

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

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE TOMATE CEREJA
EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE FÓSFORO VIA SOLO E
FERTIRRIGAÇÃO EM CULTIVO PROTEGIDO

Autor: Ulisses Reis Correia Pinto
Orientador: Prof. Dr. Roriz Luciano Machado
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão

Ceres - GO
Março – 2017

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

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE TOMATE CEREJA
EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE FÓSFORO VIA SOLO E
FERTIRRIGAÇÃO EM CULTIVO PROTEGIDO

Autor: Ulisses Reis Correia Pinto
Orientador: Prof. Dr. Roriz Luciano Machado
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão

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

Ceres - GO
Março – 2017

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

PP659c Pinto, Ulisses Reis Correia
CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE TOMATE CEREJA EM
FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE FÓSFORO VIA SOLO E
FERTIRRIGAÇÃO EM CULTIVO PROTEGIDO / Ulisses Reis
Correia Pinto; orientador Roriz Luciano Machado; co-
orientador Leandro Caixeta Salomão. -- Ceres, 2017.
61 p.

Dissertação (Mestrado em MESTRADO PROFISSIONAL EM
IRRIGAÇÃO NO CERRADO) -- Instituto Federal Goiano,
Câmpus Ceres, 2017.

1. NUTRIÇÃO DO TOMATEIRO. 2. DOSES . 3.
IRRIGAÇÃO. 4. P₂O₅. I. Machado, Roriz
Luciano , orient. II. Salomão, Leandro Caixeta , co-
orient. III. Título.

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

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE TOMATE CEREJA
EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE FÓSFORO VIA SOLO E
FERTIRRIGAÇÃO EM CULTIVO PROTEGIDO

Autor: Ulisses Reis Correia Pinto
Orientador: Prof. Dr. Roriz Luciano Machado
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão

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

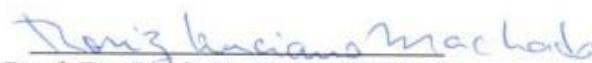
APROVADA em 22 de Março de 2017



Prof. Dr. Rilner Alves Flores
Avaliador externo
Universidade Federal de Goiás



Prof. Dr. Henrique Fonseca E. de Oliveira
Avaliador interno
IF Goiano - Campus Ceres



Prof. Dr. Roriz Luciano Machado
(Orientador)
IF Goiano - Campus Ceres

OFEREÇO

À memória da minha mãe, Maria Perciliana
Correia. Saudade eterna.

A todos que contribuíram para minha
formação profissional até este momento.

DEDICO

Primeiramente dedico este trabalho de pesquisa a Deus que me abençoou nesta jornada.

Ao meu pai Urias e minhas irmãs Silvia e Silvânia pelo amor, carinho e companheirismo.

A minha madrinha Georgeta Correia e a minha namorada Cléia Ferreira pelo incentivo na carreira acadêmica, apoio, paciência e amor.

Ao meu amigo Wilton Junior pelo apoio em todos os momentos na minha carreira profissional.

A toda minha família pela compressão aos momentos que estive ausente

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me iluminar e abençoar minha trajetória, por me dar sabedoria, possibilitando muitas conquistas em minha vida.

Em especial minha mãe que hoje se encontra com Deus mas sempre me incentivou a continuar meus estudos, sempre esteve ao meu lado principalmente nas dificuldades.

Agradeço as minhas irmãs Silvia e Silvânia, por existirem em minha vida, que sempre tiveram paciência, confiança e carinho, pela convivência, pelo companheirismo. Ao meu pai Urias pela determinação e incentivo na minha formação.

A minha madrinha Georgeta Correia e a minha namorada Cléia Ferreira por sempre me apoiarem, me incentivando aos estudos.

Agradeço a toda a minha família e amigos pelo companheirismo, apoio, incentivo e estímulo para vencer mais esta etapa da minha vida.

Ao orientador Prof. Dr. Roriz Luciano Machado por transmitir seus conhecimentos e por fazer parte deste trabalho, uma experiência positiva e por ter confiado em mim, sempre estando ali me orientando e dedicando parte do seu tempo. Muito obrigado por tudo, pela paciência, pela amizade, pelas correções e pelos ensinamentos que levarei para sempre.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, pelo suporte e infraestrutura; aos professores do PPGIC pelas sugestões no projeto de dissertação por meio de seminários; à direção e administração que oportunizaram mais uma etapa da minha vida.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, pela concessão da área experimental, juntamente com seus servidores que se dedicaram ao desenvolvimento deste trabalho. Em especial aos amigos Fernando Soares de Cantuário, Alexandre Igor de Azevedo Pereira e ao co-orientador Leandro Caixeta Salomão.

Ao Cláudio Junior, Wilton Junior, Hygor Amaral, Joianias Carvalho, Walter Filho, Gabriel Junior e Joviano que me ajudaram na implantação e desenvolvimento do experimento.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Nasceu em 03 de abril de 1993 em Pires do Rio – GO. É filho de Urias H. Pinto e de Maria P. Correia. Estudou o ensino fundamental no Colégio Estadual Martins Borges em Pires do Rio – GO, o ensino médio integrado ao técnico em Agropecuária no Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, onde ingressou no ano de 2008 com conclusão em 2010. No ano de 2011, fez parte do Núcleo de Pesquisas das Escolas de Agronomia e Veterinária da Universidade Federal de Goiás (UFG). Em 2012, iniciou o Curso de Graduação em Irrigação e Drenagem no Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, com conclusão em 2014. Atualmente trabalha na Agência Goiana de Defesa Agropecuária como fiscal agropecuário. Em 2015, iniciou uma pós-graduação *Lato Sensu* em engenharia ambiental do Instituto Prominas com conclusão em 2016, e, no mesmo ano, iniciou o curso de Mestrado em Irrigação no Cerrado no Instituto Federal Goiano – Campus Ceres.

ÍNDICE

Página

| | |
|---|-----|
| RESUMO..... | xi |
| ABSTRACT..... | xii |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 17 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 19 |
| 2.1 A cultura do tomate cereja..... | 19 |
| 2.2 Cultivo protegido..... | 20 |
| 2.3 Irrigação do tomateiro..... | 21 |
| 2.4 Irrigação localizada..... | 22 |
| 2.5 Nutrição do tomateiro..... | 23 |
| 2.5.1 Resposta do tomateiro a doses de fósforo (P)..... | 24 |
| 2.5.2 Fósforo (P) no solo..... | 26 |
| 2.6 Parcelamento de fósforo..... | 27 |
| 2.7 Formas de aplicação de fósforo..... | 27 |
| 2.7.1 Via solo..... | 28 |
| 2.7.2 Via fertirrigação..... | 29 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 31 |
| 3.1 Caracterização da área experimental..... | 31 |
| 3.2 Sistema e manejo da irrigação..... | 32 |
| 3.3 Características da cultivar e tratos culturais..... | 33 |
| 3.4 Delineamento experimental e tratamentos..... | 36 |
| 3.5 Parâmetros avaliados e análises estatísticas..... | 36 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 39 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 55 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 56 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| Figura 01: Vista geral do experimento | 34 |
| Figura 02: Altura de plantas de tomateiro adubado com diferentes níveis de fósforo (P) via solo e via fertirrigação..... | 40 |
| Figura 03: Diâmetro do caule de tomateiro adubado com diferentes níveis de fósforo (P) via solo e via fertirrigação | 41 |
| Figura 04: Detalhe de deficiência de fósforo nas folhas de tomate cereja..... | 43 |
| Figura 05: Número de ramificação por planta (NRP) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação..... | 43 |
| Figura 06: Massa fresca de raiz (MFR) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação..... | 44 |
| Figura 07: Massa seca de raiz (MSR) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via Fertirrigação..... | 45 |
| Figura 08: Diâmetro Transversal de Fruto (DTF) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação | 47 |
| Figura 09: Diâmetro Longitudinal de Fruto (DLF) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação..... | 48 |
| Figura 10: Massa Fresca de Fruto (MFF) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação..... | 49 |
| Figura 11: Massa Seca de Fruto (MSF) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação..... | 49 |
| Figura 12: Número de Frutos por Ramificação (NFR) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação..... | 51 |
| Figura 13: Número Total de Frutos por Planta (NTFP) em função de doses de fósforo (P) aplicado via fertirrigação..... | 52 |
| Figura 14: Produtividade (Prod) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação de P..... | 53 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | Página |
|---|--------|
| Tabela 01: Resultados das análises granulométrica e química de terra fina seca ao ar (TFSA) utilizada como substrato nos vasos..... | 32 |
| Tabela 02: Cronograma de aplicação e parcelamentos da dose total..... | 35 |
| Tabela 03: Cronograma de aplicação e dose de nutriente em cada aplicação..... | 36 |
| Tabela 04: Resumo do quadro de análise de variância para atributos de altura de planta e diâmetro do caule de plantas de tomateiro cereja sob formas e doses de aplicação de fósforo (P)..... | 39 |
| Tabela 05: Resumo da análise de variância para atributos número de ramificações por planta (NRP), índice relativo de clorofila (IRC), massa fresca (MFR) e massa seca de raiz (MSR)..... | 42 |
| Tabela 06: Resumo da análise de variância (ANAVA) para atributos de diâmetro de transversal (DTF), diâmetro longitudinal (DLF) massa fresca de frutos (MFF) e massa seca de frutos (MSF)..... | 46 |
| Tabela 07: Número de Frutos por Ramificação (NFR), Número Total de Frutos por Planta (NTFP), Produtividade (Prod), Sólidos Solúveis Totais (SST) e Acidez Total Titulável de Fruto (ATTF) em função de formas de aplicação e doses de fósforo (P)..... | 50 |

RESUMO

ULISSES REIS CORREIA PINTO. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, março de 2017. **Características produtivas de tomate cereja em função da aplicação de fósforo via solo e fertirrigação em cultivo protegido.** Orientador: Roriz Luciano Machado. Coorientador: Leandro Caixeta Salomão

A dosagem e a forma adequada de aplicação de fósforo na cultura do tomateiro podem contribuir para maior produtividade e qualidade de fruto. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes dosagens e formas de aplicação de fósforo (P_2O_5) na cultura do tomate cereja, sob ambiente protegido. O experimento foi instalado em ambiente protegido na área experimental de Olericultura do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí. O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, em vasos de 12 litros. O delineamento estatístico empregado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial do tipo 2 (formas de aplicação) x 5 (dosagens de P_2O_5) com cinco repetições e quatro plantas por parcela. As cinco dosagens de P_2O_5 utilizadas foram: 0, 250, 500, 750 e 1000 Mg ha⁻¹; e as duas formas de aplicação de fósforo foram, via solo e via fertirrigação. Os atributos avaliados foram: altura de planta (H), diâmetro do caule (DC), número de ramificação por planta (NRP), índice relativo de clorofila (IRC), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), número de frutos por ramificação (NFR), número total de frutos por planta (NTF), diâmetro transversal do fruto (DTF), diâmetro longitudinal do fruto (DLF), massa fresca dos frutos (MFF), massa seca dos frutos (MSF), produtividade (Prod.), sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável de fruto (ATTF). Com exceção de IRC, SST e ATTF, todos os atributos vegetativos e de produção apresentaram efeito significativo dos fatores isolados e da interação. A fertirrigação apresentou-se melhor que via solo em doses crescentes de fósforo para os atributos H, DC, NRP, MFR, MSR, DTF, NFR, NTF e Prod. Para os atributos DLF, MFF e MSF, a aplicação via solo mostrou-se superior à fertirrigação. P parcelado e aplicado via fertirrigação proporciona maior desenvolvimento vegetativo e produtividade de tomate cereja. A dosagem de máxima eficiência econômica foi alcançada com 842,9 e 944,6 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , para aplicação

via solo e fertirrigação, respectivamente, e aumenta mais de 700% a produtividade de tomate cereja nas condições do estudo.

