivos protegidos, como desbrota, durante todo ciclo, longos tutoramentos e podas. Essa última característica não apenas simplifica o manejo, mas também resulta na redução da necessidade de mão de obra (TRENTO, 2021).

As cultivares de hábito determinado, destinadas principalmente à indústria de processamento, adaptam-se ao cultivo rasteiro, caracterizando-se por hastes de aproximadamente 1 metro e crescimento menos vigoroso. Nesse hábito, a distribuição das inflorescências é mais concentrada temporalmente, proporcionando uma uniformidade notável na maturação e tamanho dos frutos, independentemente da posição na planta (PEIXOTO et al., 2017; VIEIRA et al., 2018).

A crescente exigência do mercado consumidor por alimentos de alto padrão nutricional impulsiona a necessidade de cultivares que atendam a esses critérios. Parâmetros como forma e tamanho do fruto, firmeza, espessura de pericarpo, sólidos solúveis e acidez titulável são variáveis cruciais que influenciam a qualidade nutricional do fruto (Peixoto et al., 2018). Nesse contexto, a escolha da cultivar torna-se uma decisão estratégica, influenciando diretamente a resposta da planta ao ambiente e às características nutricionais dos frutos.

O híbrido HMX 7885, por exemplo, destaca-se por apresentar frutos oblongos, grandes, muito firmes, com excelente qualidade interna e espessura de parede notável. Estudos prévios indicam que essa cultivar possui menor porcentagem de maturação dos frutos, entretanto, essa característica é compensada por uma vantagem logística significativa: maior relação peso/volume transportado (Soares & Rangel, 2008).

Curiosamente, apesar das excelentes características comerciais desse híbrido, há uma lacuna na literatura científica em relação à avaliação de suas necessidades hídricas e respostas à adubação em ambientes protegidos. Esta escassez de estudos é particularmente notável, considerando a relevância do HMX 7885 para o mercado de tomates de mesa, ressaltando a importância de investigações que possam otimizar o manejo dessa cultivar em ambientes controlados. Essa lacuna destaca a necessidade de pesquisas específicas para orientar os produtores sobre as práticas mais eficazes, a fim de maximizarem o potencial produtivo e a qualidade do tomateiro de crescimento determinado, em ambientes protegidos.

1.2. Sistemas de irrigação para o tomateiro

O manejo da irrigação no cultivo do tomateiro em ambiente protegido apresenta uma diversidade de abordagens, frequentemente, baseadas na experiência prática dos produtores. Contudo, a irrigação atualmente realizada empiricamente, muitas vezes, carece de eficiência no que diz respeito à utilização da água. Dada a alta demanda hídrica do tomateiro, a inadequação no suprimento de água pode impactar negativamente tanto no crescimento, quanto na produção. Tanto o déficit, quanto o excesso hídrico podem resultar em consequências indesejáveis, como a saturação do solo, levando a condições anaeróbicas, morte de raízes, atraso na floração e distúrbios nos frutos (CHAND et al., 2021).

A irrigação por gotejamento emerge como uma das estratégias mundialmente mais populares e eficazes, oferecendo vantagens notáveis, como alta eficiência no uso de fertilizantes e práticas ecologicamente corretas (QU et al., 2020). Além disso, a evaporação da água do solo é reduzida, pois apenas uma parte do solo é molhada, tornando o sistema preferido em pomares e cultivos de hortaliças em todo o mundo (ZHANG, 2018).

No entanto, a frequência inadequada de irrigação, pode resultar em redução do rendimento e má qualidade dos frutos (ZHANG, 2022a). O nível ótimo de irrigação é uma variável dinâmica influenciada por fatores ambientais, como altitude e temperatura, que podem desencadear estresse hídrico e prejudicar a absorção e transporte de água pela planta (LIU, 2018).

A técnica de irrigação por gotejamento alternado, apesar de ser uma estratégia eficaz, requer consideração especial durante estágios sensíveis do desenvolvimento do tomateiro, como florescimento e frutificação. Estudos revelam que estratégias de irrigação mantendo 80% da Evapotranspiração da Cultura (ETc) resultaram em maior rendimento, representando um déficit de 20% em relação ao método tradicional (STOYANOVA et al., 2019).

A implementação de déficit de irrigação surge como uma estratégia relevante não apenas para economizar água, um recurso muitas vezes escasso, mas também para avaliar até que ponto esse método pode aprimorar a produção por unidade de água aplicada. Embora a água seja aplicada abaixo do ideal, esse método não apenas economiza recursos, mas também induz alterações fisiológicas que podem aumentar a eficiência no uso de água e, conseqüentemente, aumentar a qualidade dos frutos (KHAPTE et al., 2019).

Além da forma de aplicação da água, a quantidade necessária, e o momento adequado da adubação, de acordo com a curva de absorção e desenvolvimento da cultura, são fatores críticos. O tomateiro, conhecido por sua alta exigência em adubação, responde significativamente a doses elevadas de fertilizantes (MAROUELLI et al., 2012).

O excesso de água e fertilizantes pode impactar negativamente o crescimento das raízes, a morfologia e as perdas de nutrientes. Uma abordagem adaptativa na irrigação pode resultar em desenvolvimento positivo em várias culturas (HU et al., 2021).

A influência do manejo da irrigação na qualidade do tomateiro ainda não é totalmente compreendida. Avaliações de déficit hídrico e eficiência na irrigação indicam rendimentos estáveis e de excelente qualidade. A análise da relação entre parâmetros como características dos frutos e eficiência de fertilizantes emerge como uma área de estudo fundamental (FRANCAVIGLIA, R & DI BENE, C, 2019). A implementação adequada do manejo da irrigação não apenas minimiza a incidência de doenças, reduz os custos com água e energia, maximiza a produtividade e a eficiência no uso de água e nutrientes, mas também aumenta os teores de sólidos solúveis totais, tornando a atividade mais lucrativa (SILVA et al., 2019). Essa abordagem holística enfatiza a necessidade de uma gestão cuidadosa da irrigação para promover não apenas a eficiência agrônômica, mas também a sustentabilidade econômica e ambiental no cultivo protegido do tomateiro.

1.3. Adubação do tomateiro

A adubação de cobertura tem função de manutenção das concentrações de nitrogênio (N) e potássio (K) em cultivos de tomateiro, fornecendo de forma gradual para otimizar a eficiência nutricional, ajustada às distintas necessidades da planta em diferentes fases de desenvolvimento (TRANI et al., 2015).

O tomateiro com um ciclo variando de 95 a 130 dias, a duração específica de cada estágio de desenvolvimento é fortemente influenciada por fatores genéticos, saúde da planta e nutrição adequada (MAROUELLI et al., 2012; SCHMIDT et al., 2017).

A extração de macronutrientes por tonelada de colheita exibe considerável variação, sendo impactada pelo tipo de tomate e por condições nutricionais e ambientais. A recomendação de adubação com base na estimativa de produção almejada ganha relevância, e as marchas de absorção proporcionam uma estratégia eficiente ao permitir aplicações alinhadas com as necessidades da cultura.

O nitrogênio, componente vital de aminoácidos, proteínas, clorofila e enzimas, representa papel fundamental no desenvolvimento foliar e na capacidade fotossintética das plantas (ALVARENGA, 2022). A demanda mais elevada de potássio (K) pelo tomateiro, em comparação a outros nutrientes, destaca a importância do equilíbrio entre N e K. O desequilíbrio pode criar um ambiente propício para pragas (OLIVEIRA et al., 2021). Durante o ciclo de cultivo, o nitrogênio (N) é essencial para aumentar a massa fresca das folhas, frutos e a massa seca das raízes. A falta de N durante a frutificação impacta negativamente a produção e a coloração dos frutos (SILVA LIMA, 2018). Em excesso, o N direciona a energia para o desenvolvimento vegetativo, retardando o florescimento e a frutificação (RASHID et al., 2016).

O manejo nutricional pode ser adaptado conforme as mudanças na demanda da cultura ao longo do ciclo fenológico. A combinação estratégica de N e tempo de irrigação, especialmente em estágios críticos de crescimento, pode aprimorar a absorção de N, impulsionando o crescimento e a produtividade do tomateiro (AYANKOJO, I. T & MORGAN, K, T. 2021).

O potássio (K) tem importância multifacetada, participando da fotossíntese, ativação enzimática, síntese de proteínas e outros processos bioquímicos e fisiológicos. Sua deficiência interfere nas atividades mencionadas, causando redução no crescimento, senescência foliar precoce e até murcha permanente (LIU, 2019). Um equilíbrio adequado de K melhora a acidez dos frutos, aumenta os níveis de metabólitos e ácidos, sem comprometer os teores de açúcar, contribuindo para um fruto de qualidade superior (REBOUÇAS, 2016; WEINERT, 2021).

Nesse contexto, a adubação equilibrada emerge como uma estratégia fundamental para otimizar a nutrição, promovendo não apenas a produtividade, mas também a qualidade dos frutos no cultivo de tomateiros em ambientes protegidos.

1.4. Evapotranspiração da cultura (ETc) e coeficiente da cultura (Kc) em ambiente protegido

A avaliação adequada da evapotranspiração da cultura (ET_c) é importante para a otimização do uso da água de irrigação e melhoria da qualidade dos frutos cultivados em ambientes protegidos (GONG, 2019). Este termo refere-se à perda total de água de uma cultura, em determinado período, sem considerar a presença de pragas e doenças, com adubação equilibrada, em condições ideais para atingir a produção máxima sob as condições climáticas prevalentes (VANINO, 2018).

A estimativa da lâmina de irrigação, da evapotranspiração da cultura e do momento adequado para irrigar pode ser estimada por métodos que requerem informações climáticas (precipitação pluvial, temperatura, luminosidade, umidade relativa do ar, velocidade do vento) e fatores específicos da cultura (estádio fenológico, profundidade do sistema radicular, fisiologia de absorção e transferência de água para a atmosfera) (MANTOVANI, 2006).

Diversos métodos, incluindo balanço energético e microclimáticos com lisímetros, dados meteorológicos e dados da cultura, são empregados para determinar a ET_c, sendo o método de Penman-Monteith um dos mais utilizados. Neste método, o valor de ET_c é estimado com base no coeficiente de cultivo (K_c), que incorpora variáveis climáticas à evapotranspiração de referência (ET_o) e características específicas da cultura ao K_c. O K_c representa a razão entre a evapotranspiração da cultura (ET_c) e a evapotranspiração de referência (ET_o) (ALLEN et al., 1998).

O método parametrizado pela FAO tornou-se uma referência, aproximando-se mais da ET_o da grama no local avaliado. Ele incorpora parâmetros físicos e resistências aerodinâmicas do dossel da cultura, fornecendo uma robusta para a estimativa da ET_c (ALBUQUERQUE, 2001).

A ET_c é essencial no dimensionamento de sistemas de irrigação e na gestão eficiente da água nos cultivos. Ela caracteriza o volume de água necessário repor a ser repostado no solo para atender a necessidade do cultivo atual, mantendo o crescimento e a produtividade da cultura compatíveis com as condições da região (PEREIRA; SEDIYAMA; VILLA NOVA, 2013). Uma estimativa precisa e sistemática da ET_c é essencial para garantir a sustentabilidade e eficiência nos sistemas de irrigação, contribuindo para uma produção agrícola mais eficaz e sustentável em estufas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a influência do parcelamento da adubação nitrogenada e potássica, associado à diferentes níveis de irrigação, no desenvolvimento e na produção do tomateiro.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar os melhores níveis de ETc na cultura do tomateiro para as condições de ambiente de protegido.
- Determinar o número ideal de parcelamento da adubação nitrogenada (N) e potássica (K) para o cultivo do tomateiro destinado ao processamento industrial;
- Avaliar a produtividade do tomateiro industrial em função dos níveis de irrigação e parcelamento da adubação com N e K;
- Avaliar o desenvolvimento vegetativo da cultura em função dos níveis de irrigação e parcelamento da adubação com N e K considerados;
- Avaliar a qualidade dos frutos do tomateiro em função dos níveis de irrigação e parcelamento da adubação com N e K estudados;
- Avaliar a eficiência do uso de água pelo tomateiro nos diferentes tratamentos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido no período de março de 2023 a julho de 2023, no Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, Goiás, a 17°49'19" sul, 49°12'11" oeste, 885 m de altitude. o clima na região é classificado como Aw, tropical semiúmido, com verão chuvoso e inverno seco, conforme Köppen e Geiger (1948).

3.2. Área experimental

O tomateiro foi cultivado em vasos alocados ao nível do solo de um ambiente protegido com 25 m x 10 m de área e pé-direito de 5 m, com cobertura plástica de 150 micra de espessura e laterais com tela antiofídica.

O solo coletado é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distroférrico. Antes da instalação do experimento, foram realizadas amostragens de solo, coletadas de

forma aleatória com 20 subamostras, formando 1 amostra composta, a qual foi enviada ao laboratório para análise química e física do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química e física do solo da área experimental. Morrinhos – GO

2023											
Análise química								Granulométrica			
pH água	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	Matéria Orgânica	Areia	Silte	Argila
	----- mg dm ⁻³ -----			----- cmol _c dm ⁻³ -----				- g dm ⁻³ -	----- g kg ⁻¹ -----		
5,7	1,1	13,8	3,4	0,8	1,2	0,0	1,3	12,0	630	130	240
Após Calagem e Potassagem											
Análise química								Granulométrica			
pH água	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	Matéria Orgânica	Areia	Silte	Argila
	----- mg dm ⁻³ -----			----- cmol _c dm ⁻³ -----				- g dm ⁻³ -	----- g kg ⁻¹ -----		
6,2	2,7	262,6	35,9	2	0,9	0,0	1	12,0	-	-	-

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).

3.3. Preparo, Correção e Adubação do solo

O preparo do solo iniciou com a coleta de solo por um trator, com posterior análise físico-química do mesmo, a qual foi realizada em laboratório especializado. As adubações e correções do solo foram conduzidas conforme os níveis de fertilidade apresentado pela análise e recomendações do boletim IAC, 215.

Após análise do solo, a calagem e potassagem foram realizadas elevando a saturação de bases para 80%, a fim de suprir a necessidade de cálcio e magnésio, e corrigindo a quantidade de potássio no solo para 70 mg/dm³, utilizando como referência de adubação o Boletim Técnico IAC, 215.

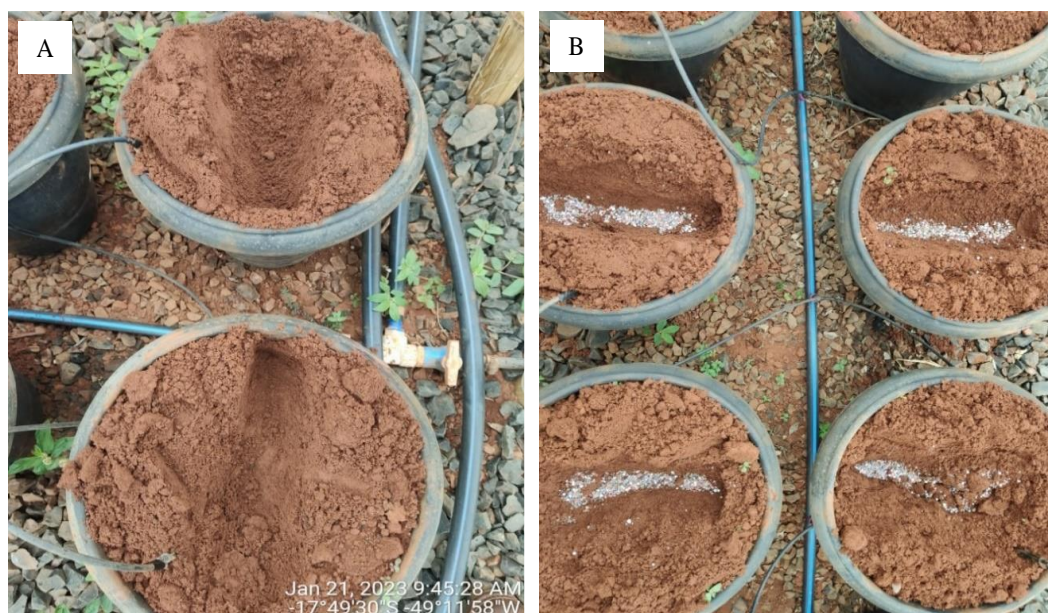
$$NC \text{ (T/ha}^{-1}\text{)} = \frac{(v_2 - v_1) \cdot CTC}{PRNT} \quad (1)$$

Em que: NC é a necessidade de calagem em toneladas por hectare; V2 é a saturação de base desejada; V1 saturação de base atual do solo; CTC a capacidade de troca de cátions em cmol_c dm⁻³; PRNT é o poder relativo de neutralização total.

O calcário dolomítico foi aplicado com dosador, considerando a dose de 1 t ha⁻¹ em área total, em 58 dias antes da instalação do experimento (04/03/2023). A incorporação do calcário foi realizada com o auxílio de uma betoneira para incorporação em que posteriormente os vasos foram preenchidos com o solo.

Para suprir as deficiências de nutrientes no solo, exigidos pela cultura, e atingir a produtividade esperada, foram aplicados durante todo ciclo da cultura: 19,7 g de N por planta; 12,4g de P₂O₅ por planta; 39,5 g por planta de K₂O; 4,3 g de Mg por planta; 8,5 g de S por planta. Foram utilizadas as fontes em formulado de NPK, 04-30-16, nitrato de cálcio, sulfato de magnésio e cloreto de potássio branco, nas proporções que atendessem as necessidades da cultura, considerando a análise do solo.

A adubação de plantio foi realizada em sulcos de 15 cm de profundidade, abertos dentro dos vasos, onde a adubação foi proporcional a cada planta (Figuras 1A e B). Após a distribuição do adubo, os sulcos foram cobertos com solo.



Fonte: Próprio autor.

Figura 1. Abertura de sulcos de plantio (A) e distribuição do adubo a 15 cm de profundidade (B). Morrinhos, GO, 2023.

3.4. Delineamento, tratamentos e condução do experimento

O experimento foi delineado em blocos casualizados, utilizando o esquema de parcelas subdivididas (Figura 2). As parcelas receberam três lâminas de irrigação (50%, 100% e 150% da Evapotranspiração da Cultura). As subparcelas foram submetidas a diferentes esquemas de parcelamento da adubação em cobertura, aplicadas via fertirrigação com Nitrogênio e Potássio: (1) adubação a cada 12 dias com 458,49 gramas de nitrato de cálcio e 237,38 gramas de KCL branco; (2) adubação a cada 10 com 381,96 gramas de nitrato de cálcio e 197,82 gramas de KCL branco; (3) adubação a cada 8 dias com 308,84 gramas de

nitrate de cálcio e 158,25 gramas de KCL branco; (4) adubação a cada 5 dias com 190,80 gramas de nitrate de cálcio e 98,89 de KCL branco; (5) adubação a cada 3 dias com 114,48 gramas de nitrate de cálcio e 59,34 gramas de KCL branco. A dosagem utilizada está considerando 36 plantas sendo 12 plantas por parcelas e 3 repetições. Os tratamentos foram compostos pela associação de cada nível de irrigação com cada nível de parcelamento de adubação.

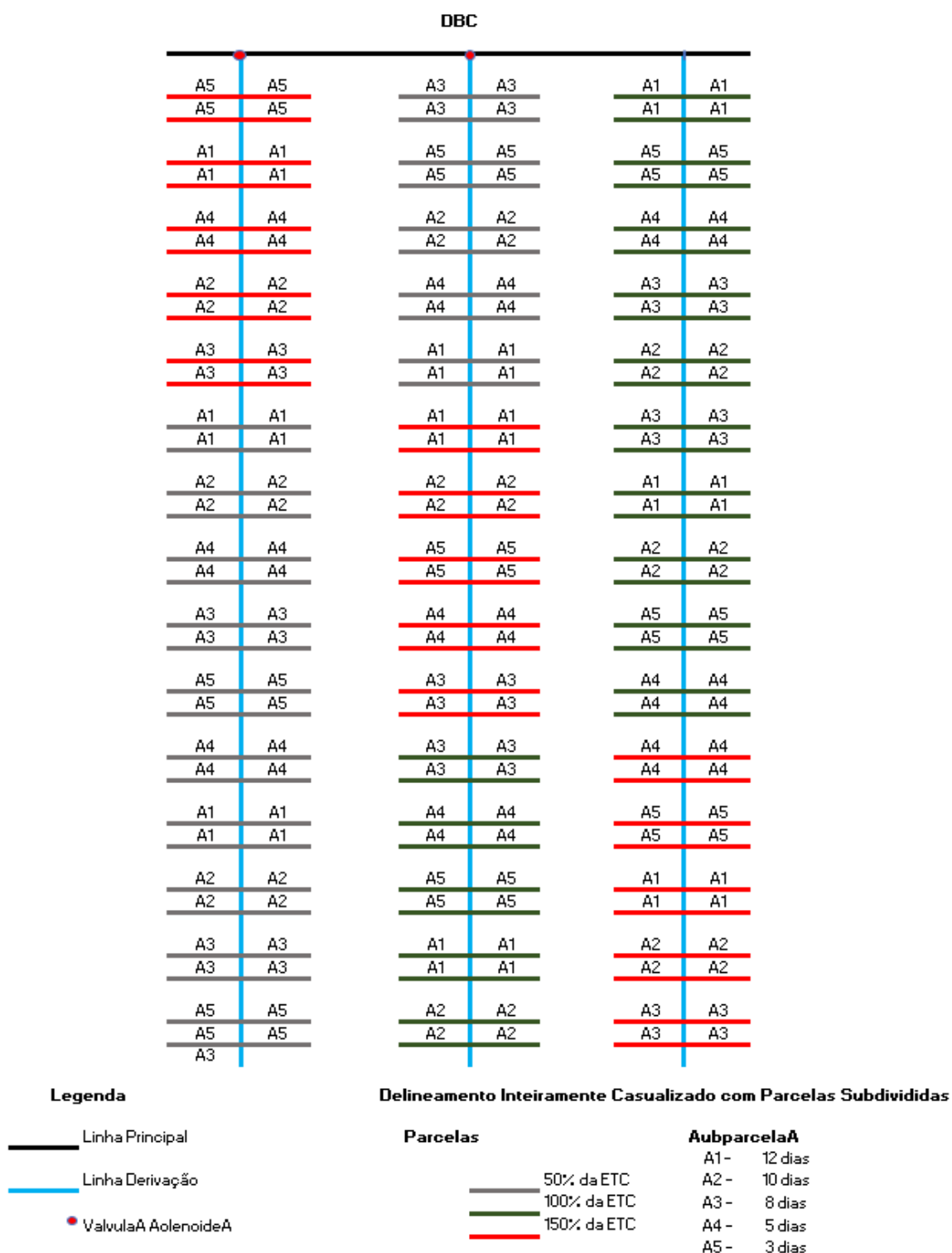
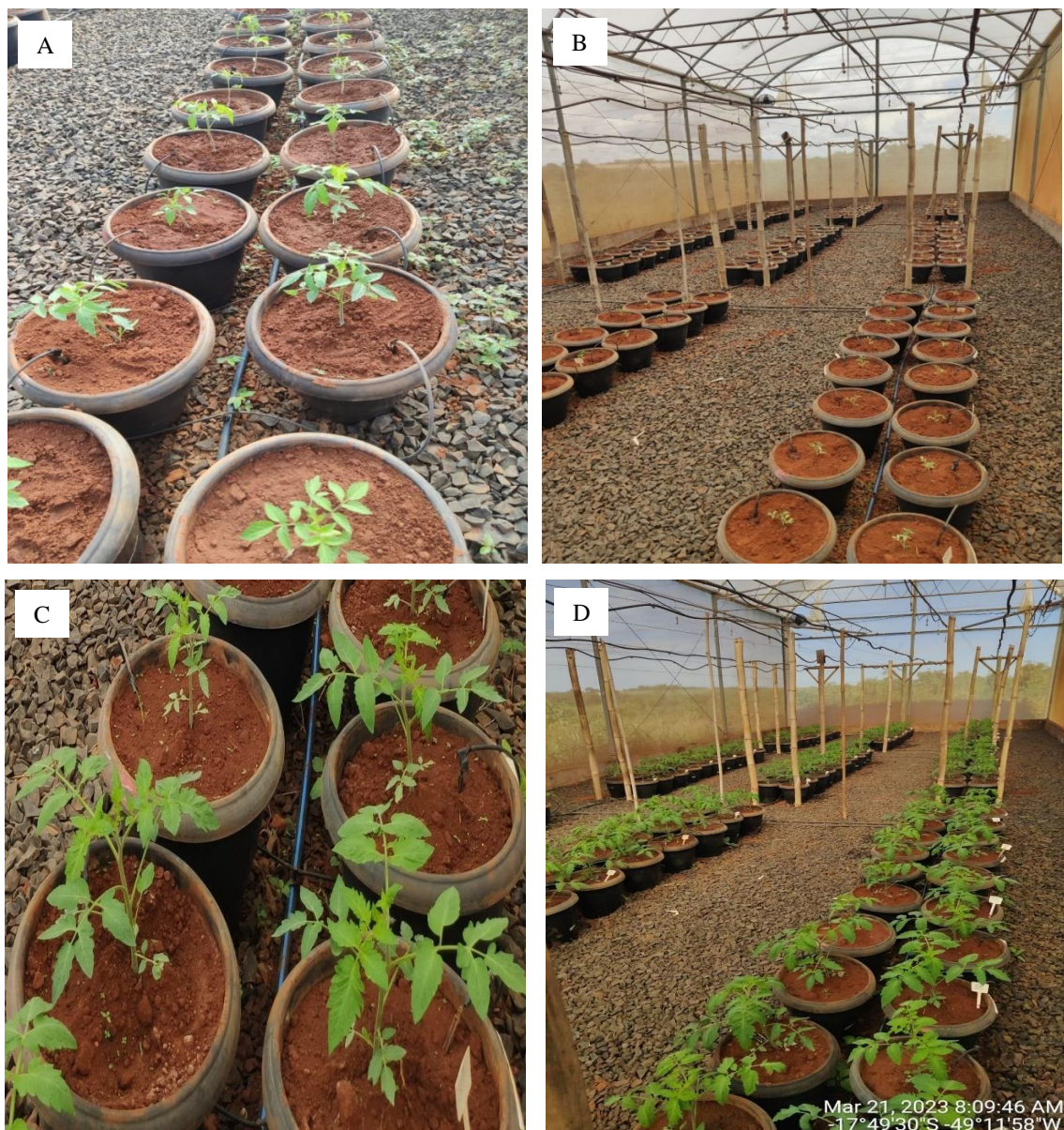


Figura 2. Esquema de instalação do sistema de irrigação e delineamento experimental. Morrinhos, GO, 2023.

Na condução do experimento, foram utilizadas mudas de tomateiro para processamento industrial, híbrido “HMX 7885”. As mudas foram produzidas em viveiro

especializado por meio de sementes comerciais, utilizando bandejas de 400 células, e posteriormente transplantadas para vasos em 30 dias após a semeadura.

As plantas foram cultivadas em vasos de 14,5 L (33 cm altura, 29 cm de diâmetro na borda superior e 17 cm de diâmetro na base), preenchidos com o solo coletado (Figura 3). A plantas do tomateiro foram tutoradas a meia estaca, com altura de 1,5 metros e o desbrote foi realizado até o primeiro ramo floral. A colheita realizada aos 120 DAT de forma manual em 4 plantas por tratamento.



Fonte: Próprio autor.

Figura 3. Imagem (A) subparcela que se compõe com quatro plantas, imagem (B) uma parcela no qual se tem 10 plantas sendo cada fileira dupla uma parcela com variação entre as demais ETCs, imagem C logo após transplante das mudas e (D) área experimental, quinze dias após transplante das mudas. Morrinhos, GO, 2023.