.Palavras-chaves: Nutrição do tomateiro, irrigação, P_2O_5

ABSTRACT

ULISSES REIS CORREIA PINTO. Goiano Federal Institute – Campus Ceres – GO, March, 2017. **Productive characteristics of cherry tomatoes as a function of the application of phosphorus via soil and fertirrigation in protected cultivation.** Main advisor: Roriz Luciano Machado. Second advisor: Leandro Caixeta Salomão

The dosage and the appropriate form of phosphorus application in the tomato culture can contribute to higher productivity and fruit quality. The present work aims to evaluate the effects of different dosages and forms of application of phosphorus (P_2O_5) in the cherry tomato culture under protected environment. The experiment was carried out in a protected environment in the experimental area of Olericultura of the Goiano Federal Institute - Campus Urutaí. The irrigation system used was drip irrigation in 12-liter pots. The statistical design employed was randomized blocks in a factorial scheme of type 2 (application forms) x 5 (P_2O_5 dosages) with five replicates and four plants per plot. The five dosages of P_2O_5 used were: 0, 250, 500, 750 and 1000 $Mg\ ha^{-1}$; and the two forms of P application were, via soil and via fertirrigation. Attributes evaluated were: plant height (H), diameter of the stem (DS), number of branches per plant (NBP), relative index of chlorophyll (RIC), fresh root bulk (FR), root dry bulk (RDM), number of fruit per branch (NFB), total number of fruit per plant (TNF), cross-cut diameter (CD), longitudinal diameter of fruit (LDF), fresh fruit bulk (FFB), dry fruit bulk (DFB), productivity (Prod.), total soluble solids (TSS) and total titratable fruit acidity (ATTF). With the exception of RIC, TSS and ATTF, all vegetative and production attributes had a significant effect on the isolated factors and interaction. Fertirrigation showed better with increasing doses for H, DS, NBP, FR, RDM, CD, NFB, TNF and Prod. For the attributes of LDF, FFB and DFB, soil application was superior to that of fertirrigation. P in installments applied via fertirrigation provided higher productivity of cherry tomatoes.. The maximum economic efficiency dosage was achieved with 842.9 and 944.6 $kg\ ha^{-1}$

of P_2O_5 , for soil application and fertirrigation, respectively, increasing productivity by more than 700% under the conditions of the study.

Key-words: Tomato nutrition, irrigation, P_2O_5

1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) está entre as principais hortaliças cultivadas no Brasil. A qualidade do tomate cereja depende das características físicas, físico-químicas e químicas que influenciam a sua atratividade ao consumidor. Estas características também são indicativas de sua qualidade organoléptica e nutricional das quais a pectina total, pectina solúvel, relação sólidos solúveis/acidez, acidez titulável, vitamina C e açúcares redutores são importantes indicadores (CARVALHO et al., 2005; CARDOSO et al., 2006).

Atualmente o tomate está sendo largamente cultivado em ambiente protegido. Neste sistema de cultivo tem-se dado preferência à irrigação localizada por gotejamento, entre outros motivos, pela economia de água, mas também, pela facilidade de aplicação de nutrientes via sistema de irrigação, ou seja, fertirrigação e pela eficiência de aplicação de água e fertilizantes. No Brasil, a utilização de ambiente protegido, principalmente para a produção de plantas ornamentais e hortícolas, vem se destacando devido à maior proteção quanto a fenômenos climáticos, como geadas, ao excesso de chuvas, ao arrefecimento da temperatura noturna, à diminuição de perdas de nutrientes e à redução dos custos com fertilizantes e defensivos. As colheitas nesses ambientes superam as que se obtêm a céu aberto (OLIVEIRA, 1995; CARRIJO et al., 2004).

A utilização de adubos minerais no cultivo de hortaliças tem aumentado nos últimos anos. Esta expansão se deve, principalmente, à busca de alternativas para se obter maiores produtividades, ao mesmo tempo em que a adubação orgânica e química possibilita melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, com reflexo sobre a produção de hortaliças. O tomateiro é uma planta bastante exigente em nutrientes, sendo os mais absorvidos (em ordem decrescente): N, K, Ca, S, P, Mg, Fe, Mn, Zn, B e Cu (EMBRAPA, 1994).

Dentre os recursos naturais, a água é possivelmente o mais essencial para o cultivo de tomate, que é normalmente produzido com irrigação. Além de suprir as necessidades hídricas das plantas, a água também proporciona a solubilização e a disponibilização dos nutrientes do solo (MAROUELLI; SILVA, 2005).

Os agricultores fazem adubações a cada ciclo de cultura, geralmente para obter produtividades elevadas, sem saber dos resultados da análise de solo. Nesse caso,

arriscam ter despesas desnecessárias e provocar desequilíbrios de nutrientes no solo, com aplicações sucessivas de doses elevadas de fertilizantes, sem o conhecimento de seu efeito residual, sem seu devido parcelamento de nutrientes adequado, provocando assim, incerteza na sua produtividade.

A literatura evidencia os benefícios da fertirrigação, entretanto, em relação ao parcelamento de P_2O_5 para o tomateiro cereja as informações são ainda escassas, havendo necessidade de estudos visando obter o adequado parcelamento da adubação e dose de fertilizantes para essa cultura e sistemas de produção.

A hipótese da dissertação foi que existem doses ótimas de fósforo (P_2O_5) para a cultura do tomate cereja em função da forma de aplicação: via solo e via fertirrigação. Para verificar a hipótese, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes dosagens e duas formas de aplicação de fósforo (P_2O_5) (via solo e via fertirrigação) na cultura do tomate cereja, em ambiente protegido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do tomate cereja

O tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) é uma hortaliça fruto da família das solanáceas, com origem na região andina da parte ocidental da América do Sul. Peru, Bolívia ou até mesmo o Equador são, provavelmente, seu berço de origem, devido ao encontro de espécies silvestres de *Lycopersicum*, em sua forma primitiva, nesses locais. A comercialização e o cultivo dessa hortaliça foram realizados por tribos indígenas do México, sendo considerada planta venenosa por muitos anos na Espanha e, por isso, nessa época foi usada somente como ornamental. A domesticação do tomate ficou por conta dos italianos que descobriram o seu poder alimentar (FONTES & SILVA, 2002).

Existem diversos tipos de tomate, dentre os quais se tem destacado o tipo cereja (*Lycopersicum esculentum* var. *cerasiforme*), recentemente no comércio. Foi introduzido no Brasil na década de 1990, tendo sabor mais adocicado que outras variedades de tomates, de formato arredondado ou tipo uva (grape) com tamanhos pequenos. Destaca-se ainda pela cor vermelha intensa ou amarela para alguns híbridos, que chama muita atenção pela sua coloração forte, alta firmeza, boa consistência, resistência à doença e pelo valor nutricional (SOUZA, 2009; JUNQUEIRA, 2011).

Consoante a Associação Brasileira de Horticultura (ABH) (2012), comparando o °brix (que indica a concentração de sólidos solúveis totais constituintes pelo teor de açúcares), entre o tomate cereja ou grape e o tradicional, constatou-se que o primeiro possui uma boa consistência e doçura aceitável, variando de 9 até 12 °brix, e o tradicional variando entre 4 e 6 °brix.

Devido ao grande teor de licopeno, pigmento responsável pela coloração vermelha, e também um antioxidante, o tomate do grupo cereja atrai consumidores pelo sabor adocicado, servindo como aperitivo na culinária. A inovação de agricultores na produção de frutos cereja tem tido boa aceitação na comercialização, utilizados principalmente na ornamentação de pratos exóticos (TRANI et al., 2004).

O tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) é uma hortaliça cultivada em quase todo o mundo e de grande importância no cenário brasileiro. Em 2013, a safra brasileira de tomate, incluindo os segmentos de indústria e mesa, totalizou 3.801.324 toneladas, em uma área de 57.196 ha, resultado na produtividade média de 66,4 Mg ha⁻¹, sendo a

produção concentrada principalmente nas regiões Sudeste (40%) e Centro-Oeste (35%). Os Estados com maior participação na produção nacional foram, Goiás (33,50%), São Paulo (17,76%), Minas Gerais (13,65%), Paraná (7,52%) e Rio de Janeiro (4,73%) (AGRIANUAL, 2014).

O tomate é a segunda hortaliça em importância social no Brasil e ocupa o sétimo lugar no ranking mundial, empregando pelo menos 10.000 produtores com mais de 60.000 famílias de trabalhadores, ou mais de 200.000 pessoas diretamente envolvidas com a produção (BRASIL, 2007).

Segundo Filgueira (2000), a temperatura ideal para a produção do tomateiro varia entre 21-28°C durante o dia e 15-20°C durante a noite. Temperaturas diurnas e noturnas mais elevadas prejudicam a frutificação e causam abortamento de flores, reduzindo assim, o número de frutos por planta. Silva (2005) relata que quando a temperatura ultrapassa a recomendada acarreta estresse nas plantas, havendo menor liberação e germinação do grão de pólen, menor fixação dos frutos e ocorrência de frutos pequenos e com poucas sementes, causando danos prejudiciais para comercialização dos frutos.

No estudo de Alvarenga (2004), o fruto do tomateiro é considerado uma das hortaliças mais exigentes em adubação, pois a eficiência de absorção de nutrientes no tomate é considerada baixa. As exigências da cultura variam conforme a etapa de desenvolvimento, a cultivar, a temperatura, o solo, a luminosidade, a umidade relativa do ar e o manejo adotado. Os teores médios de nutrientes no tecido vegetal também podem variar, uma vez que a falta ou o excesso de nutrientes compromete o metabolismo e a produtividade do tomate.

2.2 Cultivo protegido

Purquerio & Tivelli (2006) relatam que o cultivo protegido consiste em uma técnica que possibilita certo controle das condições edafoclimáticas. Se caracteriza pela construção de estrutura para a proteção das plantas contra os agentes meteorológicos, permitindo a passagem da luz, para as plantas realizarem a fotossíntese, além de temperatura, umidade do ar, radiação, solo, vento e composição atmosférica.

O cultivo em ambiente protegido permite que o efeito da sazonalidade diminua, viabilizando o cultivo fora de época. Essa técnica, juntamente com as novas tecnologias desenvolvidas na área de irrigação, como a fertirrigação, tem propiciado ótimos resultados, referentes à eficiência de aplicação de água e de nutrientes (FACTOR et al.,

2008). Segundo estudos de Beckmann e Cavalcante et al. (2007), a técnica do cultivo protegido, para hortaliças em geral, minimiza os efeitos de intempéries climáticas e da variabilidade ambiental, aperfeiçoa o desenvolvimento da cultura implantada, favorece o crescimento das plantas e encurta o seu ciclo de produção, permitindo, ainda, a oferta de hortaliças o ano todo.

A respeito dessa técnica, Reis et al. (2009) realçam que, comparado ao sistema de plantio em campo (convencional), o consumo de água pela cultura no cultivo em ambiente protegido é menor. Em algumas regiões do Brasil esta característica é importante, pois o acesso a água pode ser limitado ou ser até escasso ao longo do ano. Streck et al. (2002) comentam que a temperatura no interior do ambiente protegido pode ser reduzida com emprego de nebulização, branqueamento da cobertura interna e sombreamento com tela plástica, proporcionando ambiente favorável ao rendimento da cultura.

2.3 Irrigação do Tomateiro

Em várias regiões do mundo, o cultivo do tomateiro ainda é limitado, devido ao período de chuvas irregular e elevada taxa de evaporação, em que a reposição de água é realizada por meio da irrigação. Por meio da irrigação, há redução dos riscos de perda de produtividade e viabiliza em quantidade e qualidade de frutos (MAROUELLI; SILVA, 2005).

Sobre o consumo de água, diversos autores têm comprovado que a irrigação promove aumento na produtividade de diversas culturas (CARVALHO et al., 2004; VILAS BOAS et al., 2008; ZENG et al., 2009).

Para Alvarenga (2004), o ciclo do tomateiro pode ser dividido em três fases distintas. A primeira fase tem duração de quatro a cinco semanas aproximadamente, vai do transplante das mudas até o início do florescimento. A segunda fase tem duração de cinco a seis semanas, iniciando-se por ocasião do florescimento e terminando no início da colheita dos frutos; e a terceira fase dura do início ao final da colheita.

Segundo Silva et al. (2001), é necessário que os fatores relacionados à nutrição, ao uso correto de água, à genética e à sanidade, estejam em níveis adequados, para se obter, assim, boa qualidade do fruto e lucratividade econômica com a cultura do tomateiro. A água é um dos fatores que apresentam maior influência nas características de crescimento e desenvolvimento dos vegetais. Os pesquisadores mencionados

afirmam também que devido a períodos secos prolongados ou ao manejo impróprio da irrigação, a escassez de umidade do solo provoca abortamento de flores.

Santana et al. (2009) citam a deficiência hídrica como uma variável que mais afeta a produção do tomateiro. Marouelli e Silva (2006) relatam que o tomateiro é exigente em água e responde negativamente tanto ao excesso quanto ao déficit hídrico. Quando há excesso de umidade há apodrecimento e o aparecimento de rachaduras nos frutos, e também, o surgimento de fungos causadores de doenças no tomateiro.

Trani & Carrijo (2004) afirmam que o suprimento adequado de água é importante, pois todos os processos fisiológicos estão diretamente relacionados ao seu *status* no sistema solo-água-planta-clima.