3.5. Sistema e manejo de irrigação

A irrigação foi realizada por um sistema de gotejamento, com um emissor autocompensante fornecendo água para duas plantas. Utilizou-se manifolds de duas saídas, microtubos e estacas gotejadoras para distribuir a vazão nos vasos.

A irrigação foi realizada utilizando o sistema automatizado por controlador com válvulas solenoides para a injeção de água no sistema, com filtro modular de 120 mesh em pressão de serviço de 1 kPa, com conjunto motobomba de 1/4 CV, monoestágio, instalado ao lado da área experimental, o qual é destinado unicamente para irrigação do ambiente protegido. Um reservatório ao lado do local do experimento abastecia água para o sistema de irrigação.

A eficiência do sistema de irrigação foi avaliada por meio do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e pelo coeficiente de Uniformidade (CUD), apresentados nas Equações 1 e 2.

$$CUC = 100 \cdot \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n \cdot q_m} \right] \quad (2)$$

$$CUD = 100 \cdot \frac{q_{25}}{q} \quad (3)$$

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 ($L h^{-1}$); n é o número de coletores; e q_{25} é a média de 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 2024 estão expressos na tabela 2. Sendo os valores obtidos, considerados excelentes para o sistema de gotejamento, conforme recomendações de (MANTOVANI, 2001).

Tabela 2. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) do sistema de irrigação em 2024, Morrinhos - GO

Bloco	CUC (%)	CUD (%)
I	94,74	92,61
II	97,37	96,47
III	95,06	94,34
Média	95,74	94,48

O manejo da irrigação foi realizado com base na evapotranspiração da cultura (ETc, mm dia⁻¹), a qual foi estimada pela variação da massa de água com o solo na capacidade de campo, considerando o peso do vaso e com o solo seco aferido com balança digital de precisão de 0,1 kg.

Os tempos de irrigação foram estimados proporcionalmente a ETc medida nos vasos e a vazão do gotejador de 4, 8 e 12 L/h para os níveis de 50, 100 e 150%, respectivamente, possibilitou a utilização do mesmo tempo de irrigação para todos os tratamentos. As irrigações e os tempos de irrigação foram aplicados automaticamente através de válvula solenoide e sistema controlador automatizado, sendo programado para irrigações diárias (turno de rega de 1 dia), com aplicação de 4 pulsos de irrigação ao longo do dia.

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. A partir de então, as lâminas de irrigação foram proporcionais à evapotranspiração potencial diária das plantas de tomateiro (ETc).

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

A quantidade de irrigação a ser reposta (% ETc), foi determinada em função da média de 3 lisímetros de pesagem. O cálculo da ETc foi realizado em função da massa média de três lisímetros na umidade de capacidade de campo (M_{θ_{cc}}) e dos lisímetros na umidade atual (M_{θ_a}), cultivados com uma planta de tomateiro em cada lisímetros.

$$Etc = \frac{P_{\theta_{cc}} - P_{\theta_a} \cdot \rho_a}{\pi \cdot D^2} \quad (4)$$

Em que: ETc é a evapotranspiração das plantas (mm); P_{θ_{cc}} é o peso do lisímetro + muda + solo na umidade de “capacidade de campo”; P_{θ_a} é o peso atual, de 3 lisímetro + muda + solo na umidade atual; ρ_a é a massa específica da água (considerou-se 1,0 g cm⁻³); e D é o diâmetro da borda do recipiente, na altura do solo (cm).

As medidas de massa (M_{θ_{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.

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

$$T_i = 60 \left(1,05 \cdot \left(\frac{ET_c}{Q} \right) \right) \quad (5)$$

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 3 lisímetros (mm); Q é a vazão do gotejador ($8L h^{-1}$); L é a fração de reposição da ET_c (0,50; 1,00; e 1,50).

3.6. Tratos Culturais

O manejo fitossanitário foi realizado de acordo com as recomendações de Alvarenga, (2022). Para a cultura do tomateiro na região do experimento, visando deixar a cultura livre de plantas daninhas, pragas e doenças, para que a cultura expressasse o máximo potencial de desenvolvimento, crescimento e produtividade em condições de cultivo protegido e em resposta aos tratamentos aplicados.

O controle das plantas daninhas foi realizado de forma manual, com arranquio das plantas invasoras nos vasos. O controle de pragas e doenças ocorreu de forma preventiva, alternando produtos de diferentes princípios ativo e grupos químicos, com aplicações conforme o monitoramento da área (Anexo A), através de pulverizações foliares. Todas as aplicações foram realizadas utilizando pulverizador de barra manual (Brudden), calibrado com um volume de calda correspondente a $400 L ha^{-1}$.

3.7. Características avaliadas

Durante o ciclo de cultivo, a colheita e a pós-colheita, foram realizadas avaliações de características que apresentar a interação dos tratamentos no desenvolvimento vegetativo, na produtividade e na qualidade da produção do tomateiro.

3.7.1. Altura e diâmetro de planta

A altura de planta e diâmetro de caule foram avaliados ao longo do desenvolvimento da cultura, aos 30, 45 e 60 DAT, utilizando régua de alumínio de 50 cm e paquímetro digital com precisão de 0,1mm, respectivamente, avaliando-se todas as plantas da área experimental.

Não foi possível seguir com as avaliações até o fim do ciclo devido ao crescimento da cultura ocorrer com condução de meia-estaca, no qual os caules ficam retorcidos o que dificultava as leituras, devido ao possível quebramento das plantas durante estes procedimentos.

3.7.2. Tamanho de Fruto

A avaliação de tamanho de fruto foi determinada após a colheita aos 120 DAT em função do diâmetro transversal (DT) e longitudinal (DL) dos frutos, medidos com paquímetro digital em uma amostra de 30 frutos, escolhidos aleatoriamente em cada tratamento.

3.7.3. Sólidos solúveis totais

A análise de sólidos solúveis totais (SST) foi feita após a colheita aos 120 DAT, conduzida por meio de um refratômetro portátil, com escala de 0 a 32 °Brix. Antes de realizar a leitura da amostra, o refratômetro foi devidamente calibrado utilizando água destilada, seguindo metodologia proposta por Moretti et al. (1998). Essa etapa é essencial para garantir a precisão e confiabilidade dos resultados, assegurando que as leituras sejam ajustadas corretamente para a amostra em análise.

Para determinar os valores de sólidos solúveis totais (BRIX), foi extraído o suco de dez frutos completamente maduros, em cada tratamento. Quatro gotas do suco foram aplicadas no prisma do refratômetro e o índice de refração foi lido imediatamente, sendo expresso em °Brix, conforme as diretrizes do Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.7.4. Acidez titulável e pH

A acidez titulável (ACT) foi determinada por titulometria de neutralização (Equação 3) pela metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, até atingir pH igual a 8,2, (Instituto Adolfo Lutz, 2008). O suco celular de dez frutos totalmente maduros, coletados de cada tratamento, foi extraído por uma centrífuga de frutas. Imediatamente, foi transferido 1 mL desse suco para um Erlenmeyer contendo 9 mL de água deionizada, procedendo-se, na sequência, a titulação com NaOH.

$$ACT = \left(\frac{V.F}{P.C} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

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; e C é a constante utilizada para NaOH a 0,1N (valor =10)

Para pH, utilizou-se uma amostra homogeneizada de dez frutos de cada tratamento, da qual foi retirada uma amostra e colocada em um recipiente, onde foi realizada a leitura direta do pH, utilizando um pHmetro digital.

3.7.5. Firmeza dos frutos

A firmeza do tomate foi determinada pelo método do aplanador em uma amostra de 10 frutos maduros, escolhidos aleatoriamente em cada tratamento, seguindo metodologia de CALBO; NERY (1995).

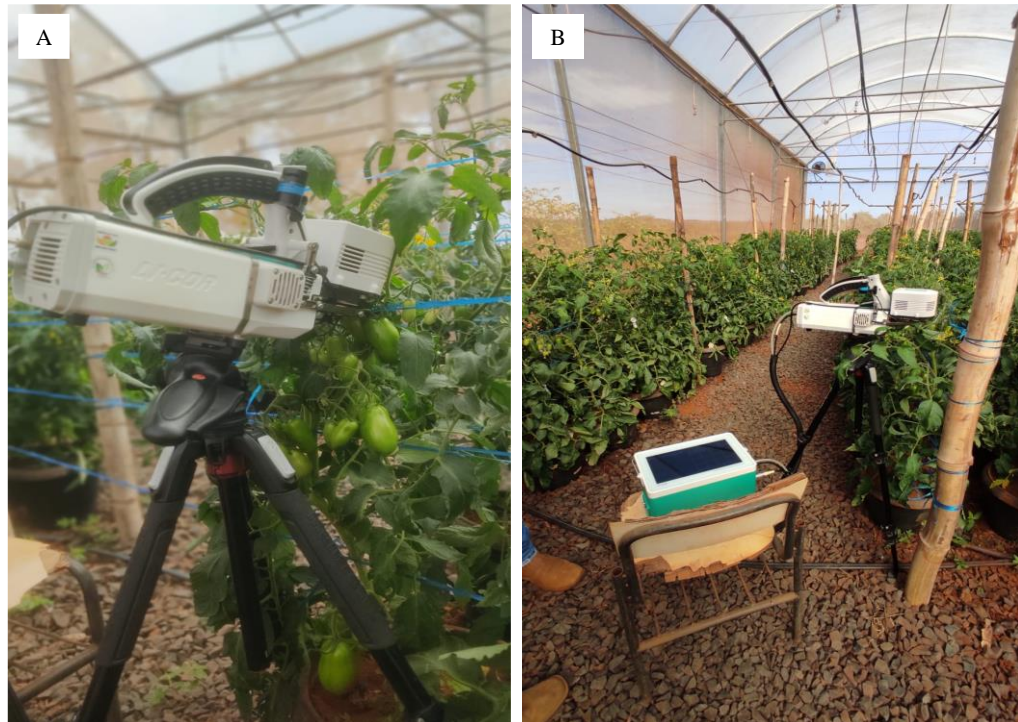
$$FZ = \frac{P}{0,784.CM.CME} \quad (7)$$

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);

3.7.6. Trocas gasosas e eficiência de uso de água

Para a quantificação das características fotossintéticas, aos 54 DAT, utilizou-se um

analisador de gases no infravermelho (IRGA, modelo LI6800, Licor, Nebraska, EUA), apresentado na Figura 4. Dentre as variáveis analisadas, incluíram-se: taxa fotossintética (A, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); condutância estomática (gsw, $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$); taxa transpiratória (E, $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); taxa de transporte de elétrons (ETR); e razão entre a concentração interna e externa de CO_2 (Ci:Ca).



Fonte: Dyarllen Prado.

Figura 4. IRGA montado para iniciar as leituras (A) e IRGA em pleno funcionamento (B). Morrinhos, GO, 2023.

3.7.7. Potencial hídrico (Câmara de Scholander)

As medidas de potencial hídrico (Figura 5) foram realizadas aos 55 DAT, com uso da câmara de pressão (Scholander et al., 1964).



Fonte: Próprio autor.

Figura 5. Avaliação do potencial hídrico: Alocando a folha para avaliação (A); verificando a saída da seiva no pecíolo (B).

3.7.8. Fluorescência (Fluorômetro)

A fluorescência da clorofila-a foi determinada aos 54 e 82 DAT, com auxílio de um fluorímetro modelo Fluorpen FP 100 (Figura 6), a partir das leituras realizadas em 10 plantas por parcela (cinco folhas por planta), no período entre 08:00 e 10:00 h da manhã, sendo as folhas mantidas no escuro durante 30 minutos, com a utilização de cliques especializados. Foram avaliadas as variáveis instantâneas de fluorescência: Fluorescência inicial (F_0), Fluorescência máxima (F_m), Fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m).



Fonte: Dyarllen Prado.

Figura 6. Avaliação da fluorescência, com o fluorímetro. Morrinhos, GO, 2023.

3.7.9. Componentes de produção

Após a colheita, aos 120 DAT, 4 plantas por tratamento foram selecionadas para estimativa da produtividade de frutos maduros. Após a colheita, dez frutos maduros, foram escolhidos ao acaso e levados ao laboratório de pós colheita, para avaliação de: massa média de frutos (g fruto^{-1}), determinada em balança de precisão de 1 grama; diâmetro e comprimento dos frutos (mm), medidos com paquímetro digital. O estande de plantas foi considerando o espaçamento em fileiras duplas com 1,10 metro entre fileiras duplas e 0,40 metros entre plantas e entre linhas chegando ao estande de 33,333 plantas por hectare.

$$D = \frac{10.000m^2}{((1,1+0,4) \div 2) \times 0,4} \quad (8)$$

Em que: D é a densidade populacional por hectare; 10.000 m^2 é a área do hectare; 1,1 metros é o espaçamento entre fileiras duplas; 0,40 metros é o espaçamento entre plantas e

entre linhas na fileira dupla.

3.8. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise variância (teste F Fisher), a 5% de probabilidade. As variáveis que apresentarem efeito significativo dos tratamentos foram submetidas ao teste de média de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, e à regressão. Utilizou-se o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeitos nas variáveis agronômicas e de pós-colheita

Não houve interação significativa entre os fatores lâminas de irrigação aplicadas e os intervalos entre adubações, para nenhuma das variáveis agronômicas e de pós-colheita avaliadas. No entanto, as diferentes lâminas de irrigação e os intervalos entre adubações, individualmente, mostraram efeito significativo na produtividade final dos tomateiros (Tabela 3). Sólidos solúveis, acidez titulável, diâmetro transversal do fruto e diâmetro longitudinal do fruto foram influenciados apenas pelas diferentes lâminas de irrigação. Enquanto que altura de planta e diâmetro do caule somente apresentaram diferença significativa nos diferentes intervalos entre adubações, na primeira medição. Potencial hídrico, diâmetro do caule na segunda medição, diâmetro do caule na terceira medição, diâmetro do caule na quarta medição e firmeza dos frutos não sofreram influência dos tratamentos aplicados (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância para Produtividade (PRODUTIVIDADE), Sólidos solúveis (BRIX), Acidez titulável (ACIDEZT), Potencial hídrico (POTH), Altura de planta (AP), Diâmetro do caule 1(DC1), Diâmetro do caule 2 (DC2), Diâmetro do caule 3 (DC3), Diâmetro do caule 4 (DC4), Diâmetro transversal do fruto (DTF), Diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e Firmeza dos frutos (FZ).