O método de irrigação localizada é essencial para economizar água, sendo um sistema muito eficiente na aplicação de água, comparando com os demais métodos. A eficiência de irrigação é definida como a relação entre a quantidade de água utilizada pela cultura e a quantidade total aplicada pelo sistema (MAROUELLI et al., 2011).

2.4 Irrigação localizada

A Agência Nacional das Águas (ANA) (2007) frisa que a agricultura irrigada é conhecida como a maior usuária de água doce no mundo, sendo responsável pelo consumo de 69% do total, e o restante é consumido principalmente pela indústria e uso doméstico. Atualmente no mundo, aproximadamente 18% da área cultivada é irrigada, sendo esta responsável por 44% da produção agrícola do mundo. Mantovani et al. (2009) relatam estimativas de que a área cultivada e irrigada no Brasil é responsável por 16% da produção total e 35% do valor econômico da produção.

Conforme Bernardo et al. (2005), a irrigação localizada caracteriza-se fundamentalmente, pela aplicação da água numa fração do volume do solo explorado pelas raízes da planta, de forma pontual ou em faixa contínua, geralmente com distribuição pressurizada por meio de pequenas vazões e curtos intervalos de rega. Isso mantém níveis de umidade ideais para as culturas, otimizando o desenvolvimento vegetal.

No sistema de irrigação por gotejamento é preciso sistemas de filtragem para seu correto funcionamento sem causar obstrução dos sistemas de irrigação, pois são pequenos os orifícios por onde sai a água (MANTOVANI et al., 2009).

Para Mantovani et al. (2009), o método de irrigação localizada se destaca entre os demais métodos por utilizar menor quantidade de água e pela eficiência de aplicação

e uniformidade ser mais alta, situando-se entre 85 e 95%. Com isso, exige um consumo menor de energia e necessita de menos mão-de-obra para o manejo do sistema. Ademais, possibilita o controle rigoroso da quantidade de água fornecida pelas plantas, permite a aplicação de produtos químicos via água de irrigação, otimiza o uso de fertilizantes e permite o cultivo em áreas declivosas.

2.5 Nutrição do tomateiro

De acordo com Silva et al. (2001), os números de nutrientes absorvidos pela planta de tomate estão geralmente associados ao crescimento da planta, dependendo de fatores bióticos e abióticos. Alguns autores, como Silva et al. (2005) e Fontes et al. (2000), em estudos sobre a relação atribuída a absorção de nutrientes e a produção de frutos, observaram a existência de um ponto de equilíbrio entre a quantidade de nutriente fornecido e a produtividade. As folhas são até esse estágio o órgão da planta com maior concentração de nutrientes e massa seca. A partir de então, alguns nutrientes como N, P e K passam gradativamente a se acumular em maior quantidade nos frutos.

São elevadas as demandas por K em cultivos protegidos para o crescimento vegetativo, produção de frutos e qualidade dos frutos (KANAI et al., 2007). O fornecimento insuficiente de K tem sido inclusive constatado em cultivos comerciais de tomate (CHEN & GABELMAN, 2000). A manutenção de uma razão de fornecimento de N e K em torno de 1:2 e 1:3 na fase de enchimento de frutos, associada a um controle eficiente da irrigação, aumenta a qualidade de frutos (PRADOS, 2001). Oliveira (2007) observou que o tomateiro responde bem a dosagens de nitrogênio de 100 kg ha⁻¹, entretanto pode responder melhor com dosagens superiores, melhorando a produtividade. Para o potássio, não se notou respostas às diferentes dosagens estudadas provavelmente pela alta disponibilidade deste nutriente no solo.

Carvalho et al. (2004) afirmam que o Mg é constituinte da molécula de clorofila e apresenta a função de ativador de diversas enzimas envolvidas no metabolismo de carboidratos, gorduras e proteínas. A maioria das enzimas fosforilativas requer a presença do magnésio, que forma uma ponte entre o ATP ou ADP e a enzima, sendo fundamental em vários processos como fotossíntese, respiração, sínteses de compostos orgânicos, absorção iônica e aprofundamento e expansão radicular.

Segundo Mohammad et al. (2004), a aplicação de P de forma localizada, em pré-plantio, permite a ocorrência de altos teores iniciais de P na solução do solo, adequada ao crescimento radicular das plantas. No entanto, a disponibilidade de P diminui ao

longo do ciclo de cultivo, em razão das reações de precipitação e adsorção dos íons de fosfato no solo, processos que dão origem a formas menos solúveis ou insolúveis do nutriente.

2.5.1 Resposta do tomateiro a fósforo

Pelá et al. (2009) ressaltam que o fósforo (P) é um elemento essencial no metabolismo das plantas. Atua nos processos de transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese, como componente estrutural dos ácidos nucleicos de cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos.

Para Grant et al. (2001), primeiramente a planta utiliza o fósforo (P) armazenado na semente para germinação e início do seu crescimento. Na próxima etapa, o crescimento é influenciado pelo intercâmbio entre o fósforo (P) disponível externamente e o existente na própria planta.

A cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) consome grande quantidade de fertilizante fosfatado em face da área cultivada, da exigência pela cultura e da alta adsorção do nutriente no solo. É também bastante exigente em nutrientes prontamente disponíveis para absorção, necessitando da utilização de grandes quantidades de adubos e corretivos em seu processo de produção (MARTINS, 2015).

Grant et al. (2001) verificaram que se a planta não receber dose suficiente de fósforo (P) na fase inicial de seu ciclo, seu desenvolvimento pode ser comprometido e prejudicará a produtividade, mesmo que depois receba a dosagem recomendada. Segundo os autores, dependendo da quantidade de fósforo armazenada nos tecidos das plantas, poderá aparecer deficiência. Para isso não ocorrer faz-se o parcelamento de fósforo. Plantas que passam por deficiências de fósforo, quando têm seu fornecimento restabelecido o absorvem de forma exagerada, como se perdessem a capacidade de regular a absorção. A maior parte do fósforo armazenado nas plantas superiores encontra-se em quantidades bastante variáveis na forma de fósforo inorgânico.

Conforme Oliveira (2007), tem sido bastante estudada a resposta do tomateiro a diferentes doses de nutrientes, formas de aplicação e fontes variadas de diversos nutrientes. Isso contribuiu para a elaboração de recomendações envolvendo quantidade, técnicas e épocas de adubação para a cultura do tomate, incrementando assim, a qualidade do tomate para comercialização.

De acordo com a Embrapa (2006), a absorção de nutrientes pelo tomateiro é baixa até o aparecimento das primeiras flores. Essa absorção aumenta e atinge o

máximo na fase de “pegamento” e crescimento dos frutos (entre 40 e 60 dias após o plantio), voltando a decrescer durante a maturação dos frutos. Contudo, a quantidade de nutrientes extraída é relativamente pequena, mas a exigência em adubação é muito grande, pois a eficiência de absorção dos nutrientes pela planta é baixa. Estima-se que a taxa de absorção pela cultura de fertilizantes fosfatados é de aproximadamente 10%. O restante fica no solo na forma de resíduo, podendo ser absorvido por plantas invasoras, ser retido por partículas do solo (fixação) ou até mesmo transportado pela erosão.

Novais & Smyth (1999) constataram aumento na produtividade quando se elevou a dose de 0 para 150 kg de P_2O_5 ha^{-1} , com respostas ainda significativas até a dose de 300 kg de P_2O_5 ha^{-1} , com incrementos pouco significativos acima desta dose.

No estado de São Paulo, em solo com 1 mg dm^{-3} de P (H_2SO_4 0,05N), verificou-se que o tomateiro rasteiro apresentou boas respostas até a dose de 300 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Atribuiu-se esse comportamento ao baixo teor de fósforo disponível do solo e à alta taxa de adsorção do nutriente (BARBOSA, 1993).

Dias et al. (2009) relatam que a utilização do P na produção de mudas aumenta a fotossíntese, além de proporcionar a formação inicial e o desenvolvimento das raízes. Sendo assim, aumenta a eficiência da utilização de água pelas plantas, bem como, a absorção dos demais nutrientes.

Apesar da importância do tomate cereja são poucos os estudos relacionados com fósforo. Faria et al. (1999) estudaram a resposta do tomateiro à adubação fosfatada em solos com diferentes teores de fósforo disponível. Os autores observaram que nos solos com conteúdo de P disponível igual ou inferior a 2 mg dm^{-3} , os aumentos em produtividade provocados pela adubação foram, em média, de 191%, enquanto no solo com teor de P de 8 mg dm^{-3} , o aumento foi de apenas 22%. Todavia, em solos com teor de P igual ou superior a 14 mg dm^{-3} , não foi verificada resposta do tomateiro à adubação fosfatada.

Melo et al. (2014) avaliaram o efeito de diferentes doses de fósforo (0, 150 e 300 kg ha^{-1}) no crescimento de tomateiro cultivado em sistema hidropônico, e obtiveram maior teor de fósforo em todos os parâmetros avaliados quanto maiores as doses de P.

A aplicação de doses adequadas de fósforo é necessária para aumentar a produtividade e a qualidade do tomateiro, principalmente porque seu fornecimento beneficia o desenvolvimento vegetativo, a floração e a frutificação (FILGUEIRA, 2008). Todavia, o nível adequado de P pode variar consoante vários fatores,

necessitando assim de mais estudos em diferentes condições de solo, clima e formas de aplicação.

2.5.2 Fósforo no solo

Souza et al. (2004) afirmam que após a dissolução do adubo fosfatado aplicado ao solo, grande parte do fósforo é retido na fase sólida, formando compostos menos solúveis. As diversas culturas respondem de forma diferente aos fatores como textura, tipos de minerais, de argila e acidez do solo, que afetam a sua magnitude de recuperação do P aplicado. Da mesma forma outros fatores influenciam a nutrição da cultura como, por exemplo, a forma de aplicação do fertilizante fosfatado, via solo, via água de irrigação e via foliar.

Ocorre um desequilíbrio na solução do solo em relação ao momento anterior à chegada do fósforo, e deste modo sucederá então tanto a difusão quanto a adsorção (que acontece mais facilmente, principalmente em solos intemperizados). O P adsorvido se transforma em P-lábil, que atua como um reservatório, fornecendo P à solução do solo quando esta se encontra escassa de P. Esse fluxo de P da forma lábil-solução ou solução-lábil, varia com o teor de argila e com a intemperização do solo (NOVAIS et al., 2007).

Conforme Souza et al. (2004), nos solos mais argilosos, o P encontra resistência maior para ir de um lugar para outro, devido ao “poder tampão do solo”. Esse sistema de reservatório funciona como um regulador de excesso e escassez, ocorrendo mais criteriosamente em solos muito intemperizados, onde o P passa mais rapidamente da forma lábil para não-lábil (forma não prontamente disponível), fenômeno conhecido como fixação de fósforo. Ao contrário do N, o P é muito pouco móvel no solo, “não lixiviável” em condições normais, ou seja, de difícil dispersão no solo.

Quando um fertilizante fosfatado solúvel em água é adicionado ao solo, as reações acontecerão de forma rápida, fazendo com que a porção adubada do solo fique saturada com P. Essa saturação inicia um potencial osmótico que atrai a água para si e, ao mesmo tempo, ocorre a difusão do P desta região para outras mais escassas. Significa que esse P será absorvido pelas raízes presentes no decorrer do caminho. Essas reações acontecem até que se acabe o potencial osmótico ou que se complete a diluição do P. Quando o fertilizante for de baixa solubilidade, ocorrerá uma reação parecida, mas o potencial osmótico será tanto menor quanto for a solubilidade do fertilizante. O volume

de água mobilizado será menor e o P caminhará por difusão na solução e por fluxo de massa (KAMINSKI & PERUZZO, 1997).

Grant et al. (2001) afirmam que a raiz absorve apenas o fósforo (P) que é encontrado até 2 mm de distância. Quando culturas são submetidas às condições de pequena disponibilidade de P têm um aumento em seu crescimento, sendo maior que a parte aérea, aumentando assim a eficiência de absorção.

2.6 Parcelamento de fósforo

Novais & Smyth (1999) investigaram que em solos ácidos de regiões tropicais e subtropicais, as maiores restrições na produção agrícola é a baixa disponibilidade de fósforo no solo. Isso ocorre devido à alta capacidade de adsorção e ou baixo teor do nutriente no material de origem, e a baixa eficiência de absorção e utilização do P apresentada pela maioria das variedades modernas empregadas comercialmente.

Para Novais et al. (2007), a transformação de P-lábil em P-não lábil depende principalmente da capacidade máxima de adsorção de fosfato (CMAP) do solo e do tempo de contato. Segundo os autores, estudos mostram que após 300 dias, até 95% do P pode passar para forma não lábil. Desta forma, medidas como adubação localizada, uso de fertilizantes granulados, a redução do tempo de contato do P com o solo em relação ao plantio e até mesmo o parcelamento de P, podem reduzir a fixação de P no solo.

Resende et al. (2006) compararam cultivos com irrigação e sob regime de sequeiro, e verificaram que o parcelamento de fósforo foi importante para os dois sistemas de produção. Isso porque reduziu a quantidade de P fixada e proporcionou maiores produtividades para uma mesma dose de P ou menores doses de P, para as ótimas produtividades obtidas atualmente.

2.7 Formas de Aplicação de Fósforo

Geralmente os fertilizantes são aplicados de forma localizada, como nas linhas de semeadura ou a lanço. O melhor modo de aplicação depende da cultura que está sendo adubada, das características físicas e químicas do solo e do próprio fertilizante utilizado. Para os adubos fosfatados, devido a sua reação de adsorção específica e precipitação no solo, em particular em solos argilosos, a maneira mais adequada de se localizar os nutrientes em profundidade é a aplicação deste fertilizante concentrado na

linha de semeadura, posicionando o adubo abaixo e ao lado da linha de distribuição das sementes (CERETTA et al., 2007).

A utilização de grandes quantidades de fosfatos na correção da fertilidade de solos e a ausência de reservas abundantes de rochas fosfatadas de boa qualidade no Brasil, associadas ao alto custo dos fertilizantes, justificam estudos para otimizar a eficiência no uso de adubos fosfatados. No entanto, têm-se variações quanto à natureza e à solubilidade de fosfatos naturais e industrializados, também a interação com os componentes edáficos, que influenciam fortemente a disponibilização do P às plantas (HOROWITZ & MEURER, 2003; PROCHNOW et al., 2003).

Atualmente, além da forma tradicional de aplicação de nutrientes, tem se dado preferência à fertirrigação, pois permite a aplicação de fertilizantes simultaneamente com a água de irrigação (ELOI et al., 2004). As recomendações de aplicação de fósforo normalmente são restritas aos métodos convencionais, devido aos poucos trabalhos que tratam sobre a eficiência da adubação com fósforo na fertirrigação, como também, ao comportamento desse elemento no solo (COELHO, 1994). Geralmente as adubações sugerem a aplicação de 100% do P em fundação. Porém, em certas situações o parcelamento do P pode ser vantajoso (NOVAIS et al., 2007).

2.7.1 Via solo

O fósforo é exigido em menor quantidade que o nitrogênio e o potássio pelas plantas, no entanto, trata-se do nutriente mais usado na agricultura brasileira. Este fato ocorre devido à baixa disponibilidade de fósforo nos solos tropicais, em virtude da baixa mobilidade e alta fixação do nutriente adicionado (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Alguns autores (BASTOS et al., 2008; BROGGI et al., 2010) destacam que as condições que favorecem a absorção de P são o crescimento radicular abundante da cultura e a maior disponibilidade do elemento, além de níveis adequados de umidade no solo.

No Brasil, nas áreas de produção agrícola, o fósforo (P) é um nutriente essencial que necessita de maior atenção para sua aplicação nos solos do cerrado. Grandes quantidades de fósforo são necessárias para manter uma disponibilidade adequada do nutriente às culturas, constituindo um dos investimentos mais altos para a prática da agricultura comercial nesses solos (SOUSA & LOBATO, 2003).

Segundo Marcolan (2013), a adubação fosfatada na cultura do tomateiro pode ser realizada a lanço ou no sulco de plantio, com incorporação do adubo ao solo no

sistema convencional (no pré-plantio e na amontoa), ou ainda aplicado na superfície, quando em plantio direto.

A adubação a lanço permite que todo o fósforo aplicado entre em contato com o solo de toda área adubada, o que resulta em alta adsorção do P no solo. Sendo assim, na adubação localizada ou aplicada no sulco de plantio, a adsorção de P é reduzida, proporcionando maior disponibilidade de P na solução do solo. O sistema radicular das plantas em contato com o fósforo proveniente do adubo também favorece o melhor aproveitamento desse elemento pela cultura (FERREIRA & CARVALHO, 2005).

De acordo com Faria et al. (1999), o parcelamento de P em duas épocas de aplicação, no tomateiro, é mais eficiente que em aplicação única em pré-plantio.

2.7.2 Via fertirrigação

Marouelli & Sousa (2011) relatam que a fertirrigação é uma prática de adubação em que os nutrientes são aplicados nos cultivos de forma parcelada, juntamente com a água de irrigação. O parcelamento permite manter a fertilidade do solo próxima ao nível ótimo durante todo o ciclo da cultura, possibilita ganhos de produtividade e diminui as perdas de nutrientes, reduzindo deficiências nutricionais nas plantas.

Estudos realizados por Vilas Boas et al. (2008) constataram que a fertirrigação por gotejamento aumenta a distribuição de fósforo no solo, pois provoca maior concentração em uma faixa estreita, saturando os sítios de fixação próximos ao ponto de aplicação.

Conforme Zanini et al. (2007), existem poucas pesquisas desenvolvidas detalhando a aplicação de fósforo via fertirrigação com irrigação localizada.

Segundo Bissani et al. (2010), os adubos nitrogenados e potássicos comercialmente utilizados são solúveis em água. Nesses casos, são iguais ao teor total do nutriente ou teor de nutriente solúvel. O mesmo não ocorre com todos os adubos fosfatados. O conteúdo de P_2O_5 do adubo fosfatado que é solúvel em solução de citrato neutro de amônio e solúvel em água é totalmente disponível para as plantas. O fósforo do superfosfato simples e MAP, por exemplo, é totalmente solúvel, pois todo o seu conteúdo de P é solúvel em citrato neutro de amônio mais água.

A liberação gradual, promovida pelo fertilizante fosfatado, como o MAP purificado (fonte totalmente solúvel), teoricamente faz com que o contato do fósforo com os óxidos de Fe e Al no solo seja reduzido, aumentando a disponibilidade do nutriente no solo, ao longo do tempo, passível de absorção pelas plantas, passando a ser

um componente de muita importância na avaliação agronômica e econômica de práticas de adubação fosfatada (RESENDE et al., 2006).

Como a irrigação por gotejamento concentra as raízes do tomateiro em um volume de solo muito menor do que a irrigação por aspersão, o gotejamento com o uso da fertirrigação aumenta a eficiência do sistema produtivo (MAROUELLI et al., 2013). Carrijo & Hochmuth (2000) constataram aumento da produtividade do tomateiro, com o uso de P via fertirrigação por gotejamento, em solo com $9,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P (Mehlich⁻¹). Contudo, em solo com 48 mg dm^{-3} de P, os autores não constataram diferenças de produtividade entre a fertilização convencional e a fertirrigação com P.

Estudos realizados por Zanini et al. (2007) e Shedeed et al. (2009) constataram que a aplicação parcelada e frequente de P via fertirrigação por gotejamento possibilita o movimento do nutriente no solo por fluxo de massa, tanto lateralmente quanto em profundidade. Também, os teores médios de P em todo o perfil do solo foram parecidos nos tratamentos com 100% do P em pré-plantio (38 mg dm^{-3}) e com 50% do P via fertirrigação (35 mg dm^{-3}). Todavia, foram 43 e 48%, respectivamente menores que o teor médio de P no tratamento com 100% do P via fertirrigação (67 mg dm^{-3}).

A fertirrigação é adaptável aos diferentes sistemas de irrigação, pois é uma mistura de fertilizantes com água de irrigação, sendo que a irrigação de gotejamento oferece maior flexibilidade, além de proporcionar melhor distribuição de P no volume do solo explorado pelo sistema radicular, durante todo o ciclo da cultura, beneficiando menor perda de nutrientes por lixiviação e melhor eficiência de aplicação (SOUZA et al., 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O trabalho foi conduzido na área experimental de Olericultura do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, no período de abril a agosto de 2016, localizada nas coordenadas geográficas 17°29'10" S de latitude, 48°12'38" O de longitude e, 697 m de altitude.

O clima da região é classificado como tropical de altitude com inverno seco e verão chuvoso do tipo Aw, pela classificação de Köppen. A temperatura média é de 23°C no período de setembro a outubro, podendo chegar até a máxima média de 30°C e, entre os meses de junho e julho, mínima inferior a 15°C. A precipitação média anual é de 1000 a 1500 mm, com umidade relativa média do ar de 71%.

O experimento foi implantado em vasos de 12 L de volume sob ambiente protegido do tipo arco simples, com orientação Leste-Oeste e estrutura metálica de dimensões de 30 m de comprimento, 7 m de largura, pé-direito de 3,0 m e altura de arco de 1,2 m. A cobertura foi com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 0,15 mm de espessura, laterais constituídas de tela clarite com malha de 2,0 x 2,0 mm.

Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm (*topsoil*) de profundidade em área de solo classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA 2006), numa área pouca degradada, no IF Goiano – Campus Urutaí. A área de coleta possui no mínimo cinco anos com o uso pastagem sem manejo da fertilidade (adubação e calagem). Em seguida foi realizada a análise física e química de terra (conforme Tabela 01), a qual não indicou necessidade de calagem no solo utilizado como substrato. Essa análise confirmou a baixa disponibilidade de fósforo trocável e serviu também à recomendação de nutrientes para a cultura.

Tabela 01: Resultados das análises granulométrica e química de terra fina seca ao ar (TFSA) utilizada como substrato nos vasos

| pH (CaCl ₂) | Ca | Mg | Al | H+Al | K | K | P | S |
|-------------------------------------|---|-----------|-----------|-------------|-----------|--------------------------------|-------------------------------|----------|
| | -----cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | -----mg dm ⁻³ ----- | | |
| 5,2 | 3,5 | 1,1 | 0,0 | 3,1 | 0,35 | 137,0 | 2,7 | 7,9 |
| Na | Co | Zn | B | Cu | Fe | Mn | MOS | C |
| | -----mg dm ⁻³ ----- | | | | | | -----g kg ⁻¹ ----- | |
| 3,0 | - | 3,1 | 0,11 | 1,6 | 28,8 | 38,3 | 35,0 | 20,30 |
| Granulometria (g kg ⁻¹) | | | | | | | | |
| ArgilaSilte | Areia | | | | | | | |
| 245,8 | 251,2 | 503,0 | | | | | | |
| Dados Complementares | | | | | | | | |
| CTC | Sat.Bases | Ca/Mg | Ca/CTC | Mg/CTC | K/CTC | H+Al/CTC | | |
| 8,06 | 61,58% | 3,18 | 42,42% | 13,65% | 4,34% | 38,46% | | |

Fonte: Laboratório Solocria

3.2 Sistema e manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o do tipo gotejamento por meio de microtubos direcionados aos vasos de plantas. O sistema consistiu de uma linha lateral para cada tratamento contendo microgotejadores autocompensantes da marca agrojet com vazão de 4 L h⁻¹. Cada linha lateral possuía no seu início, um registro para realização do manejo de isolar os tratamentos para receber adubação via fertirrigação em conjunto e ao mesmo tempo.

Visando avaliar a uniformidade de aplicação de água, foram realizados os testes de uniformidade de Chritiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), os quais apresentaram 94,53% e 93,14%, respectivamente, considerados adequados.

O fornecimento de água e de fertilizantes pelo sistema de irrigação foi feito por conjunto motobomba de ½ cv onde foram utilizados também registros e manômetros para aferição da pressão e com reservatório de água de 500 litros. Foram instalados sistema de retrolavagem com dois filtros de discos, para eliminação de partículas sólidas na irrigação e fertirrigação. Junto ao sistema de bombeamento foi instalado recipiente de diluição de fertilizantes para a fertirrigação, elevada na mesma altura do reservatório

de água. A injeção de fertilizantes dissolvidos foi realizada através da pressão efetiva negativa do reservatório de fertilizante, que no presente caso dispensou o uso da motobomba.

A quantidade de água adequada para a diluição dos fertilizantes (uréia, MAP e KCl) foi calculada considerando a solubilidade a 20°C de cada fertilizante puro, para não haver precipitação do fertilizante com a água. Previamente, verificou-se a compatibilidade dos fertilizantes com outros adubos, e também com a água de irrigação para não haver precipitação na mistura da fertirrigação.

Visando avaliar a salinidade da solução da mistura da fertirrigação, foi determinada a condutividade elétrica da solução, através de condutímetro digital, onde coletou-se amostras no tanque de mistura da fertirrigação e na saída dos emissores, avaliando assim, se não havia diferenças expressivas para cada tratamento, por meio da metodologia proposta por Villas Bôas et al. (2002).