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS											
		PRODUTIVIDADE	BRIX	ACIDEZT	POTH	AP	DC1	DC2	DC3	DC4	DTF	DLF	FZ
Bloco	2	1,565 ^{ns}	0,056 ^{ns}	5,819 ^{ns}	0,002 ^{ns}	100,678 ^{ns}	0,386 ^{ns}	1,216 ^{ns}	0,390 ^{ns}	6,884 ^{ns}	42,226 ^{ns}	16,604 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Parcela	2	2,462 ^{**}	8,498 ^{**}	144,810 ^{**}	0,001 ^{ns}	178,292 ^{ns}	2,948 ^{ns}	0,089 ^{ns}	3,704 ^{ns}	3,789 ^{ns}	760,69 ^{**}	223,205 ^{**}	0,006 ^{ns}
Erro1	4	4,900	0,457	15,958	0,001	31,32	0,535	2,754	0,677	1,555	28,12	9,31	0,011
Subparcela	4	1,600 ^{**}	0,385 ^{ns}	9,801 ^{ns}	0,002 ^{ns}	43,36 ^{**}	0,513 ^{**}	1,177 ^{ns}	0,260 ^{ns}	0,757 ^{ns}	19,066 ^{ns}	1,120 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Parcela*Subparcela	8	3,752 ^{ns}	0,55 ^{ns}	14,761 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	9,266 ^{ns}	0,097 ^{ns}	0,931 ^{ns}	0,179 ^{ns}	1,693 ^{ns}	21,371 ^{ns}	8,439 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Erro2	24	6,588	0,572	10,813	0,001	11,328	0,22	0,597	0,544	1,554	37,021	6,509 ^{ns}	0,005
Coeficiente de Variação 1 (%)		18,03	16,01	20,78	51,42	10,26	7,48	13,19	6,82	9,53	7,32	7,4	27,56
Coeficiente de Variação 2 (%)		20,89	17,9	17,11	43,77	6,17	4,8	6,14	6,11	9,53	8,51	6,19	19,09

GL - Graus de liberdade; ns - não significativo pelo teste de F; ** - Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

4.1.1. Parcelamento da adubação

A produtividade foi significativamente maior para adubações realizadas nos intervalos de 3 e 5 dias, com 430,232 t ha⁻¹ e 436,164 t ha⁻¹, respectivamente (Tabela 4), e reduzindo de forma linear (P<0,05) com o aumento dos intervalos entre adubações (Figura 7). O que explica a alta produtividade foi o alcance de média produtiva por planta quando se estima por hectare com aproximadamente 13 kg por planta, devido as condições da condução do experimento, com irrigação por gotejamento e clima controlado.

Rawat et al (2023) estudando os efeitos da variação da fertirrigação sobre tomate em estufa, com resultados que indicaram produtividade significativamente maior chegando a 182 t ha⁻¹. Resultados semelhantes aos encontrados foram obtidos por Zhang et al (2022) quando variam a quantidade de irrigação e adubação no tomateiro.

De acordo com a FAOSTAT, (2024) a produção média nacional é de 69,90 t ha⁻¹. Essa comparação destaca a importância dos métodos de fertirrigação e manejo de irrigação, conforme sugerido pelas pesquisas de Rawat e Zhang.

Tabela 4. Produtividade de frutos (PRODUTIVIDADE), Sólidos solúveis (BRIX), Acidez titulável (ACIDEZT), Potencial hídrico (POTH), Altura de planta (AP), Diâmetro do caule 1(DC1), Diâmetro do caule 2 (DC2), Diâmetro do caule 3 (DC3), Diâmetro do caule 4 (DC4), Diâmetro transversal do fruto (DT), Diâmetro longitudinal do fruto (DL) e Firmeza dos frutos (FZ) de tomateiros, em função dos intervalos entre adubações.

Característica avaliada	Intervalo de adubação				
	3	5	8	10	12
PRODUTIVIDADE (kg ha⁻¹)	430232 a	436164 a	369431 b	341381 b	365823 b
NMS: 0,05 CV: 19,55%					
BRIX	4,46 a	4,18 a	4,16 a	3,93 a	4,37 a
NMS: 0,05 CV: 17,62%					
ACIDEZ TITULAVEL	19,12 a	19,31 a	18,96 a	17,90 a	20,81 a
NMS: 0,05 CV: 18,22%					
POTH	0,07 a	0,10 a	0,07 a	0,06 a	0,07 a
NMS: 0,05 CV: 43,68%					
AP	57,82 b	55,71 b	53,42 a	53,15 a	52,55 a
NMS: 0,05 CV: 6,64%					
DC1 (cm)	10,01 a	9,98 a	9,59 b	9,84 a	9,47 b
NMS: 0,05 CV: 4,87%					
DC2 (cm)	13,02 a	12,60 a	12,48 a	12,76 a	12,04 a
NMS: 0,05 CV: 7,59%					
DC3 (cm)	12,02 a	12,25 a	12,11 a	12,14 a	11,80 a
NMS: 0,05 CV: 5,73%					
DC4 (cm)	13,28 a	12,86 a	13,25 a	12,69 a	13,34 a
NMS: 0,05 CV: 9,62%					
DT (cm)	72,69 a	73,97 a	71,76 a	73,46 a	70,30 a

NMS: 0,05 CV: 7,96%					
DL (cm)	41,38 a	41,67 a	40,73 a	41,18 a	41,07 a
NMS: 0,05 CV: 6,54%					
FZ	0,37 a	0,38 a	0,39 a	0,36 a	0,43 a
NMS: 0,05 CV: 18,51%					

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

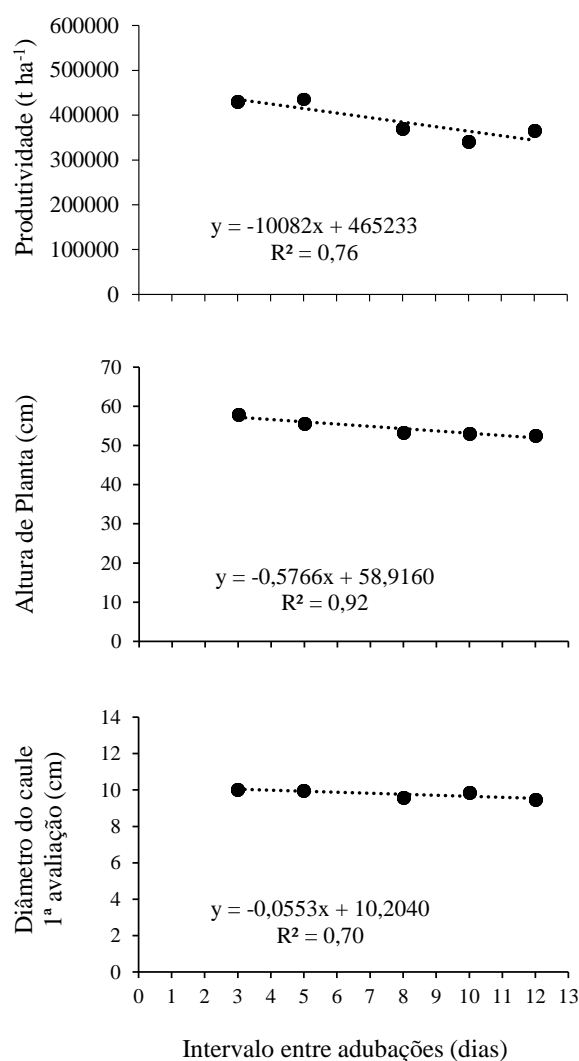


Figura 7. Média de produtividade, altura de planta e diâmetro do caule na 1ª avaliação para o tomateiro em função de intervalos entre adubações (3, 5, 8, 10 e 12 dias após o transplante).

Os menores intervalos entre adubações também proporcionaram maiores alturas de plantas (variação de 5,3 cm) e maiores diâmetros de caule, medidos aos 30 DAT (Tabela 4 e Figura 7), os quais permitiram maior aporte nutricional para as plantas, potencializando a produtividade do tomateiro.

As adubações mais frequentes (menores intervalos) promoveram maior

disponibilização de nitrogênio e potássio para as plantas. À medida que os frutos começam a se desenvolver, há incremento na absorção de nutrientes pelas plantas, os quais se acumulam inicialmente nas folhas, aumentando a massa vegetativa das plantas (altura, diâmetro de caule, área foliar, entre outros). Posteriormente, alguns nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio passam gradativamente a se acumularem em maior quantidade nos frutos. Dessa forma, os frutos funcionam com um grande dreno de nutrientes e fotoassimilados (ARAÚJO, 2003). Melo et al. (2010) relataram o efeito positivo do potássio sobre os frutos, alertando que isto deve estar condicionado às várias funções que este cátion exerce no metabolismo vegetal, sendo ativador de enzimas durante o processo de fotossíntese, respiração e síntese de proteínas, o que justifica o aumento na produtividade das plantas quando esse nutriente está mais disponível.

Feng et al. (2023) relataram aumento da distribuição do nitrogênio no solo de 11 e 20% na camada de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente, quando submetidos a fertirrigação com intervalo de três dias de aplicação. Conseqüentemente, isso levou a um aumento na produtividade das plantas de tomate, onde o tratamento com 3 dias de intervalo entre adubações apresentou incremento de 23% na produtividade, quando comparado com intervalos de 12 dias entre adubações (FENG et al., 2023). Isso ocorre porque a disponibilização de menores quantidades de nitrogênio para a planta com maior frequência pode proporcionar mais oportunidade de repor o nitrogênio anteriormente absorvido, além de reduzir o risco de perda por lixiviação (BADR et al. 2010). A maior frequência de fertirrigação também melhora a umidade do solo, propiciando um nível mais adequado de absorção de nutrientes pela planta (FENG et al., 2023).

4.1.2. Lâminas de irrigação

A produtividade aumentou com aplicação das lâminas de irrigação de 100 e 150% de ETc (Tabela 5 e Figura 8). O tomateiro é uma cultura que responde bem à irrigação, mostrando alta produtividade sob irrigação satisfatória e redução sob déficit hídrico. Macêdo & Alvarenga (2005) também observaram um aumento linear na produtividade de frutos sadios de tomate, cultivado em ambiente protegido, quando se elevou a lâmina de irrigação. Incrementos na produtividade do tomateiro em resposta ao aumento da lâmina de irrigação também foram observados por Silva et al. (2013). Silva et al (2018a) avaliando a performance de tomates com diferentes evapotranspirações chegando até a 220% da ETc constatou que as melhores produtividades alcançadas foram com ETc de 150 a 166%.

De maneira geral, estes resultados comprovam a eficiência da utilização do manejo da irrigação para a obtenção de altas produtividades, uma vez que o tomateiro é altamente dependente da disponibilidade de água e o déficit hídrico influencia diretamente os processos fotossintéticos da planta e, conseqüentemente, a produção.

Tabela 5. Produtividade de frutos (PRODUTIVIDADE), Sólidos solúveis (BRIX), Acidez titulável (ACIDEZT), Potencial hídrico (POTH), Altura de planta (AP), Diâmetro do caule 1(DC1), Diâmetro do caule 2 (DC2), Diâmetro do caule 3 (DC3), Diâmetro do caule 4 (DC4), Diâmetro transversal do fruto (DT), Diâmetro longitudinal do fruto (DL) e Firmeza dos frutos (FZ) de tomateiros, em função dos níveis de irrigação.

Característica avaliada	Lâminas de Irrigação (% da Etc)		
	50	100	150
PRODUTIVIDADE (kg ha⁻¹)	244714,80 b	430786,40 a	490318,40 a
NMS: 0,05 CV: 18,03%	-	-	-
°BRIX	5,06 a	4,00 a	3,613 b
NMS: 0,05 CV: 16,01%	-	-	-
ACIDEZ TITULAVEL	16,90 b	18,00 b	22,75 a
NMS: 0,05 CV: 20,78%	-	-	-
POTH	0,08 a	0,07 a	0,06 a
NMS: 0,05 CV: 51,42%%	-	-	-
AP (cm)	51,26 a	54,20 a	58,13 a
NMS: 0,05 CV: 10,26%	-	-	-
DC1 (cm)	9,29 a	9,88 a	10,16 a
NMS: 0,05 CV: 7,48%	-	-	-
DC2 (cm)	12,52 a	12,56 a	12,67 a
NMS: 0,05 CV: 13,19%	-	-	-
DC3 (cm)	11,51 a	12,23 a	12,46 a
NMS: 0,05 CV: 6,82%	-	-	-
DC4 (cm)	12,97 a	12,63 a	12,65 a
NMS: 0,05 CV: 9,53%	-	-	-
DTF (cm)	64,27 b	75,70 a	77,34 a
NMS: 0,05 CV: 7,32%	-	-	-
DLF (cm)	36,83 b	42,67 a	44,12 a
NMS: 0,05 CV: 7,32%	-	-	-
FZ	0,73 a	0,39 a	0,41 a
NMS: 0,05 CV: 27,56%%	-	-	-