Para as avaliações agrometeorológicas instalou-se um abrigo meteorológico de madeira, pintado de branco e posicionado ao centro do ambiente protegido, a uma altura de 1,5 m. Os equipamentos instalados no abrigo meteorológico foram: termo higrômetro de leitura digital e termômetro digital de máxima e mínima.

Realizou-se o manejo da irrigação por meio da metodologia proposta por Salomão (2012), em que foi instalado um tanque evaporímetro com diâmetro interno de 52 cm e altura de 24 cm, assentado sobre estrado de madeira pintado de branco a 15 cm do solo e colocado no centro do ambiente protegido. Foram utilizados os mesmos procedimentos para o manejo de irrigação com base na utilização do Tanque Classe A.

As leituras de evaporação foram realizadas com auxílio de uma régua milimétrica fixada na parede interna do tanque evaporímetro, adotando-se turno de rega de um dia. A leitura do nível d'água evaporada no tanque evaporímetro foi realizada diariamente sempre feita pela manhã, em intervalos de 24 horas. Depois de estimada a evapotranspiração de referência (ET_o), calculava-se a evapotranspiração da cultura (ET_c), obtendo-se assim, a quantidade de água consumida pela cultura, que foi a base para o cálculo da lâmina de água a ser repostada pela irrigação.

3.3 Características da cultivar e tratamentos culturais

A semeadura foi feita em bandejas de isopor de 200 células no dia 15 de abril de 2016. Aos 20 dias após a semeadura (DAS) as mudas apresentavam 4 a 5 folhas definitivas e foram transplantadas para os vasos no ambiente protegido.

A cultivar de tomate utilizada no experimento foi a do grupo Cereja (híbrido sweet heaven) da empresa Sakata Sementes. As sementes apresentavam 95% de germinação e alto vigor. Essa cultivar apresenta como características, caule ramificado e ereto; folhas lanceoladas, verdes brilhantes, com nervuras bem marcadas; flores brancas e arroxeadas; frutos (baga) pequenos de forma esférica e cor vermelha. Seu peso médio varia de 10 a 30 g, com excelente tolerância a rachamentos de frutos em campo aberto, alta firmeza e conservação pós-colheita. É caracterizada por possuir resistência à murcha de verticílio raça 1 (*Veticillium dahliae* Kleb.), murcha de fusarium raças 1 e 2 (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* Sacc).

O espaçamento da cultura adotado foi de 0,5 m entre plantas e 1 m entre fileiras conforme recomendado por Filgueira (2008), utilizando o mesmo espaçamento entre fileiras para separar os blocos.

Ao longo do experimento foram realizados tratos culturais necessários ao seu pleno desenvolvimento, como: tutoramento, capinas, desbrota e aplicação de fitossanitários. O tutoramento foi realizado aos 50 DAS com fitilho em cada planta, para evitar o tombamento por ação do vento e peso dos frutos, conforme Figura 1. O controle de plantas espontâneas foi realizado de forma manual nos vasos.



Figura 01: Vista geral do experimento (Fonte: arquivo pessoal)

Para o controle de insetos pragas foram feitas duas aplicações de inseticidas, devido à ocorrência de lagartas falsa medideira (*Chrysodeixis includens*), lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*), mosca branca (*Bemisia tabaci*) e ácaros. Foram utilizados os

inseticidas TIGER 100 EC e ACTARA 250 WG para lagartas falsa medideira e rosca e mosca branca, respectivamente. Na primeira aplicação foi utilizado o inseticida ACTARA 250 WG, feita aos 42 dias após o transplântio, e na segunda aplicação, utilizou-se o inseticida TIGER 100 EC aos 55 dias após o transplântio. Todas as dosagens e medidas de segurança foram seguidas conforme recomendado pelos fabricantes dos produtos e prescrito nas respectivas bulas.

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento estatístico empregado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial do tipo 2 (formas de aplicação) x 5 (doses) com cinco repetições e com quatro plantas por parcela, totalizando 200 vasos. As cinco doses de fósforo testadas foram: 0, 250, 500, 750 e 1000 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As Tabelas 02 e 03 apresentam o cronograma de aplicação de nutrientes no experimento segundo os critérios de parcelamentos e tratamentos.

A aplicação de nutrientes via fertirrigação foi realizada em 7 parcelamentos, durante todo o ciclo da cultura do tomateiro, aplicando-se cada nutriente separadamente, devido às dosagens diferentes, conforme as Tabelas 02 e 03. Já a aplicação de P via solo foi realizada em 5 parcelamentos, aplicando superficialmente distante do colo da planta de forma localizada.

A fonte de nitrogênio (N) utilizada foi a uréia com 45 % de N. Para potássio (K), utilizou-se o cloreto de potássio com 60% de K₂O; e para fósforo (P), utilizou-se o fosfato mono amônio purificado (MAP) com 61% de P₂O₅ e 12% de N.

Aos 70 dias após a semeadura (DAS), foi aplicado via fertirrigação, nitrato de cálcio (15 % de N e 19% de Ca) em substituição à uréia e também, sulfato de magnésio (12 % de Mg e 9% de S) para suprir início de deficiência desses nutrientes nas plantas. Para isso, foi recalculada a quantidade de fertilizante nitrogenado nas aplicações via fertirrigação e via solo para serem exatas com as Tabelas 02 e 03.

Tabela 02: Cronograma de aplicação e parcelamentos da dose total

| Nutriente | dias após semeadura / % da dose total | | | | | | |
|--|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 32 | 47 | 62 | 77 | 92 | 102 | 112 |
| N | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,20 | 0,20 | 0,15 | 0,15 |
| K ₂ O | 0,10 | 0,15 | 0,15 | 0,20 | 0,20 | 0,15 | 0,05 |
| P ₂ O ₅ via solo | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | - | - |
| P ₂ O ₅ via ferti. | 0,20 | 0,10 | 0,10 | 0,20 | 0,20 | 0,10 | 0,10 |

Tabela 03: Cronograma de aplicação e dose de nutriente em cada aplicação

| Nutriente | dias após semeadura / dose (kg ha ⁻¹) | | | | | | | Total |
|-------------------------------------|---|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | 32 | 47 | 62 | 77 | 92 | 102 | 112 | |
| N | 39,3 | 39,3 | 39,3 | 78,6 | 78,6 | 58,95 | 58,95 | 393 |
| K ₂ O | 60 | 90 | 90 | 120 | 120 | 90 | 30 | 600 |
| P ₂ O ₅ = 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P ₂ O ₅ = 250 | 50 | 25 | 25 | 50 | 50 | 25 | 25 | 250 |
| P ₂ O ₅ = 500 | 100 | 50 | 50 | 100 | 100 | 50 | 50 | 500 |
| P ₂ O ₅ = 750 | 150 | 75 | 75 | 150 | 150 | 75 | 75 | 750 |
| P ₂ O ₅ =1000 | 200 | 100 | 100 | 200 | 200 | 100 | 100 | 1000 |

3.5 Parâmetros avaliados e análises estatísticas

As características avaliadas (atributos) no experimento foram: altura de planta (H), diâmetro do caule (DC), número de ramificação por planta (NRP), índice relativo de clorofila (IRC), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), número de frutos por ramificação (NFR), número total de frutos por planta (NTF), diâmetro transversal do fruto (DTF), diâmetro longitudinal do fruto (DLF), massa fresca dos frutos (MFF), massa seca dos frutos (MSF), produtividade (Prod.), sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável de fruto (ATTF).

Nas avaliações da produção de frutos, realizou-se quatro colheitas espaçadas de cinco dias cada uma, começando a partir dos 105 dias após a semeadura (DAS). Os frutos foram colhidos com a coloração vermelho intensa. Após a coleta avaliou-se o DTF e DLF, utilizando-se um paquímetro digital, além da MFF com auxílio de uma balança de precisão em gramas.

Os atributos de H e DC foram avaliados aos 120 dias após o plantio (DAP), devido ao crescimento indeterminado das plantas. Para DTF e DLF, foram realizadas duas avaliações durante a colheita, correspondente às épocas de 105 e 110 DAS, as quais comporam o valor médio do atributo. Para o atributo MSF, realizou-se também duas avaliações aos 110 e 120 DAS. Para os demais atributos, foi feita somente uma avaliação aos 120 DAS. Na análise de determinação da massa seca de fruto (MSF) e da raiz (MSR), o material foi acondicionado em sacos de papel e colocado para secar em estufa de ar de circulação forçada com a temperatura de 70°C.

O índice relativo de clorofila (IRC) foi avaliado utilizando-se clorofilômetro digital (ClorofilogFalker). Em relação ao teor sólidos solúveis totais (SST), esse atributo foi determinado por meio de refratômetro de mão marca Carl Zeiss a 20°C, a partir de amostra da massa homogeneizada por trituração de 15 frutos maduros inteiros, de acordo com metodologia de AOAC (1999). Em relação à acidez total titulável (ATT), esse atributo foi determinado segundo o método acidimétrico que expressa em g de ácido cítrico por 100 g do fruto ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$), conforme também metodologia da AOAC (1999).

Previamente e visando conferir as pressuposições da análise de variância, foi aplicado aos resíduos do modelo, o teste de *Lilliefors* para normalidade e o teste de *Cochran e Bartlett* para homogeneidade de variâncias utilizando-se o software SAEG 5.0. Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). O fator e a interação envolvendo dose foram avaliados por meio da análise de regressão para os atributos significativos. Para a escolha do melhor modelo (equação) de ajuste considerou-se primeiramente aqueles com significância de 1 ou a 5% para modelo e para todos os regressores, e após isso, o maior coeficiente de determinação. As análises estatísticas foram realizadas com o software Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2010).

Visando avaliar a melhor dose de P_2O_5 aplicada em cada forma de aplicação determinou-se a máxima eficiência técnica (MET) e a máxima eficiência econômica (MEE) da aplicação de fósforo à cultura para o atributo produtividade. Para tanto utilizou-se as funções obtidas na análise de regressão do desdobramento de doses para fósforo aplicado via solo e por via fertirrigação as quais foram significativas a $p < 0,01$ e com altos coeficientes de determinação. As equações de produtividade de tomateiro foram $Y_{\text{ferti}} = -0,000025P^2 + 0,0431P + 2,6119$ e $Y_{\text{solo}} = -0,000024P^2 + 0,0463P + 3,1828$, onde $P =$ dose de $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$. Para o cálculo da MET aplicou-se a derivada primeira às equações de regressão acima igualando-se a zero. A MET corresponde a dose ótima de P_2O_5 apresentada em cada figura (gráficos) que teve ajuste quadrático.

Para o cálculo da MEE também foi aplicada a primeira derivada às duas equações de regressão supracitadas, no entanto, igualando-se à relação entre preço do nutriente (R\$/kg de P_2O_5) e valor do produto (R\$/ 1 Mg de frutos), cuja relação foi $9,57 \times 10^{-4}$, utilizando a metodologia de Raij (1991). Os preços unitários atuais utilizados foram 5,74 R\$ kg^{-1} de P_2O_5 do fertilizante MAP e 6,00 R\$ kg^{-1} (6000,00 R\$ Mg^{-1}) de frutos de tomate cereja, referente a julho de 2017 em Anápolis –GO. O custo do kg do

nutriente supracitado não incluiu despesas de aplicação do mesmo, bem como, outros custos variáveis, tampouco custos fixos, não representando o custo total de produção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando o atributo altura de planta, verificou-se pelo quadro geral da ANOVA, que houve efeito significativo (1%) para os fatores aplicação e dose, bem como, as interações entre esses fatores com exceção para a interação dose x tipo de aplicação (Tabela 4). Para o atributo diâmetro do caule, também se observou diferenças significativas entre os fatores isolados. No entanto, ao se decompor a interação doses x tipo de aplicação, verificou-se que a interação foi significativa tanto para altura quanto para diâmetro do caule. Portanto, a resposta das doses aplicadas para os atributos altura e diâmetro do caule dependem do tipo de aplicação (via solo ou via fertirrigação) (Tabela 4).

De acordo com Malavolta (2006), o P atua na formação de raízes o que favorece exploração de maior volume de solo e absorção de maior quantidade de água e nutrientes.