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

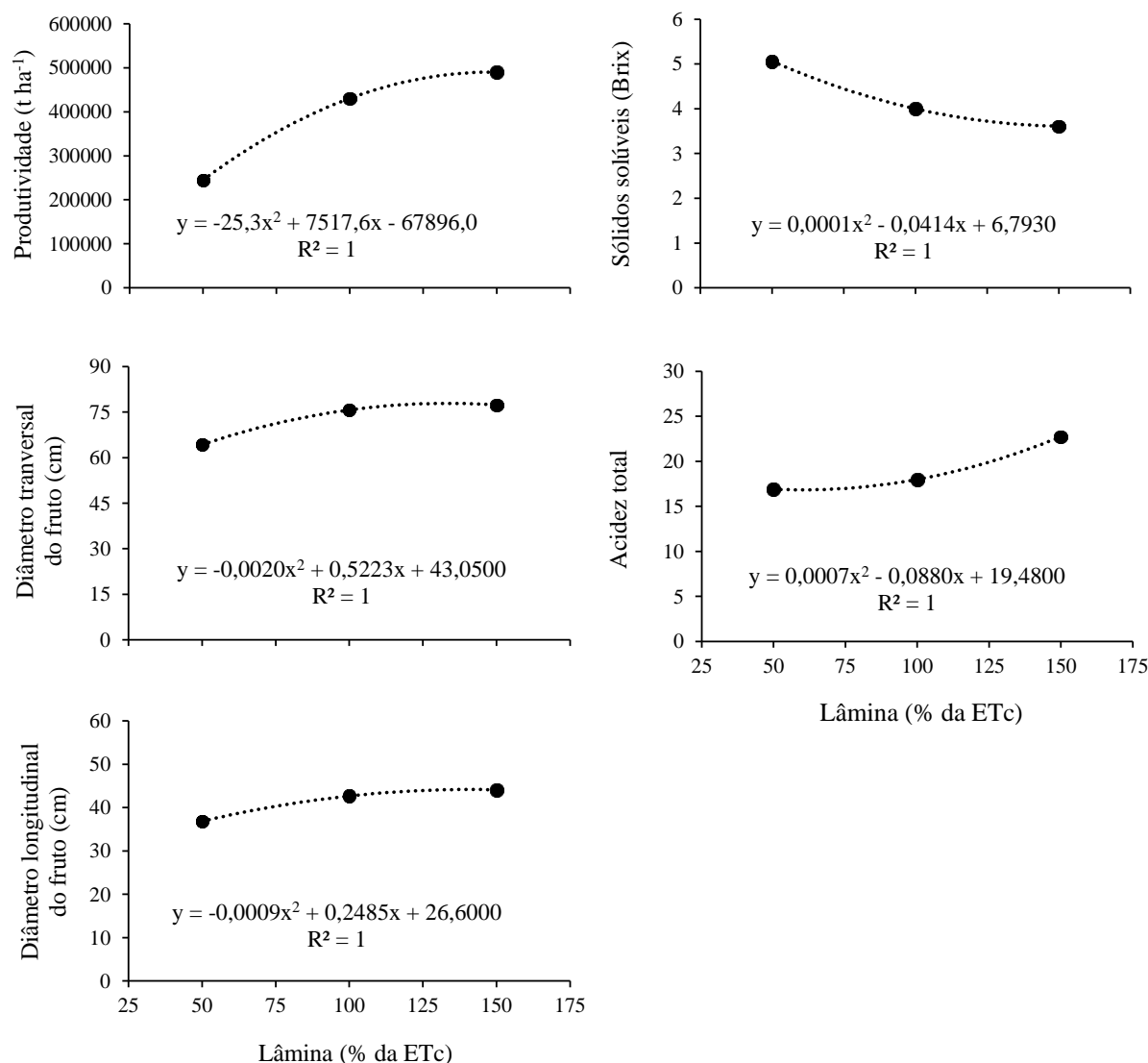


Figura 8. Média de produtividade, sólidos solúveis (Brix), acidez total, diâmetro transversal do fruto e diâmetro longitudinal do fruto para o tomateiro, em função dos níveis de irrigação (50, 100 e 150% de ETc).

As diferentes lâminas de irrigação não influenciaram o desenvolvimento das plantas de tomate (Altura de planta, diâmetro do caule e Firmeza dos frutos) em nenhum momento de avaliação, diferindo dos resultados obtidos no trabalho realizado por Bossoni et al. (2023), onde as plantas de tomate sofreram uma redução no seu desenvolvimento quando submetidas ao déficit hídrico (60% de ETc).

A lâmina de irrigação de 50% de ETc apresentou teor de sólidos solúveis 1,4 vezes maior do que a lâmina de irrigação de 150% da ETc. Yrisarry et al. (1993) também demonstraram a relação inversa entre lâmina de irrigação e teor de sólidos solúveis dos frutos de tomate. A acidez titulável apresentou o oposto dos sólidos solúveis, com a maior média no tratamento com lâmina de irrigação a 150% de ETc (Tabela 5).

O valor de sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez titulável influenciam diretamente no sabor do fruto. Logo, valores elevados podem conferir sabor suave ao tomate, devido a combinação de açúcar e ácido, enquanto que valores baixos podem deixar o fruto com sabor ruim (QUESADA-MATOS; CANTOS-MACÍAS; LOPES-SILVESTRE, 2020).

Autores relatam que déficits hídricos reduzem o rendimento da cultura, porém podem contribuir para qualidade de frutos com elevados valores de sólidos solúveis, o que explica os resultados positivos obtidos nesse trabalho, na lâmina de 50%, para o °brix (SAMUI et al., 2020; SILVA et al., 2019; SILVA et al., 2018a). Além disso, Moreira et al. (2012) afirma que para conseguir alcançar altos teores de sólidos solúveis, é necessário diminuir a quantidade de água, aumentar o intervalo de irrigação no momento de maturação de frutos e, por último, não irrigar dias antes da colheita.

Koetz et al. (2010), trabalhando com a cultura do tomateiro para processamento industrial sob irrigação por gotejamento, mostra que o teor de sólidos solúveis foi afetado pelo aumento de lâmina de 50 a 125%, diminuindo de 6,57 para 6,0 °Brix. Segundo os autores, os sólidos solúveis são influenciados por fatores como região, temperatura, irrigação, adubação e tipo de solo. Logo, quando ocorre o excesso de irrigação, o teor de sólidos solúveis pode ser prejudicado (FREITAS et al., 2016; NASCIMENTO et al., 2023).

As variáveis diâmetro transversal e diâmetro longitudinal do fruto demonstraram relação direta com o aumento da irrigação, sendo as maiores médias observadas nos tratamentos com lâminas de irrigação de 100 e 150% de ETc (Tabela 5). Chevalier et al. (2011) explica que variáveis como dimensões dos frutos são dependentes do período de expansão celular, ou seja, os processos fisiológicos da planta são influenciados pela disponibilidade de água para a planta. Portanto, sob déficit hídrico, os frutos apresentam diâmetro menor. Koetz et al. (2010) e Ozbahce & Tari (2010) também concluíram que o aumento da disponibilidade de água na cultura do tomate aumentou o diâmetro do fruto, assim como Silva et al. (2013), que relataram incrementos de 55,22 e de 57,64% nos diâmetros longitudinal e transversal dos frutos quando a taxa de reposição de água variou de 33 para 166% de ETc, respectivamente.

As lâminas de irrigação não influenciaram significativamente a altura de plantas, demonstrando que é possível obter alturas de plantas semelhantes mesmo sob déficit hídrico. Esses resultados supracitados divergiram dos resultados encontrados por Nascimento et al. (2021), que relatam que a altura de planta do tomateiro acompanhou linearmente a lâmina de irrigação. Soares et al. (2011) também demonstram que, tanto o excesso, quanto o déficit hídrico causam menores alturas de plantas.

O fato de nenhuma das lâminas de irrigação terem influenciado nos diâmetros do caule, em nenhuma das avaliações, pode ser explicado pelo diâmetro do caule ser pouco vulnerável ao estresse hídrico (SOARES et al., 2011). O aumento do diâmetro do caule está ligado ao desenvolvimento da planta, tais como: alongamento celular, lignificação de tecidos e fitomassa. Para facilitar a planta no suporte dos frutos e garantir tolerância aos estresses bióticos e abióticos (NASCIMENTO et al., 2021).

A firmeza dos frutos não sofreu efeito significativo das lâminas de irrigação, e nem dos intervalos entre adubações. Patané e Cosentino (2010) e Wang et al. (2011) apresentaram aumento da firmeza do fruto de tomate com aumento lâminas de irrigação.

O potencial hídrico não diferiu estatisticamente em função das lâminas de irrigação e os intervalos de adubação. No entanto, Sousa et al. (2019) relataram que as plantas submetidas a lâmina de irrigação de 70% de ETc apresentaram menor potencial de água quando comparado com tratamentos com lâmina de 100% de ETc.

4.2. Efeitos nas variáveis fisiológicas

A interação entre lâminas de irrigação e intervalos entre adubações se mostrou significativa para as variáveis fisiológicas de transpiração, eficiência do uso da água, fotossíntese e condutância estomática (Tabela 6). Para as variáveis concentração de carbono interna e externamente e eficiência quântica fotoquímica do fotossistema II não houve significância dos tratamentos aplicados (Tabela 6).

Tabela 6. Análise de variância para transpiração (E , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência do uso da água (Emm , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), fotossíntese (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), relação entre concentração de carbono interna e externa (Ci/Ca), condutância estomática (gsw , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e eficiência quântica fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm) do tomateiro HMX 7885, aos 54 dias após o transplante, em função de níveis de irrigação e do parcelamento da adubação de cobertura.

FONTE DE VARIAÇÃO	QUADRADOS MÉDIOS						
	GL	E	Emm	A	Ci/Ca	gsw	Fv/Fm
Bloco	2	0,000021 ^{ns}	21,404484 ^{ns}	33,648277 ^{ns}	528614,05 ^{ns}	343626,05 ^{ns}	0,005076 ^{ns}
Parcela	2	0,000036 ^{**}	36,068639 ^{**}	37,998151 ^{ns}	15,897614 ^{ns}	537,587051 ^{ns}	0,004852 ^{ns}
Erro1	4	0,000006	5,834484	6,350349	5,26237	178,591069	0,007
Subparcela	4	0,000011 ^{**}	11,199836 ^{ns}	36,752535 ^{**}	1,447291 ^{ns}	96,905532 ^{ns}	0,006427 ^{ns}
Parcela*Subparcela	8	0,000009 ^{**}	9,092331 ^{**}	20,586548 ^{**}	10,485085 ^{ns}	192,018823 ^{**}	0,004644 ^{ns}
Erro2	24	0,000002	2,485176	6,625036	2,496773	52,932	0,006
Coeficiente de Variação 1 (%)		17,26	17,24	10,33	1,22	8,78	10,01
Coeficiente de Variação 2 (%)		11,29	11,25	10,55	0,84	4,78	9,29

GL - Graus de liberdade; ns - não significativo pelo teste de F; ** - Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

As diferentes lâminas de irrigação aplicadas no tomateiro interagiram com os intervalos entre adubações reduzindo a taxa de transpiração das plantas de tomate, valores máximos de 0,016, 0,017 e 0,014 mol m⁻² s⁻¹, para as lâminas 50, 100 e 150 de ETc, respectivamente (Figura 8).

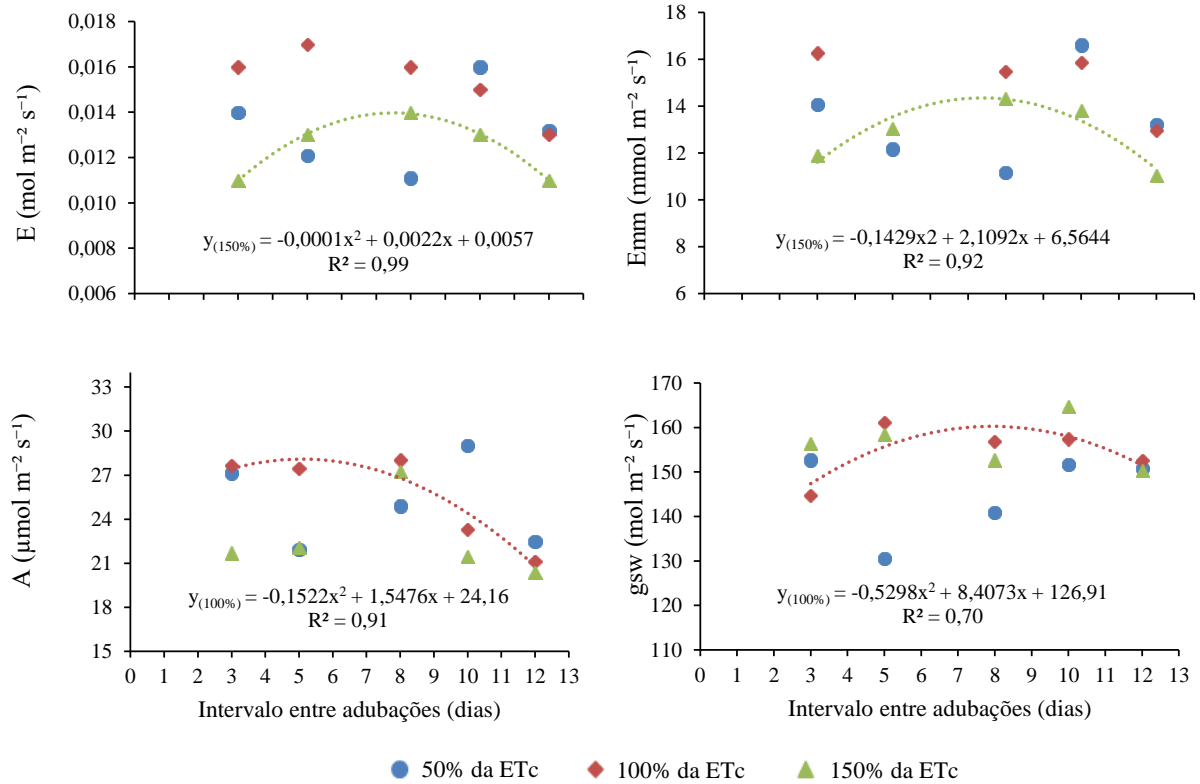


Figura 9. Taxa de transpiração (E), eficiência do uso da água (Emm), taxa fotossintética (A) e condutância estomática (gs_w, mol H₂O m⁻² s⁻¹) do tomateiro em função de intervalos entre adubações (3, 5, 8, 10 e 12 dias após transplante das mudas) e níveis de irrigação (50, 100 e 150% de ETc).