Tabela 04: Resumo do quadro de análise de variância para atributos de altura de planta e diâmetro do caule de plantas de tomateiro cereja sob formas e doses de aplicação de fósforo (P)

| Fonte de variação | QM | |
|----------------------|--------------------------|------------------------------|
| | Altura da planta (cm) | Diâmetro do caule (mm) |
| Aplicação | 8115,38** | 10,58 * |
| Dose | 11249,97** | 32,18 ** |
| Aplicação/ Dose | 265,73 ^{ns} | 0,88 ^{ns} |
| Solo / Dose | 4335,44** | 13,46** |
| Fertirrigação / Dose | 7180,26** | 19,60** |
| Blocos | 1152,27 ^{ns} | 5,33* |
| Resíduo | 845,07 | 1,45 |
| CV% | 17,79 | 10,44 |

**Diferença significativa a 1% pelo teste de Fischer (F). *Diferença significativa a 5% pelo teste F. ^{ns}Não significativo

O atributo altura de plantas de tomate cereja apresentou resposta linear crescente a doses de P₂O₅, tanto para aplicação via solo, quanto via fertirrigação (Figura 2). A maior resposta a esse elemento (avaliado aos 120 DAS) foi verificada para a aplicação

via fertirrigação, indicando maior eficiência desse tipo de aplicação. Isso pode estar relacionado à melhor distribuição (bulbo molhado) do nutriente no solo, aumentando a sua absorção. Estes resultados foram similares aos relatados por Hebbar et al. (2004) que verificaram durante o ciclo do tomate que a aplicação via fertirrigação apresentou aumento da disponibilidade de P e maior altura de planta.

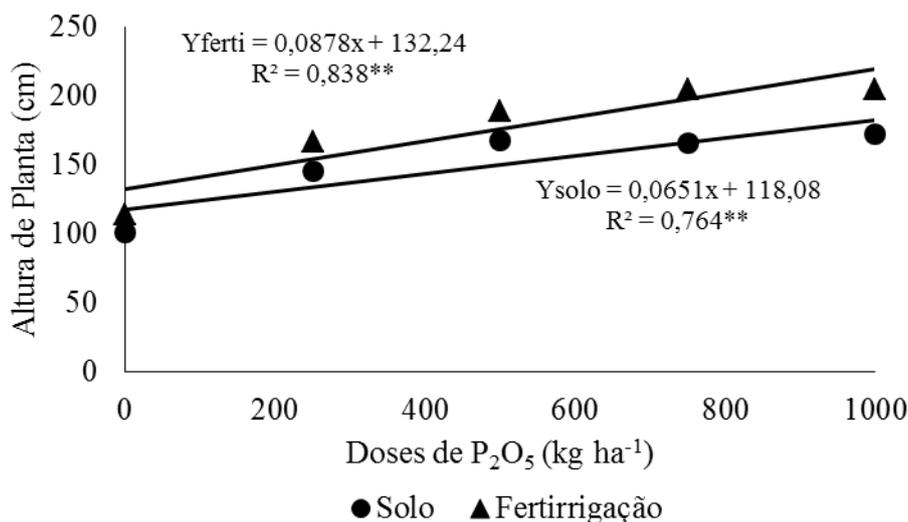


Figura 02: Altura de plantas de tomateiro adubado com diferentes níveis de fósforo (P) via solo e via fertirrigação

Para diâmetro do caule, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados, independente da forma de aplicação. Observa-se que independente das doses de P₂O₅, a fertirrigação proporcionou maior nesse atributo que via solo. Além disso, essa forma de aplicação se mostrou mais eficiente já que maiores diâmetros foram conseguidos com menores doses de fósforo (P) que via solo (Figura 3). Esses resultados corroboram os de Hebbar et al. (2004) em que o diâmetro do caule foi maior na aplicação via fertirrigação que via solo, pois estimulou o crescimento vegetativo do tomateiro com o aumento da massa de caule.

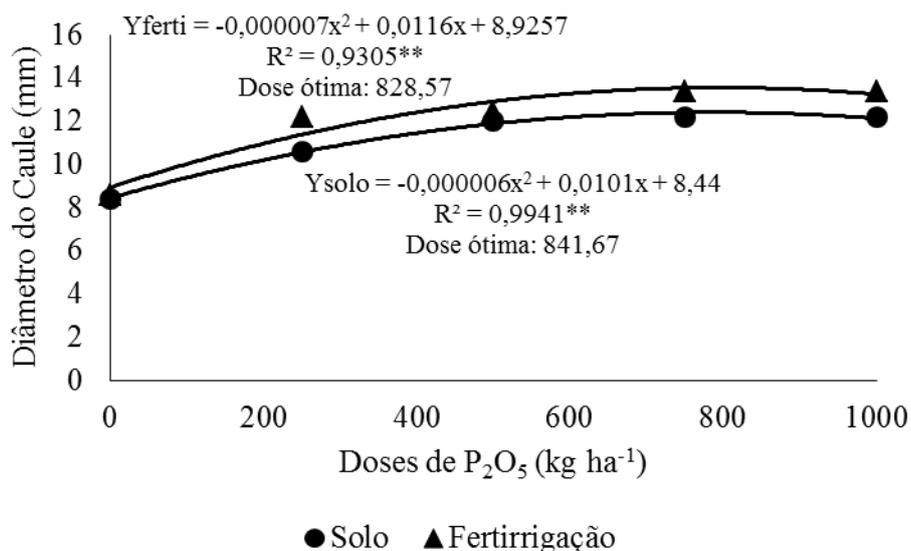


Figura 03: Diâmetro do caule de plantas de tomateiro adubado com diferentes níveis de fósforo (P) via solo e via fertirrigação

A Tabela 05 apresenta o resumo do quadro de análise de variância para os atributos de NRP, IRC, MFR e MSR. Observa-se com exceção do IRC, que houve efeito significativo (teste F) quanto a dose, formas de aplicação e interação (decomposição) entre esses fatores. O índice relativo de clorofila (IRC) apresentou diferença significativa somente para interação via fertirrigação x doses. Porém, não se conseguiu obter ajuste de modelos significativos para essa interação. Isso mostra que os tratamentos não afetaram diretamente esse atributo. Soratto & Carvalho (2004) demonstra que os valores de IRC permitem uma avaliação indireta do teor de clorofila nas folhas, sendo o nitrogênio um dos constituintes da molécula de clorofila. Existe uma correlação entre seu teor e a clorofila nas folhas, e nesse caso indica que não houve interação entre os valores de clorofila e as doses de fósforo.

Tabela 05: Resumo da análise de variância para atributos número de ramificações por planta (NRP), índice relativo de clorofila (IRC), massa fresca (MFR) e massa seca de raiz (MSR)

| Fonte de variação | QM | | | |
|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | NRP (un) | IRC (spad) | MFR (g) | MSR (g) |
| Aplicação | 2,38* | 69,62 ^{ns} | 1512,50* | 598,58* |
| Dose | 9,99** | 170,08 ^{ns} | 2332,07** | 856,95** |
| Aplicação / Dose | 0,76 ^{ns} | 88,12 ^{ns} | 311,15 ^{ns} | 116,23 ^{ns} |
| Solo / Dose | 5,28** | 35,94 ^{ns} | 741,96* | 356,24* |
| Fertirrigação / Dose | 5,46** | 222,26* | 1901,26** | 616,94** |
| Blocos | 1,85** | 28,53 ^{ns} | 1547,57** | 908,30** |
| Resíduo | 0,37 | 78,84 ^{ns} | 255,20 | 120,17 |
| CV% | 10,04 | 16,46 | 38,02 | 40,45 |

**Diferença significativa a 1% pelo teste de Fischer (F). *Diferença significativa a 5% pelo teste F. ^{ns} Não significativo

O número de ramificação por planta (NRP) apresentou para interação doses x tipo de aplicação, resposta linear para via fertirrigação e efeito quadrático para aplicação via solo com resposta crescente até a dose de 740,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 5). O aumento do nível de P e melhor distribuição do nutriente P no solo por meio da fertirrigação aliados ao aumento do sistema radicular (Figuras 5 e 6) indicam que a dose de máxima resposta de P₂O₅ para a planta é maior via fertirrigação que via solo, que neste caso apresentou ajuste quadrático.

Comparando o número de ramificação por planta nas testemunhas e com as maiores dosagens de P, verifica-se que o aumento de P foi determinante. Conseqüentemente o número de frutos por planta e produtividade foi melhor nas maiores doses de fósforo. De acordo com Fernandes & Souza (2006), a influência do fósforo no aumento do número de ramificação por planta (NRP) do tomateiro pode ser devido provavelmente a processos fisiológicos relacionados a hormônios vegetais com ação de desenvolvimento de gemas laterais no caule, produzindo assim, mais ramificações para produção de frutos. Nesse sentido pode-se destacar a atuação do fitohormônio citocinina que é responsável por caracterizar a divisão celular, a capacidade de promover a retenção de substâncias, como aminoácidos dentro das células, e estimular o crescimento de gemas laterais no caule.

Com a ausência de fósforo (dose zero), os tratamentos mostraram desenvolvimento prejudicado, apresentando sintomas típicos de deficiência do nutriente, conforme a Figura 4. Segundo os estudos de Vieira et al. (2015), na cultura do tomate o fósforo participa de funções importantes no desenvolvimento vegetal como fotossíntese, respiração, divisão e crescimento celular, e principalmente, no fomento de energia (ATP), resultando no maior crescimento vegetal.



Figura 04: Detalhe de deficiência de fósforo nas folhas de tomate cereja (Fonte: arquivo pessoal)

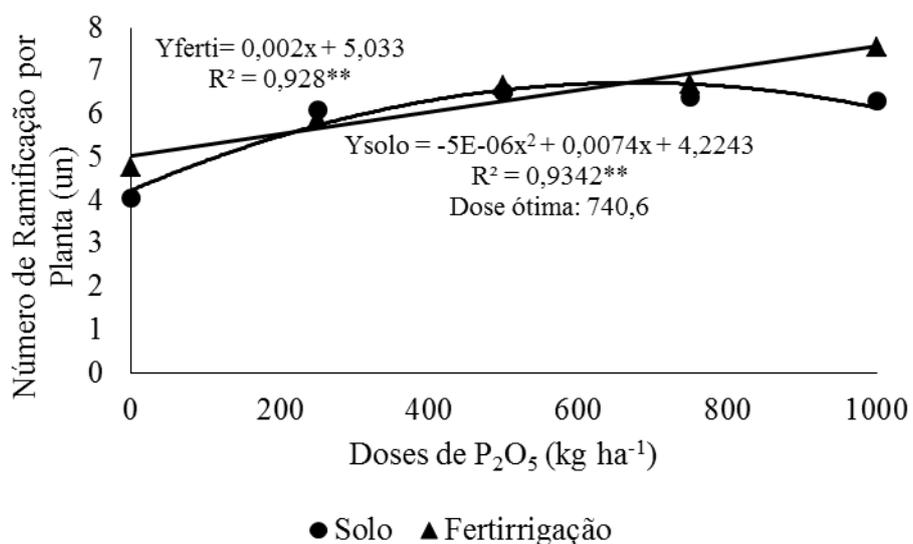


Figura 05: Número de ramificação por planta (NRP) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação

A Figura 6 mostra a massa fresca de raiz (MFR) sob doses e formas de aplicação de fósforo. Observa-se que o sistema radicular apresentou resposta linear ao acréscimo de P_2O_5 , independente da forma de aplicação. No entanto, para aplicação de via solo, a percentagem do r^2 do modelo foi menor que via fertirrigação. Em função do modelo que os dados se ajustaram pode se inferir também que as maiores dosagens não mostraram indício de toxidez. Esse atributo respondeu melhor ao P aplicado via fertirrigação, aumentando a massa de raiz na maior dose em relação ao P aplicado via solo. No atributo massa fresca da raiz (MFR), se obteve um aumento de 204,77%, entre testemunha e maior dose para fertirrigação, e 113,2% via solo. Já para massa seca da raiz (MSR), houve incremento 151,57% para via fertirrigação e 123,84% para via solo. Provavelmente, a maior resposta da via fertirrigação está relacionada a maior distribuição do fósforo (P) no solo, influenciando em melhor desenvolvimento radicular. Além disso, associa-se ao fato do P ser nutriente essencial para as estruturas energéticas que promovem atividades celulares e fisiológicas das plantas (COSTA FILHO et al., 2013).

O parcelamento espaçado do início do transplante das mudas de tomate até a fase de colheita, em que as raízes apresentaram aumento gradativo no seu tamanho e volume nas maiores doses de P_2O_5 , causou um acréscimo na disponibilidade de P no solo, sobretudo nos tratamentos com maior fração de P fornecida pela fertirrigação, o que também foi observado por Hebbbar et al. (2004) e Shedeed et al. (2009).