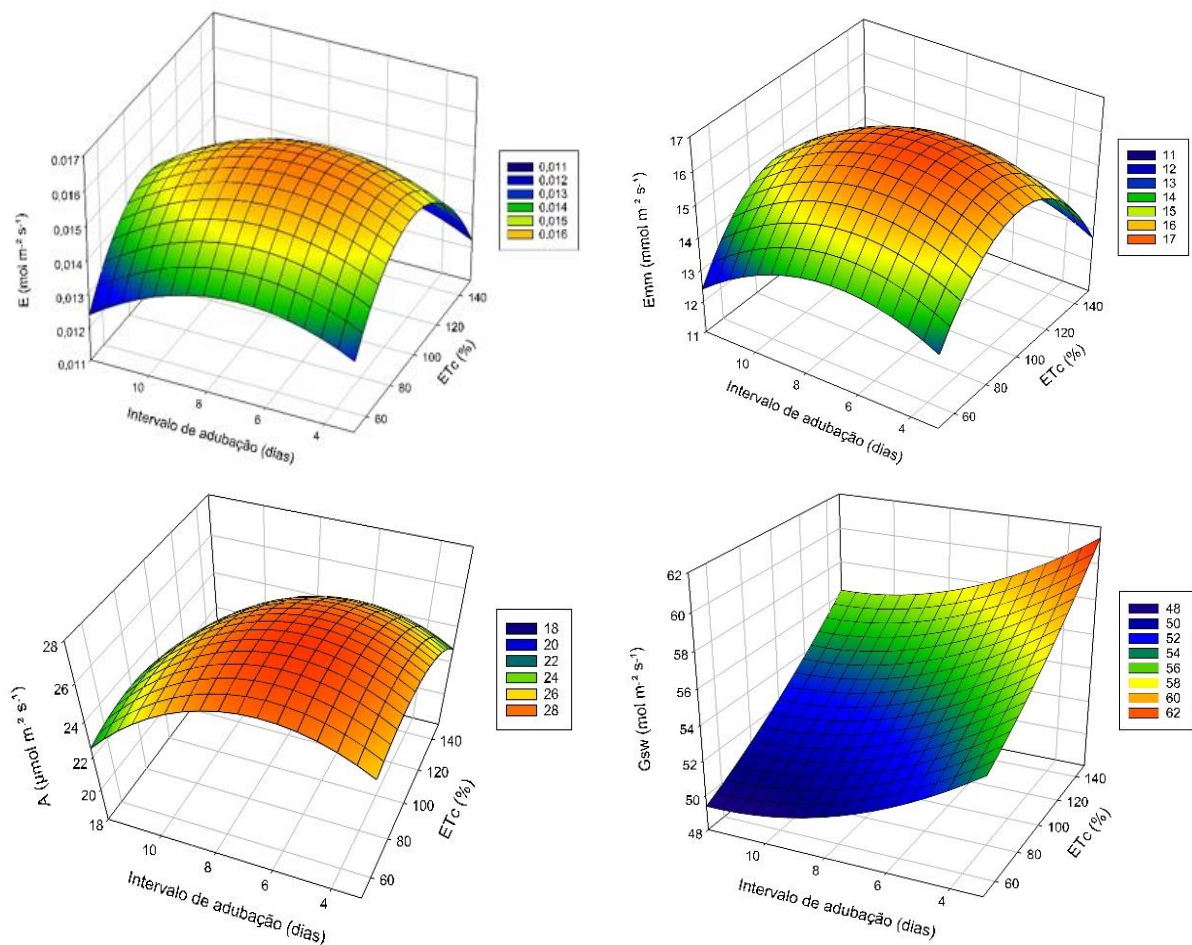


Figura 10. Superfície resposta para Taxa de transpiração (E), eficiência do uso da água (Emm), taxa fotossintética (A) e condutância estomática (gsw, mol H₂O m⁻² s⁻¹) do tomateiro em função de intervalos entre adubações (3, 5, 8, 10 e 12 dias após transplante das mudas) e níveis de irrigação (50, 100 e 150% de ETc).

A taxa de transpiração reduziu com o aumento dos intervalos de adubação, para evitar perdas de água para o ambiente, com os menores valores de transpiração observados na situação de déficit hídrico, 50% de ETc (Figura 9). Anjum et al. (2011b) também encontraram baixas taxas de transpiração (redução de 37%) para plantas de milho sujeitas à estresse hídrico. O estresse hídrico ao qual uma planta é submetida pode ocorrer pela falta de água ou pelo excesso de água. As plantas reduzem sua área de transpiração para manter seu desenvolvimento e sua sobrevivência, diminuindo sua expansão celular e área foliar, como garantia para de manutenção da água por mais tempo em seu interior (ANJUM et al., 2011a).

O intervalo entre adubações diminuiu a eficiência no uso da água (EUA) do tomateiro, com lâmina de irrigação de 150% de ETc. A máxima eficiência do uso da água foi estimada em 16,60, 18,26 e 16,26 mmol m⁻² s⁻¹, nos intervalos entre adubações aos 10 DAT, 5 DAT e 3 DAT, e com lâminas de irrigação de 50 e 100% de ETc, respectivamente (Figura 9).

A máxima eficiência do uso da água foi obtida na lâmina de irrigação de 100% de ETc com um intervalo entre adubação de 5 DAT. A segunda melhor taxa de eficiência do uso da água ocorreu sob estresse hídrico ($16,60 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Sezen (2006) e Sarwar e Perry (2002) indicaram que a maior taxa de eficiência do uso da água ocorreu com a aplicação de irrigação com déficit. Santana et al. (2009) reforçam que o aumento na disponibilidade de água no solo tende a propiciar decréscimos na EUA.

A taxa fotossintética reduziu com aumento dos intervalos de adubação, mostrando também menores valores para a lâmina de irrigação de 100 e 150% de ETc (Figura 9). Morales et al. (2015) relataram redução de 50% na taxa fotossintética de plantas de tomate quando reduziram a lâmina de irrigação de 100% para 25% de ETc. A redução na atividade fotossintética pela menor assimilação do CO_2 e a senescência das folhas são indicadores do efeito do déficit hídrico sobre uma cultura, como ocorrido na presente pesquisa para tratamentos sob lâmina de 50% da ETc. O fechamento dos estômatos restringe a taxa de transpiração e absorção de gás carbônico (CO_2), com redução acentuada da taxa fotossintética e da acumulação de fotoassimilados (TAIZ et al., 2017).

Reduções na taxa fotossintética em condições de estresse hídrico também foram observadas por Jacinto et al. (2019). Trabalhos realizados por Anjum et al. (2011b) indicaram que estresse hídrico em milho leva a uma considerável redução na taxa fotossintética, chegando a 33% de redução. O fechamento dos estômatos, para a redução de perdas de água, é a primeira resposta ao estresse hídrico que resulta em redução da taxa fotossintética (ANJUN et al., 2011a).

A condutância estomática, assim como a taxa de transpiração, apresentou uma leve redução no decorrer dos intervalos crescentes de adubação e em resposta ao estresse hídrico (Figura 9). Ocorreu redução de 18% na condutância estomática de plantas de tomate sob estresse hídrico (50% de Etc), quando comparadas com plantas sob lâmina recomendada pela literatura (100% de ETc). A redução da condutância estomática é influenciada pelo fechamento dos estômatos para evitar a perda de água para o ambiente, o que também está relacionado com uma diminuição na concentração interna de CO_2 (C_i) e na taxa de transpiração (E), que, como consequência, limita a quantidade de gás carbônico CO_2 requerida para a fotossíntese, o que pode afetar o desenvolvimento e produtividade das plantas (OLIVEIRA et al., 2005).

Corroborando com o presente estudo, Jacinto et. al (2019), ao avaliarem plantas de fava sob estresse hídrico, observaram uma tendência de redução na transpiração em decorrência da diminuição da condutância estomática, devido ao fechamento de estômatos.

Morales et. al (2015) também observaram redução da condutividade estomática em plantas de tomateiro quando houve redução de 100% para 25% de ETc, alcançando uma redução de aproximadamente 65% da condutância. Há uma sinalização raiz-folha, que é promovida pela secagem do solo através do fluxo de transpiração e resulta no fechamento estomático (ANJUM et al., 2011a).

O estresse hídrico é um dos principais fatores que restringem a produção de alimentos no mundo e este ocorre tanto pelo excesso de água quanto pela falta desta, porém o déficit hídrico ocorre com mais frequência (CHAVOSHI et al., 2018). Como consequência do estresse hídrico, as plantas apresentam redução na condutância estomática, na taxa de transpiração, na taxa fotossintética, levando assim a uma redução no desenvolvimento e produtividade das plantas, como apresentado na presente pesquisa.

A correlação entre a produtividade e as características fisiológicas do tomateiro é explicada em 90,3% pelo gráfico da Figura 11A, com destaque para a maior correlação positiva entre condutância estomática com produtividade do tomateiro. Conceição (2018) avaliando a arginina na fisiologia e produtividade do tomateiro constatou aumento da condutância estomática acompanhado também de maior produtividade o que vai de encontro com a correlação encontrada. De acordo com Toledo (2021) avaliando parâmetros fisiológicos em tomate e pimentão devido a interferência do ataque de mosca-branca (*Bemisia tabaci*) as plantas reduziram a condutância estomática em até 42%, relacionando a maior produção de ácido abscísico (ABA). O ácido abscísico causa o fechamento de estômatos devido a maior perda de água buscado reduzir a perda via transpiração, ocasionando maior temperatura da folha e perda na produtividade.

Resultados que corroboram Barboza & Teixeira (2017) avaliando a transpiração foliar e condutância estomática da cana-de-açúcar compararam a relação entre a condutância estomática e a radiação fotossinteticamente ativa (Gs/PAR) em diferentes potenciais hídricos antemanhã da cana-de-açúcar, observando que as plantas com maior potencial hídrico apresentaram maiores taxas de condutância estomática em relação à radiação, seguidas pelas plantas com restrições de água, enquanto as plantas com menor potencial hídrico apresentaram as menores taxas.

Estudos também apontam que, em citros, a diminuição na condutância estomática leva a uma redução nas trocas gasosas, o que pode afetar negativamente a produção de biomassa. Em girassóis, foi constatado que a transpiração diminui com a maior restrição de água, o que pode impactar a produtividade da cultura.

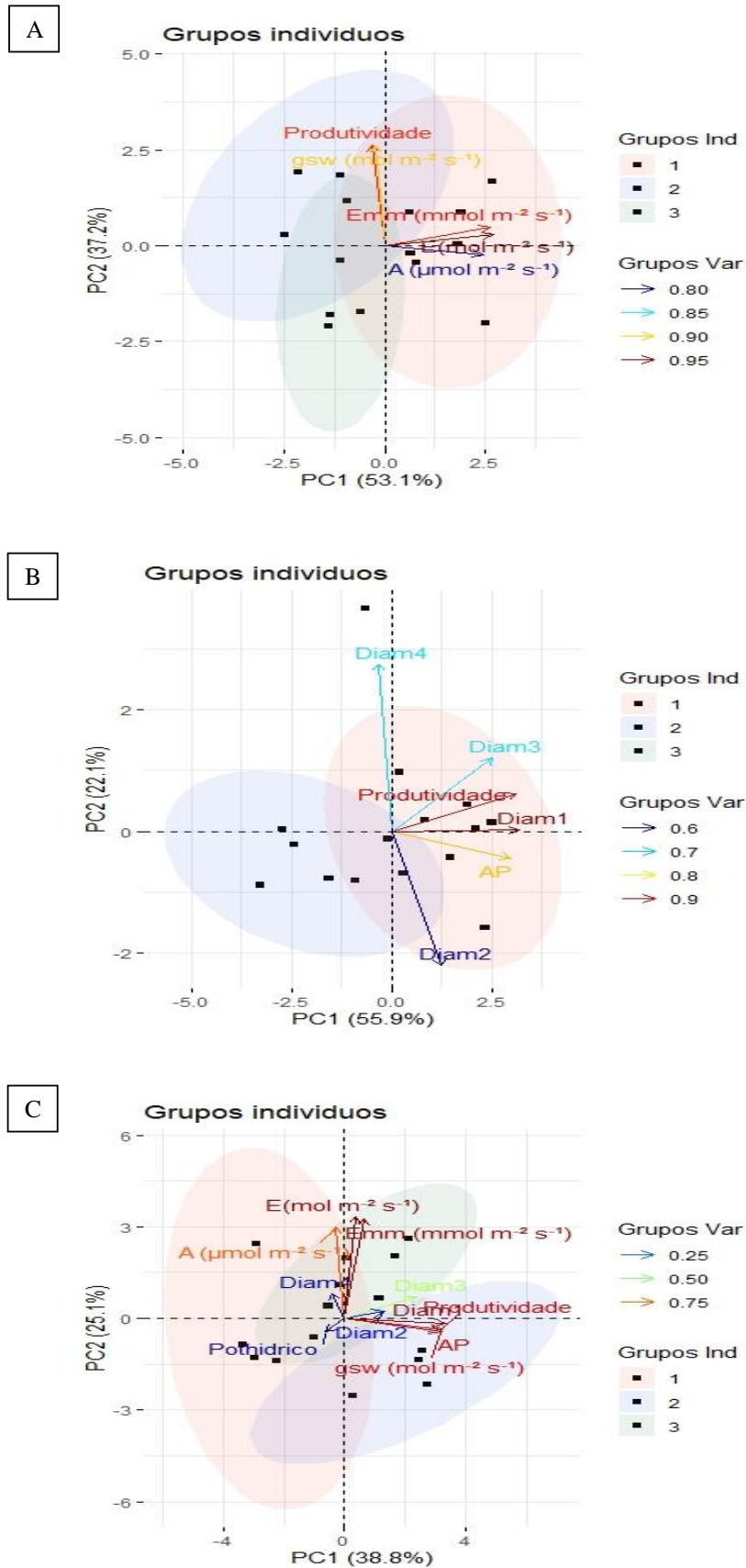


Figura 11. Análise de componentes principais (PCA) para: (A) produtividade e características fisiológicas; (B) produtividade e características agrônômicas; e (C) produtividade e características

fisiológicas + agronômicas.

A Figura 11B representa quase 80% da correlação entre produtividade e características agronômicas do tomateiro, sendo que diâmetro 1 (avaliado aos 30 DAP), diâmetro 3 (avaliado aos 60 DAP) e altura de planta (AP) apresentaram correlação positiva com a produtividade da cultura. Bezerra et al. (2019) avaliando crescimento, fisiologia e produção do tomate cereja alcançaram resultados semelhantes com a variação da adubação potássica na dose de 120 kg ha⁻¹ com os maiores valores para AP, DC resultando em maior produtividade. Resultados que corroboram Pinheiro (2018) avaliando potencial produtivo de feijão caupi alcançaram maior produtividade com plantas com maior altura.

Quando se avalia a correlação entre produtividade e características fisiológicas + agronômicas, a Figura 11C representa 63,9% da variação, onde condutância estomática (gsw), diâmetros 1, 2 e 3, e altura de planta (AP) apresentaram correlação positiva com a produtividade, com destaque para maior correlação (maior comprimento do vetor) de gsw e AP com a produtividade. O potencial hídrico apresentou baixa correlação negativa com a produtividade. Segundo Perin et al. (2023) avaliando extração de nutrientes, aspectos fisiológicos e produtivos de plantas enxertadas de tomateiro concluíram que aquelas com maior produtividade exibiram um desenvolvimento vegetativo mais robusto e uma maior taxa de condutância estomática. Estes resultados corroboram com os achados, onde a condutância estomática e outras características como diâmetros de caule e altura da planta (AP) mostraram uma forte correlação positiva com a produtividade.

No estudo de Frasca et al. (2023), com a utilização de bioagentes e misturas de plantas de cobertura na cultura da soja resultou em um aumento significativo na condutância estomática, de 37,50%. Esse aumento foi acompanhado por melhorias nos componentes de produção das plantas de soja. Especificamente, houve um aumento de 4,04% na massa de 100 grãos, um aumento de 15,00% no número de vagens por planta, e um aumento de 14,83% na produtividade de grãos. Com um desempenho produtivo significativamente melhor nas plantas de soja.

5. CONCLUSÕES

Parcelamentos mais frequentes de adubação, com intervalos de 3 e 5 dias, associados a regimes de irrigação adequados, potencializaram significativamente a produtividade dos tomateiros, alcançando um valor médio de 433,20 t ha⁻¹. Entre os intervalos testados, a adubação a cada 3 e 5 dias com fertilizantes de alta solubilidade apresentou a melhor resposta. A escolha do intervalo ideal deve ser feita pelo produtor, levando em consideração a operacionalidade da área e a viabilidade de manter a frequência de adubação. Sendo a lâmina de 100% da ETc a mais indicada.

Lâminas de irrigação referentes a 100% e 150% da Evapotranspiração da cultura (ETc) proporcionaram maior produtividade do tomateiro, alcançando valor médio de 460,55 t ha⁻¹ entre as duas lâminas supracitadas as diferentes lâminas de irrigação não influenciaram o desenvolvimento das plantas de tomate (Altura de planta, diâmetro do caule e Firmeza dos frutos).

A associação da lâmina de 100% da ETc e intervalos entre adubação de 6 a 8 dias favorecem maior transpiração, taxa fotossintética e eficiência no uso da água.

Recomenda-se a continuidade de estudos na área da presente pesquisa, visando explorar ainda mais a interação entre diferentes níveis de nutrientes e água, e seu impacto em variedades de tomateiro, sob diferentes condições ambientais. A presente abordagem ajudará a refinar as recomendações de manejo e garantir que essas sejam adaptáveis e eficazes em uma diversidade de contextos produtivos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, P. E. P. de et al. Coeficientes de cultivo das principais culturas anuais. **Revista ITEM–Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília**, n. 52/53, p. 49-57, 2001.
- 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).
- ALVARENGA, R. A. M. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2022. 515 p.
- AYANKOJO, IBUKUN T.; MORGAN, KELLY T. Optimizing Tomato Growth and Productivity Using Nitrogen and Irrigation Application Timing. **Agronomy**, 11, 10, 1968, 2021.
- ANJUM, S.A.; XIE, X.; WANG, L.; SALEEM, M.F.; MAN, C.; LEI, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 9, p. 2026-2032, 2011a.
- ANJUM, S. A.; Wang, L. C.; Farooq, M.; Hussain, M.; Xue, L. L.; Zou C. M. Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 197, p. 177-185, 2011b.
- BADR, M. A., ABOU HUSSEIN, S. D., EL-TOHAMY, W. A., GRUDA, N. Nutrient uptake and yield of tomato under various methods of fertilizer application and levels of fertigation in arid lands. **Gesunde Pflanzen**, v.62, p.11–19, 2010.
- BARBOZA, G. C.; TEIXEIRA, F. J. Transpiração foliar e condutância estomática da cana-de-açúcar em função do clima e disponibilidade de água. **Irriga**, v. 22, n. 4, p. 675-689, 2017.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8. ed., Viçosa: UFV, 2006, 625 p.
- BEZERRA, C. V. C.; ET AL. Crescimento, fisiologia e produção do tomate cereja (*lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) sob doses de potássio. 2019. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande.
- BOSSONI, R. O.; SCHMOELLER, K. F.; WENNECK, G. S.; REZENDE, R. Desenvolvimento do tomateiro cultivado em diferentes condições de manejo hídrico. **Revista Brasileira de Iniciação Científica (RBIC)**, IFSP Itapetininga, v.10, e023039, p. 1-19, 2023.
- 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.
- CONCEIÇÃO, V. J. **Arginina na fisiologia e produtividade do tomateiro cultivado em ambiente protegido**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CHAND, J. B.; HEWA, G.; HASSANLI, A.; MYERS, B. Deficit irrigation on tomato production in a greenhouse environment: A review. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, 147(2), 04020041, 2021.

CHEVALIER, C.; NAFATI, M.; MATHIEU-RIVET, E.; BOURDON, M.; FRANGNE, N.; CHENICLET, C.; RENAUDIN, J. P.; GÉVAUDANT, F.; HERNOULD, M. **Elucidating the functional role of endoreduplication in tomato fruit development**. *Annals of Botany*, v. 107, p. 1159-1169, 2011.

CHAVOSHI, S.; NOURMOHAMADI, G.; MIDANI, H.; ABAD, H. H. S.; FAZEL, M. A. The effects of biofertilizers on physiological traits and biomass accumulation of red beans (*Phaseolus vulgaris* cv. Goli) under water stress. **Plant Physiology**, v. 8, n. 4, p. 2555-2562, 2018.

COLIMBA-LIMAICO, J. E.; ZUBELZU-MINGUEZ, S.; RODRÍGUEZ-SINOBAS, L. Optimal Irrigation Scheduling for Greenhouse Tomato Crop (*Solanum Lycopersicum* L.) in Ecuador. **Agronomy**, 12(5), 1020, 2022.

DINGLEY, A. et al. Precision Pollination Strategies for Advancing Horticultural Tomato Crop Production. **Agronomy**, 12, 2, 518, 2022.

FAO. FAOSTAT 2024. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 11 de maio. 2024

FARNESELLI, M. ET AL. Combining Green Manuring and Fertigation Maximizes Tomato Crop Yield and Minimizes Nitrogen Losses. **Agronomy**, 10, 7, 977, 2020.

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

FENG, X.; PU, J.; LIU, H.; WANG, D.; LIU, Y.; QIAO, S.; LEI, T.; LIU, R. Effect of fertigation frequency on soil nitrogen distribution and tomato yield under alternate partial root-zone drip irrigation. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 22, n. 3, p. 897-907, 2023.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n.2, p.141-145, 2006.

FRASCA, L. L. M.; ET AL. Bioagents and mix of cover plants affecting soybean. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2023. p. 141-155.

FRANCAVIGLIA, R.; DI BENE, C. Deficit drip irrigation in processing tomato production in theMediterranean Basin. A data analysis for Italy. **Agriculture**, 9, 4, 79, 2019.

FREITAS, K. P.; SILVA, S. S.; LOSS, R. A. & GUEDES, S. F. Influência dos estádios de maturação na caracterização físicoquímica dos tomates caqui (var. esculentum) e italiano (var. pyriforme). **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer -Goiânia, v.3, n.06; p. 126 –136, 2016.

GONG, X. et al. Comparison of Shuttleworth-Wallace model and dual crop coefficient method

for estimating evapotranspiration of tomato cultivated in a solar greenhouse. **Agricultural Water Management**, 217, 141-153, 2019.

HU, J. et al. Drip fertigation promotes water and nitrogen use efficiency and yield stability through improved root growth for tomatoes in plastic greenhouse production. **Agriculture Ecosystems and Environment**, 313, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemático-da-produção-agrícola.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 15 fev. 2022.>

KHAPTE, P. S.; KUMAR, P.; BURMAN, U.; KUMAR, P. Deficit irrigation in tomato: Agronomical and physio-biochemical implications. **Scientia horticultrae**, 248, 256-264, 2019.

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

KÖPPEN, William. Climatologia. México. **Fundo de Cultura Econômica**, v. 9, 1948.

LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. DA; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D. P. **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal**. Brasília, DF: Embrapa, cap. 40, 1303-1327. 2020.

LIPAN, L. et al. Scheduling regulated deficit irrigation with leaf water potential of cherry tomato in greenhouse and its effect on fruit quality. **Agriculture**, 11, 7, 669, 2021.

LIU, G., DU, Q., JIAO, X., & LI, J. Irrigation at the level of evapotranspiration aids growth recovery and photosynthesis rate in tomato grown under chilling stress. **Acta physiologia e plantarum**, 40, 1-11, 2018.

LIU, J. et al. Tomato yield and water use efficiency change with various soil moisture and potassium levels during different growth stages. **PlosOne**, 14, 3, e0213643, 2019.

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

LV, H.; LIN, S.; WANG, Y.; LIAN, X.; ZHAO, Y.; LI, Y.; BUTTERBACH-BAHL, K. Drip fertigation significantly reduces nitrogen leaching in solar greenhouse vegetable production system. **Environmental Pollution**, 245, 694-701, 2019.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R. DA; SILVA, W.L, C. E. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, EMBRAPA, Brasília, 2012. 22 p. (Circular Técnica 102).

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

MOREIRA DE CARVALHO, D. B.; DE SOUZA, A. V.; DOMINGUES NETO, F. J.; IGLESIAS, L.; NOGUEIRA, B. B.; ZANETTI, W. A.; PUTTI, F.; F. (2020). Growth models and nutriente uptake curve of tomato BRS 1509 subjected to irrigation pulses. **Journal of Plant Nutrition**, 43, 1999-2012, 2020.

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**, v.17, 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.

MACÊDO, L. S.; ALVARENGA, M. A. R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produtividade e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, p. 296-304, 2005.

MELO, A. S.; FERNANDES, P. SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Crescimento, produção de biomassa e eficiência fotossintética da bananeira sob fertirrigação com nitrogênio e potássio. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p.417-426, 2010.

MORALES, R. G. F.; RESENDE, L. V.; BORDINI, I. C.; GALVÃO, A. G.; REZENDE, F. C. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. **Scientia Agraria**, v. 16, n. 1, p. 09-17, 2015.

NASCIMENTO, A. S. M.; MARTINS, W. DA S.; OLIVEIRA, N. DA L.; CARNEIRO, G. C. DA S.; RIBEIRO, L. N. A.; DOS SANTOS, F. O.; LIMA, N. DA C.; DO NASCIMENTO, B. DE A. Qualidade pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) obtido de diferentes estabelecimentos na cidade de São Luís, Maranhão. **Revista Foco**, v. 16, n. 5, p. e1836-e1836, 2023.

NASCIMENTO, I. R. S.; RODRIGUES, E. N. S.; SANTOS, F. A.; SOARES, F. J. S.; PEREIRA, W. E.; ARAÚJO, J. R. E. S.; CARTAXO, P. H. A.; SILVA, G. R.; BULHÕES, L. E. L.; SANTOS, J. P. O. Lâminas de irrigação e hidrogel nas taxas de crescimento e produção de tomateiro. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 24, n. 2cont, 2021.

OLIVEIRA, C. M. R.; PASSOS, R. R.; PRATISSOLI, D.; HOLTZ, A. M.; RANGEL, O. J. P. Influence of nitrogen and potassium on tomato nutrition and resistance to *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) in greenhouse. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 16(4), 1-8, 2021.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 86-95, 2005.

ORTAS, I. Influences of nitrogen and potassium fertilizer rates on pepper and tomato yield

and nutrient uptake under field conditions. **Scientific Research and Essays** 8:1048-1055, 2013.

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

PATANÉ, C.; COSENTINO, S. L. Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate. **Agricultural Water Management**, v. 97, p.131-138, 2010.

PERIN, L.; ET AL. Extração de nutrientes, aspectos fisiológicos e produtivos de plantas enxertadas de tomateiro conduzidas com uma e duas hastes. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 16, n. 48, p. 3212-3222, 2023.

PEIXOTO, J. V. M. et al. Post-harvest evaluation of tomato genotypes with dual purpose. **Food Science and Technology**. 38, 2. 2018. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.00217>.

PEIXOTO, J. V. M.; MORAES, E.R.; NASCIMENTO, A.D.R.; NEVES, F.G. Tomaticultura aspectos morfológicos e propriedades físico-químicas do fruto. **Revista Científica Rural**, 19; 1; 96-117, 2017.

PEREIRA, A.R.; SEDIYAMA, G.C.; VILLA NOVA, N.A. **Evapotranspiração**. Campinas: Fundag, 2013, 323 p.