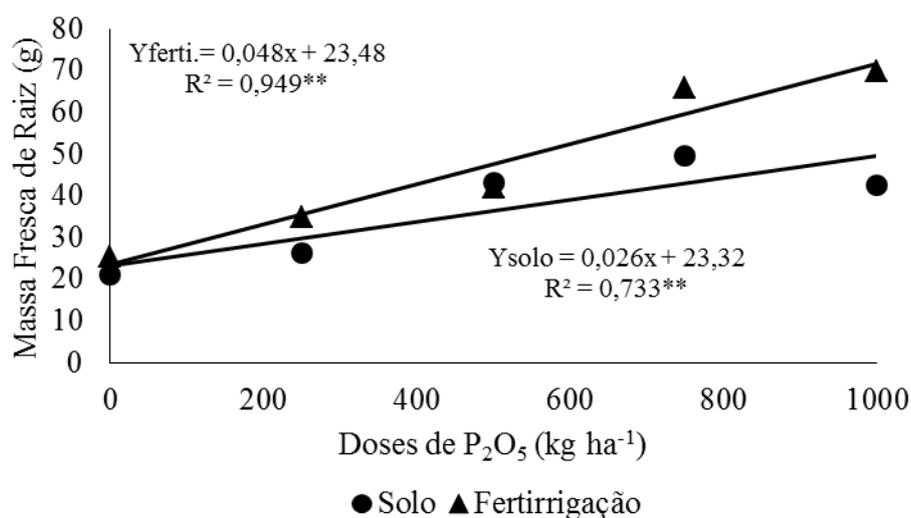


Figura 06: Massa fresca de raiz (MFR) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação

Para o atributo massa seca de raiz (MSR) o comportamento foi similar para (MFR), ou seja, houve variação na massa seca acumulada por esse órgão em relação às doses para cada tipo de aplicação de fósforo (P). O modelo linear aqui também foi o que melhor se ajustou aos dados para os dois tipos de aplicação (Figura 7). Doses de P crescentes apresentaram aumento na massa seca de raiz. Assim como para MFR, P parcelado e aplicado via fertirrigação influenciou maior massa de raiz pelos mesmos fundamentos que MSR. Com a maior massa de raiz, espera-se maior exploração do solo favorecendo o incremento radicular para a absorção de P, influenciando o desenvolvimento foliar, floração e frutificação.

Dechassa et al. (2003) afirmam que a taxa de crescimento da raiz depende do fornecimento de fósforo, o qual é importante na transferência de energia da célula, na respiração, na fotossíntese, com reflexos negativos quando indisponível, reduzindo o acúmulo de biomassa, afetando o crescimento radicular.

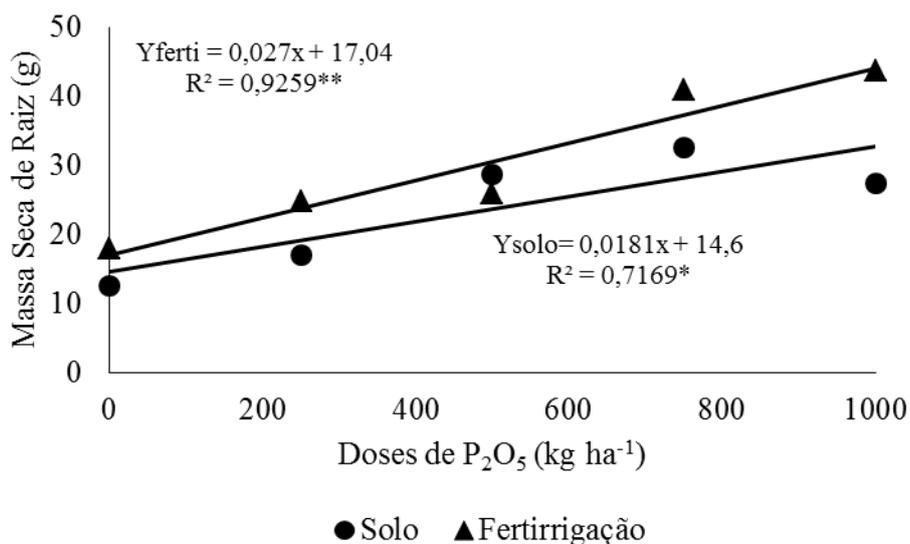


Figura 07: Massa seca de raiz (MSR) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via Fertirrigação

A Tabela 06 apresenta resumo do quadro da ANOVA para atributos relacionados à produção de frutos de tomateiro cereja. Observa-se que a forma de aplicação de fósforo não influenciou significativamente de forma isolada os atributos diâmetro transversal do fruto (DTF), diâmetro longitudinal do fruto (DLT), massa fresca do fruto (MFF) e massa seca do fruto (MSF), ao contrário de doses, na interação de aplicação e dose também não foram significativos no teste de Fischer (F). Ao avaliar a

decomposição da interação das formas de aplicação x dose, constata-se que todos esses atributos foram altamente influenciados. No atributo do diâmetro transversal do fruto foi significativo a 5% do teste de Fischer.

Tabela 06: Resumo da análise de variância (ANAVA) para atributos de diâmetro de transversal (DTF), diâmetro longitudinal (DLF), massa fresca de frutos (MFF) e massa seca de frutos (MSF)

| Fonte de variação | QM | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| | DTF (mm) | DLF (mm) | MFF ¹ (g) | MSF (g) |
| Aplicação | 1,94 ^{ns} | 11,47 ^{ns} | 0,25 ^{ns} | 0,004 ^{ns} |
| Dose | 26,12 ^{**} | 41,20 ^{**} | 106,45 ^{**} | 3,64 ^{**} |
| Aplicação / Dose | 3,37 ^{ns} | 1,36 ^{ns} | 1,78 ^{ns} | 0,07 ^{ns} |
| Solo / Dose | 11,98 [*] | 18,84 ^{**} | 59,11 ^{**} | 1,94 ^{**} |
| Fertirrigação / Dose | 17,51 ^{**} | 23,71 ^{**} | 49,11 ^{**} | 1,77 ^{**} |
| Blocos | 5,68 ^{ns} | 12,34 ^{**} | 2,51 [*] | 0,06 ^{ns} |
| Resíduo | 3,99 | 3,08 | 0,74 | 0,03 |
| CV% | 7,96 | 6,51 | 7,48 | 7,81 |

^{**}Diferença significativa a 1% pelo teste de Fischer (F). ^{*}Diferença significativa a 5% pelo teste F. ^{ns} Não significativo

Em relação ao atributo diâmetro transversal do fruto, observou-se que de forma geral os tipos de aplicação foram similares com o aumento de doses de P (Figura 8). No entanto, a aplicação via solo mostrou ajuste quadrático, ou seja, o diâmetro de fruto aumenta até a dose de 708,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e depois tende a decrescer. Na aplicação via fertirrigação obteve-se ajuste linear positivo em relação a esse atributo, indicando que o DTF continua a aumentar em doses altas de P. Houve aumento de 20,48% via

fertirrigação e 17,91% via solo, entre testemunhas e doses de maior resposta.

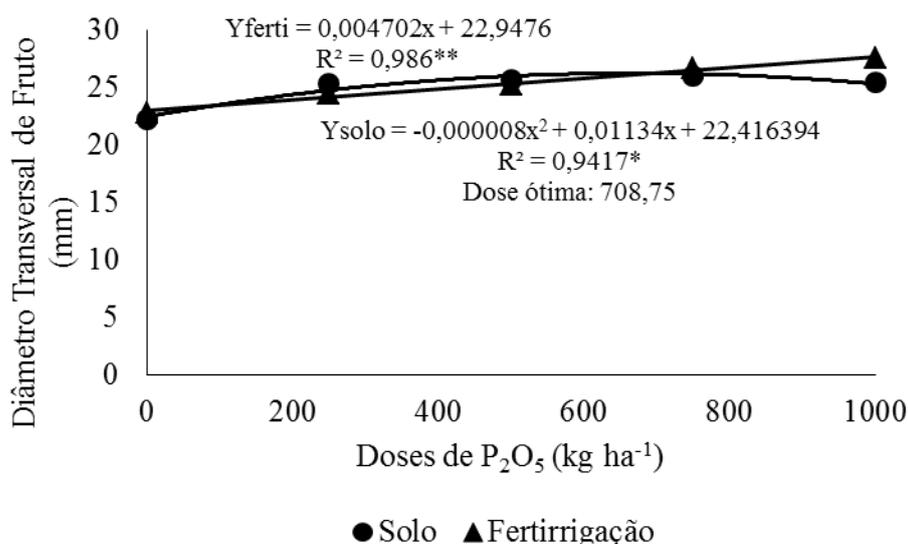


Figura 08: Diâmetro Transversal de Fruto (DTF) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação

Para diâmetro longitudinal do fruto (DLF), o incremento de doses crescentes de P apresentou efeito quadrático para as duas formas de aplicação de P (Figura 9). O aumento nesse atributo, entre as testemunhas e a melhor dose, foi relativamente pequeno, sendo de 21,47% para via fertirrigação e 15,87% para via solo. O fósforo aplicado via solo mostrou melhor eficiência que via fertirrigação por ter apresentado maior valor com menor dose de P (661,1 kg P₂O₅ ha⁻¹). Os resultados indicam que esse atributo não é um bom indicador para avaliar manejo de adubação fosfatada já que essa característica morfológica apresenta baixa variação como as condições de nutrição submetidas.

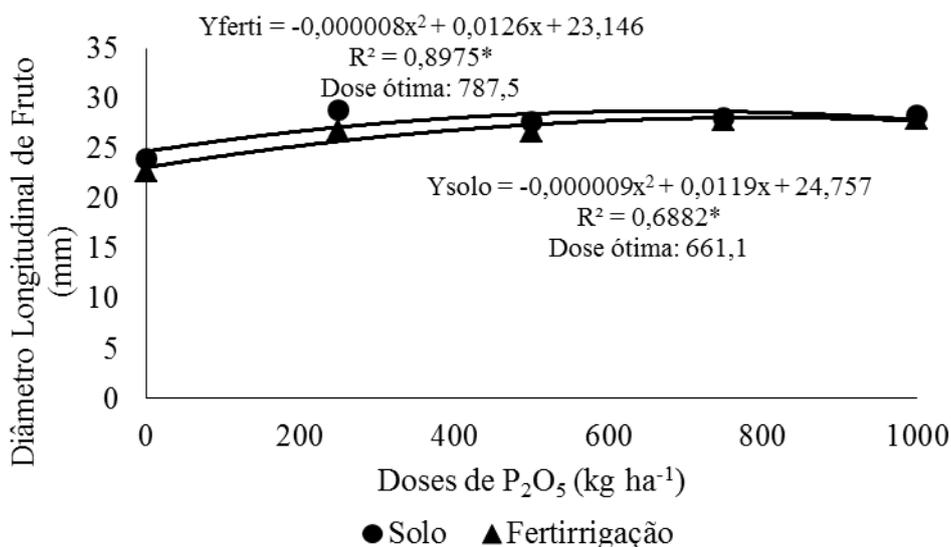


Figura 09: Diâmetro Longitudinal de Fruto (DLF) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação

Os resultados obtidos para massa seca de fruto e massa fresca de fruta foram similares (Figuras 10 e 11). O modelo quadrático foi o mais adequado para ambos os atributos e para as duas formas de aplicação de P. No entanto, para P aplicado via solo para MFF e MSF, embora o modelo quadrático tenha sido mais adequado que o linear, pode(m) existir outro(s) modelo(s) que se ajusta(m) aos dados devido o desvio do modelo ter dado significativo. As formas de aplicação de P apresentaram comportamento relativamente similar no acúmulo de MFF e MSF com a adição crescente de P, podendo haver aumento de dose na aplicação de P via solo. Se observa que a dose a partir da qual o aumento de MFF deixa de ocorrer é maior para P aplicado via fertirrigação. Novais (1999) também analisou exigência do tomateiro com diferentes doses de P, e verificou que massa fresca e seca resultou em efeito quadrático às crescentes doses de P.

Observou-se que, quanto maior a fração de fósforo (P) aplicada parceladamente via solo, maior foi a dose de fósforo (P), chegando a máxima dose testada, sobretudo podendo ultrapassar da dosagem máxima, nos atributos de massa fresca do fruto (MFF) e massa seca do fruto (MSF).