PINHEIRO, M. S. **Potencial produtivo de cultivares de feijão-caupi inoculados com preparado de nódulos**. 2018. Tese de doutorado. Universidade Federal do Ceará.

QUESADA-MATOS, R.; CANTOS-MACIAS, M. A.; LOPES-SILVESTRE, E. H. Qualidade física e físico-química do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) variedade chico e cachilende produzidos em Huambo. **Revista Cubana de Química**, Santiago de Cuba, v. 32, n. 3, p. 433-454, 2020.

QU, Z.; QI, X.; LIU, Y.; LIU, K.; LI, C. Interactive effect of irrigation and polymer-coated potassium chloride on tomato production in a greenhouse. **Agricultural Water Management**, 235, 106149, 2020.

RASHID, A; RAB. A; MOHAMMAD, H; ALI. J; SHAHAB. M; JAMAL. A; REHMAN. A; A-LI, M. Effect of row spacing and nitrogen levels on the growth and yield of tomato under walk-inpolythene tunnel condition. **Pure and Applied Biology** 5, 426-438, 2016.

REBOUÇAS, N. M. O. et al. Potassium fertilization via fertigation and conventional application on quality of tomato fruits. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 20, 913- 917, 2016.

RAWAT, SONAM et al. Combinatorial effect of fertigation rate and scheduling on tomato performance under naturally ventilated polyhouse in Indian humid sub-tropics. **Agronomy**, v. 13, n. 3, p. 665, 2023.

SAMUI, I.; SKALICKY, M.; SARKAR, S.; BRAHMACHARI, K.; SAL, S.; RAI, K.; HOSSAIN, A.; GHOSH, A.; NANDA, K.; BELL, RW; MAINUDDIN, M.; BRESTIC, M.; LIU, L.; SANEOKA, H.; RAZA, MA; ERMAN, M.; SABAGH, AE. Yield Response, Nutritional Quality and Water Productivity of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) are Influenced by Drip Irrigation and Straw Mulch in the Coastal Saline Ecosystem of Ganges Delta, India. **Sustainability**, v.12, p.2-21, 2020.

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

SARWAR, A.; PERRY, C. Increasing water productivity through deficit irrigation: evidence from the Indus plains of Pakistan. **Journal of Irrigation and Drainage Systems**, v. 51, p. 87-92, 2002.

SCHMIDT, D; ZAMBAN, D, T.; PROCHNOW, D; CARON, B, O; SOUZA, V, Q.; PAULA, G, M.; COCCO, C. Caracterização fenológica, filocrono e requerimento térmico de tomateiro italiano em dois ciclos de cultivo. **Horticultura Brasileira** 35: 089-096, 2017.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMMINGSEN, E. A.; BRADSTREET, E. D. (1964) Hydrostatic Pressure and Osmotic Potential in Leaves of Mangroves and
SILVA, C. J. et al. Physicochemical characteristics of tomato fruits for industrial processing according to the irrigation management. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 513-519, 2022.

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

SILVA, C. J.; PONTES, N. C.; GOLYNSKI, A.; BRAGA, M. B.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; SILVA, N. E. Performance of processing tomatoes under different supply levels of crop evapotranspiration. **Horticultura Brasileira**, v.36, p.299-305, 2018.

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, C. J.; PONTES, N. C.; GOLYNSKI, A.; BRAGA, M. B.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; SILVA, N. E. Performance of processing tomatoes under different supply levels of crop evapotranspiration. **Horticultura Brasileira**, 36, 299-305. 2018a.

SILVA, V. L.; OLIVEIRA, A. C.; FARIAS, G. A.; SILVA, W. V.; SILVA, L. P. Doses de NPK em tomateiro Marmande e seu desempenho a campo no cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, 5, 1, 54-59, 2018.

SOARES BB; RANGEL R. Aspectos industriais da cultura. In: CLEMENTE FMVT; BOITEUX L. (ed) Produção de tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa, 2012. p. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos** - 4ª Ed. 1ª Ed. Digital. São Paulo, 2008. 1002 p.

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

SOUSA, F. G. G.; CARVALHO, R. da S. C.; SILVA, M. R. M.; SARTORI, M. M. P.; GRASSI FILHO, H. Desenvolvimento e produção do tomate cereja irrigado com diferentes concentrações e disponibilidade de água residuária. **IRRIGA**, v. 24, n. 3, p. 582–593, 2019.

SEZEN, S. M. Effects of drip irrigation management and different soilless culture on yield and quality of tomato grown in a plastic house. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 4, p. 766-777, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 918p., 2017.

YRISARRY, J. J. B.; LOSADA, M. H. P.; RINCÓN, A. R. Response of processing tomato to three different levels of water and nitrogen applications. **Acta Horticulturae, The Hague**, v. 355, p. 149-156, 1993.

TOLEDO, C. A. L. Alterações bioquímicas de plantas de tomate (*Solanum esculentum* L.) e pimentão (*Capsicum annuum* L.) infestadas com as espécies crípticas de *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Aleyrodidae) MEAM1 e MED. 2021. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp – Campus de Botucatu.

TRANI, P.E.; KARIYA, E.A.; HANAI, S.M.; ANBO, R.H.; BASSETTO JÚNIOR, O.B.; PURQUERIO, L.F.V.; TRANI, A.L. Calagem e Adubação do Tomate de Mesa. Instituto Agrônômico de Campinas- IAC, **Boletim Técnico**, 215, 2015, 35p.

TRENTO, D. A.; ANTUNES, D. T.; JÚNIOR, F. F.; ZANUZO, M. R.; DALLACORT, R.; JÚNIOR, S. S. Desempenho de cultivares de tomate italiano de crescimento determinado em cultivo protegido sob altas temperaturas. **Nativa**, 9, 359-356, 2021.

VAN ANDEL, T. et al. Sixteenth-century tomatoes in Europe: who saw them, what they looked like, and where they came from. **Peer J**, 10, e12790, 2022.

VANINO, S. et al. Capability of Sentinel-2 data for estimating maximum evapotranspiration and irrigation requirements for tomato crop in Central Italy. **Remote Sensing of Environment**, 215, 452-470, 2018.

VIEIRA, J.L.M. **Eficiência de porta-enxertos para a cultura do tomateiro visando o controle da murcha bacteriana e desempenho agrônômico**. 69F. 2018. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido), Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas – INPA. 2018.

WANG, T. et al. Foliar arginine application improves tomato plant growth, yield, and fruit quality via nitrogen accumulation. **Plant Growth Regul**, 95, 421–428, 2021.

WANG, F.; KANG, S.; DU, T.; LI, F.; QIU, R. Determination of comprehensive quality

index for tomato and its response to different irrigation treatments. **Agriculture Water Management**, v. 98, p1228-1238, 2011.

WEINERT, C. H. et al. The effect of potassium fertilization on the metabolite profile of tomato fruit (*Solanum lycopersicum* L.). **Plant Physiology and Biochemistry**, 159, 89-99, 2021.

ZAYAT, J.; Z.; M.; NETO, J.; F.; B.; GOLINSKY, A.; MARQUES, P. V. F.; DE PAULA GONÇALVES, G.; TOFOLES, T.; A.; M. Viabilidade econômica da produção de tomate do tipo saladete no sul do Estado de Goiás. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, 8,- 1455-1486, 2022.

ZHANG, H. et al. Estimating evapotranspiration of processing tomato under plastic mulch using the SIMDualKc model. **Water**, 10, 8, 1088, 2018.

ZHANG, M.; WANG, L.; WANG, H.; XIAO, N.; LIU, J. Exploration of Water-Saving and High-Yield Irrigation Model for Tomato under Microsprinkler Irrigation with Plastic Film in a Greenhouse Based on Spatial Analysis. **Journal of Sensors**, 2022a.

ZHANG, MINGZHI et al. Growth and Fruit Yields of Greenhouse Tomato under the Integrated Water and Fertilizer by Moistube Irrigation. **Agronomy**, v. 12, n. 7, p. 1630, 2022.

Anexo A. Aplicações preventivas para controle de pragas e doenças no tomateiro durante a execução do experimento, em Morrinhos – GO, 2023

Data da Aplicação	Grupo Químico/Princípio Ativo	Modo de Ação	Dosagem	Controle
01/04/2023*	Oxicloreto de cobre (Recop)	Fungicida/Bactericida de contato	8 g em 5 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Podridão (<i>Erwinia carotovora</i>), Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>), Mancha-de-estenfilio (<i>Stemphylium solani</i>), Mancha-bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>), Cancro-bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i>), Antracnose (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>)
	Mancozebe/Ditiocarbamato (Unizeb Gold)	Fungicida e acaricida de contato	16 g em 5 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
	Neonicotinóide/Acetamiprido (Acetamiprid CCAB 200 250)	Inseticida sistêmico	2 g em 5 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão-verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
	Organofosforado e Piretroide/ Profenofós e Cipermetrina (Polytrin)	Inseticida de contato e ingestão	5 ml em 5 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Broca-Pequena-doFruto (<i>Neoleucinodes elegantalis</i>); Traça-do-Tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>), Ácaro-do-Bronzeamento (<i>Aculops lycopersici</i>)
	Piriproxifem/ Éter piridiloxipropílico (Cordial 100)	Inseticida de contato e translaminar	4 ml em 5 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>)
10/04/2023	Oxicloreto de cobre (Recop)	Fungicida/Bactericida de contato	8 g em 5 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Podridão (<i>Erwinia carotovora</i>), Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>), Mancha-de-estenfilio (<i>Stemphylium solani</i>), Mancha-bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>), Cancro-bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i>), Antracnose (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>)
	Mancozebe/Ditiocarbamato (Unizeb Gold)	Fungicida e acaricida de contato	16 g em 5 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
	Azoxistrobina/Estrobilurinas (Amistar WG)	Fungicida sistêmico	1 g em 5 litros de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>)
	Neonicotinóide/Acetamiprido (Acetamiprid CCAB 200)	Inseticida sistêmico	2 g em 5 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão-verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
	Organofosforado e Piretroide/ Profenofós e Cipermetrina (Polytrin)	Inseticida de contato e ingestão	5 ml em 5 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Broca-Pequena-doFruto (<i>Neoleucinodes elegantalis</i>); Traça-do-Tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>), Ácaro-do-Bronzeamento (<i>Aculops lycopersici</i>)
15/04/2023	Mancozebe/Ditiocarbamato (Unizeb Gold)	Fungicida e acaricida de contato	16 g em 5 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
	Azoxistrobina/Estrobilurinas (Amistar WG)	Fungicida sistêmico	1 g em 5 litros de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>)
24/04/2023	Mandipropamida/ Éter Mandelamida (Revus)	Fungicida Translaminar	3 ml em 5 litros de água	Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
	Acibenzolar-S-Metfílico (Bion)	Fungicida	5 g em 100 litros de água	Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>); Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Mancha bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>); Pinta bacteriana (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>)
	Organofosforado e Piretroide/ Profenofós e Cipermetrina (Polytrin)	Inseticida de contato e ingestão	5 ml em 5 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Broca-Pequena-doFruto (<i>Neoleucinodes elegantalis</i>); Traça-do-Tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>), Ácaro-do-Bronzeamento (<i>Aculops lycopersici</i>)
05/05/2023	Oxicloreto de cobre (Recop)	Fungicida/Bactericida de contato	8 g em 5 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Podridão (<i>Erwinia carotovora</i>), Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>), Mancha-de-estenfilio (<i>Stemphylium solani</i>), Mancha-bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>), Cancro-bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i>), Antracnose (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>)
	Mancozebe/Ditiocarbamato (Unizeb Gold)	Fungicida e acaricida de contato	16 g em 5 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
	Organofosforado e Piretroide/ Profenofós e Cipermetrina (Polytrin)	Inseticida de contato e ingestão	5 ml em 5 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Broca-Pequena-doFruto (<i>Neoleucinodes elegantalis</i>); Traça-do-Tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>), Ácaro-do-Bronzeamento (<i>Aculops lycopersici</i>)
07/05/2023	Oxicloreto de cobre (Recop)	Fungicida/Bactericida de contato	8 g em 5 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Podridão (<i>Erwinia carotovora</i>), Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>), Mancha-de-estenfilio (<i>Stemphylium solani</i>), Mancha-bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>), Cancro-bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i>), Antracnose (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>)
	Mancozebe/Ditiocarbamato (Unizeb Gold)	Fungicida e acaricida de contato	16 g em 5 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
	Acibenzolar-S-Metfílico (Bion)	Fungicida	5 g em 100 litros de água	Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>); Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Mancha bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>); Pinta bacteriana (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>)

09/05/2023	Mancozebe e Ditiocarbamato/ Metalaxil- m e Mancozebe (Ridomil gold mz)	Fungicida sistêmico e de contato	15 g em 5 litros de água	Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
	Oxicloreto de cobre (Recop)	Fungicida/Bacterici da de contato	8 g em 5 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Podridão (<i>Erwinia carotovora</i>), Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>), Mancha-de-estenfilio (<i>Stemphylium solani</i>), Mancha-bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>), Cancro-bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i>), Antracnose (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>)
	Neonicotinóide/Acetamiprido (Acetamiprid CCAB 200)	Inseticida sistêmico	2 g em 5 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> raça B); Pulgão-verde (<i>Myzus persicae</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>)
25/05/2023	Mancozebe/Ditiocarbamato (Unizeb Gold)	Fungicida e acaricida de contato	16 g em 5 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>); Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)
	Azoxistrobina e Tebuconazol/ Estrobilurina e Triazol (Azimut)	Fungicida sistêmico	7 ml em 5 L de água	Pinta-preta (<i>Alternaria solani</i>);
	Organofosforado e Piretroide/ Profenofós e Cipermetrina (Polytrin)	Inseticida de contato e ingestão	5 ml em 5 L de água	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>); Tripes (<i>Frankliniella schultzei</i>); Broca- Pequena-doFruto (<i>Neoleucinodes elegantalis</i>); Traça-do-Tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>), Ácaro-do-Bronzeamento (<i>Aculops lycopersici</i>)