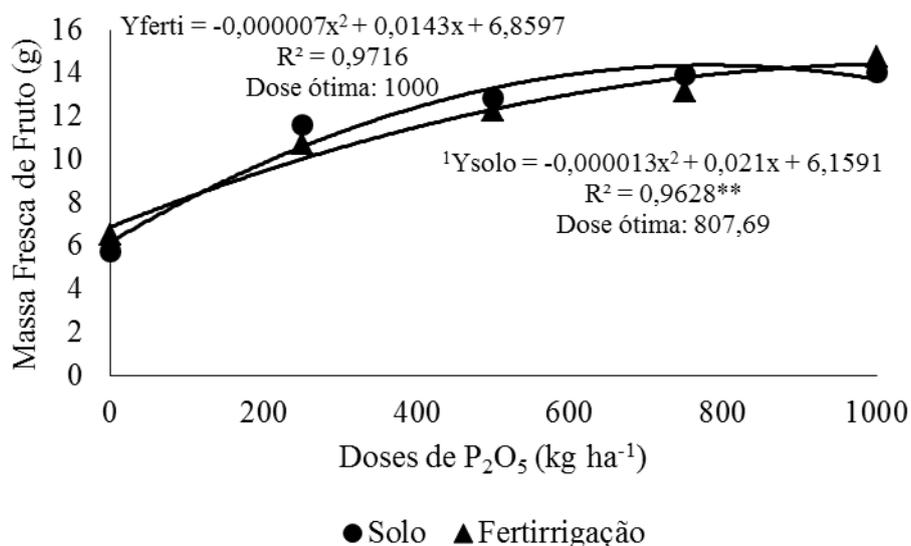


Figura 10: Massa Fresca de Fruto (MFF) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação. ¹Desvio significativo ($p < 1\%$)

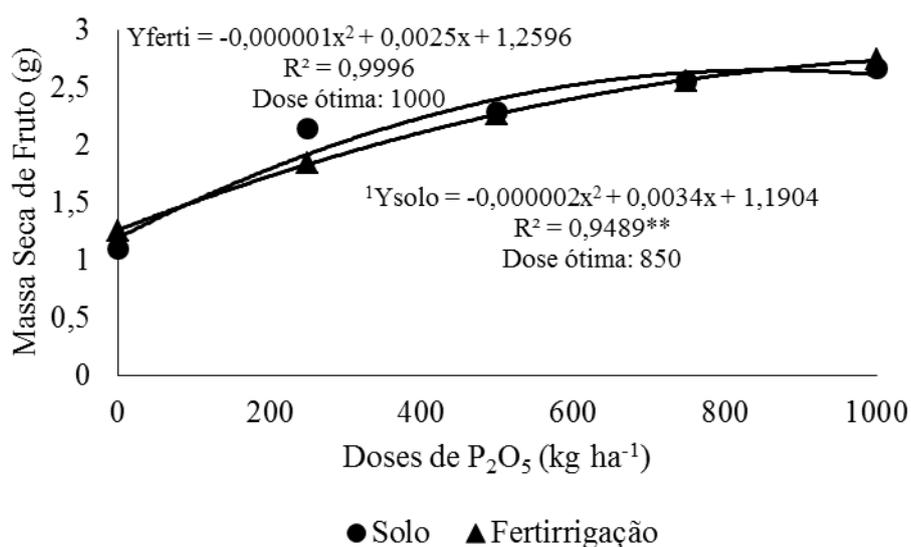


Figura 11: Massa Seca de Fruto (MSF) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação. ¹Desvio da regressão significativo ($p < 1\%$)

A Tabela 07 apresenta resumo da ANAVA para variáveis relacionadas à produção e qualidade de frutos. Tipo de aplicação, doses de P_2O_5 e interação destes fatores afetaram de forma significativa atributos relacionados à produção como o número total de fruto por planta. Constata-se que para os atributos relacionados à qualidade dos frutos como Sólidos Solúveis Totais (SST) e Acidez Total Titulável

(ATT), não houve efeito significativo para os tratamentos testados. A ausência de efeito significativo (teste F) para o teor de SST também foi observada no trabalho de Oke et al. (2005), que igualmente não verificaram influência da adubação fosfatada sobre o pH, a acidez titulável total (ATT) e a cor de frutos do tomateiro.

Tabela 07: Número de Frutos por Ramificação (NFR), Número Total de Frutos por Planta (NTFP), Produtividade (Prod.), Sólidos Solúveis Totais (SST) e Acidez Total Titulável de Fruto (ATTF) em função de formas de aplicação e doses de fósforo (P)

| Fonte de variação | QM | | | | |
|----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|------------------------|
| | NFR (un) | NTFP (un) | Prod. (kg ha ⁻¹) | SST (°Brix) | ATTF (g de AC/100g) |
| Aplicação | 4,02 ^{ns} | 1159,21 ^{**} | 79,15 ^{**} | 0,12 ^{ns} | 1331,28 ^{ns} |
| Dose | 61,84 ^{**} | 6085,89 ^{**} | 738,32 ^{**} | 0,63 ^{ns} | 12547,23 ^{ns} |
| Aplicação / Dose | 0,59 ^{ns} | 110,29 ^{ns} | 8,09 ^{ns} | 0,15 ^{ns} | 19632,03 ^{ns} |
| Solo / Dose | 26,18 ^{**} | 2538,53 ^{**} | 306,906 ^{**} | 0,36 ^{ns} | 17960,96 ^{ns} |
| Fertirrigação / Dose | 36,24 ^{**} | 3657,65 ^{**} | 439,50 ^{**} | 0,42 ^{ns} | 14218,30 ^{ns} |
| Blocos | 3,56 [*] | 493,49 ^{**} | 59,06 ^{**} | 1,48 ^{ns} | 30264,03 ^{ns} |
| Resíduo | 1,17 | 46,68 | 4,21 | 1,07 | 8982,26 |
| CV% | 11,76 | 11,1 | 12,74 | 14,81 | 17,42 |

**Diferença significativa a 1% pelo teste de Fischer (F). *Diferença significativa a 5% pelo teste F^{ns} não significativo

As doses crescentes de fósforo influenciaram o aumento de número de frutos por ramificação (NFR), provavelmente por promover mais diferenciação em botões florais. NFR apresentou resposta linear positiva para fósforo (P) aplicado via solo e resposta quadrática para aplicação via fertirrigação. Para a aplicação via solo, com exceção do modelo quadrático, outro(s) modelo(s) pode(m) se ajustar aos dados devido o desvio ter dado significativo ($p < 5\%$) conforme Figura 12. Igualmente, o desvio da regressão também foi significativo ($p < 5\%$) para a aplicação via fertirrigação, e nesse caso, além do modelo linear outro(s) modelo(s) pode(m) se ajustar aos dados. A aplicação via fertirrigação mostrou ser um pouco mais eficiente quanto ao NFR, respondendo até a dose de 983,33 kg ha⁻¹. Embora a aplicação via solo continue aumentando o NFR com o

incremento da dose, a quantidade de P necessária para ultrapassar a fertirrigação pode passar de 1000 kg ha⁻¹. Mueller et al. (2015) também encontraram resultados semelhantes em que a quantidade de frutos comerciais por ramificação influenciou diretamente a produtividade de tomate.

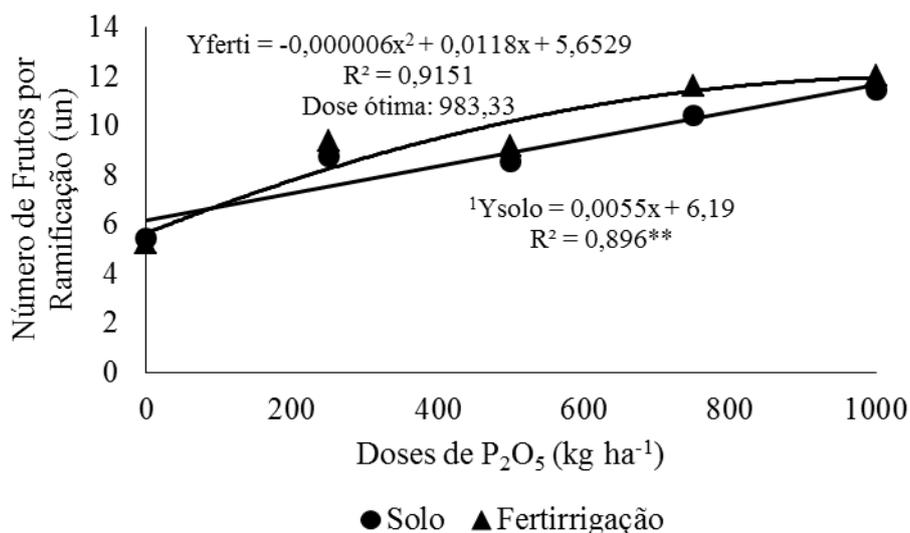


Figura 12: Número de Frutos por Ramificação (NFR) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação. ¹Desvio da regressão significativo ($p < 5\%$)

A Figura 13 apresenta a resposta de doses e formas de aplicação de P para o atributo NTFP. Para esse atributo, o modelo quadrático foi o que se ajustou para os dois tipos de aplicação de P. Para fertirrigação, embora o modelo quadrático tenha sido mais adequado que o linear, outro(s) modelo(s) pode(m) se ajustar aos dados devido o desvio ter dado significativo ($p < 1\%$).

A aplicação de P via fertirrigação mostrou ser mais eficiente que via solo para NTFP. A resposta máxima desse atributo foi verificada com a dosagem de 790,5 kg ha⁻¹ e 777,2 kg ha⁻¹ promovendo produção de 70 e 88 frutos por planta, para via solo e via fertirrigação, respectivamente. A aplicação de P via solo proporcionou aumento de 263,17% e via fertirrigação 252,6 % na quantidade de frutos em relação à testemunha.

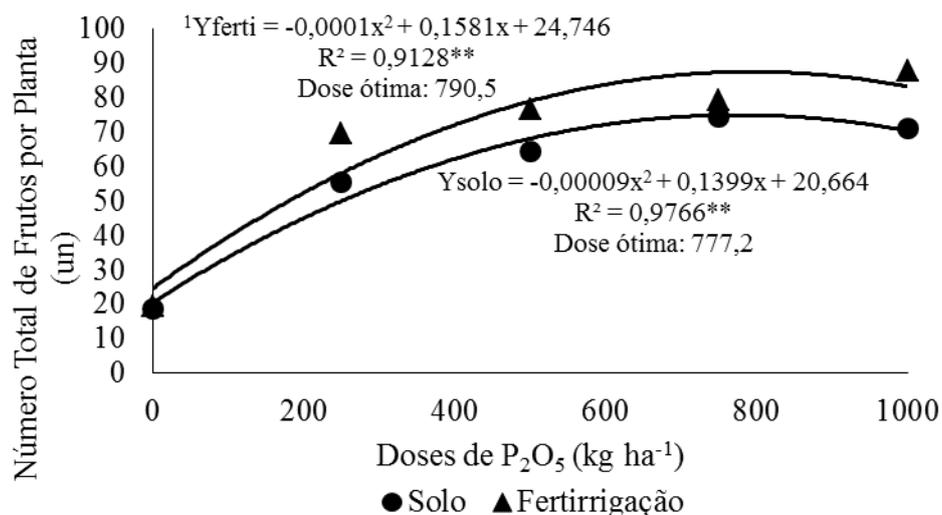


Figura 13: Número Total de Frutos por Planta (NTFP) em função de doses de fósforo (P) aplicado via fertirrigação e via solo.¹Desvio significativo ($p < 1\%$)

A Figura 14 mostra o efeito da aplicação de doses crescentes de P₂O₅ via fertirrigação e via solo no atributo produtividade da cultura do tomateiro cereja. Nota-se que o modelo quadrático também foi o que apresentou ajuste mais adequado. No entanto, para aplicação via fertirrigação, assim como para NTFP, além do linear (menos adequado), outro(s) modelo(s) pode(m) se ajustar aos dados devido à ocorrência de desvio significativo ($p < 0,05$) da regressão.

Analisando a resposta às duas formas de aplicação, nota-se que a fertirrigação proporcionou maior produtividade que via solo com o aumento da dose de fósforo. As doses a partir das quais deixa de haver incremento na produtividade (consumo de luxo), foram de 964,58 e 862 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para via fertirrigação e via solo, respectivamente, sendo estes os valores de máxima eficiência técnica (MET) da cultura. Nas doses ótimas, a produtividade foi de 21,19 Mg ha⁻¹ para via solo e 25,51 Mg ha⁻¹ para via fertirrigação, configurando um aumento de 20,4 % quando o P é fornecido via fertirrigação.

A maior produtividade observada na aplicação via fertirrigação, indica ser resultado na melhoria de características tecnológicas da cultura como H, DC, NRP, MFR, MSR, DTF, NFR e NTF. As causas disso provavelmente estão relacionadas ao maior parcelamento das doses de P, reduzindo o tempo de contato com os colóides da fração argila, e assim, diminuindo o sequestro de P (NOVAIS et al., 2007). Além disso, pode ter contribuído para melhoraria da distribuição desse nutriente devido ao bulbo

molhado, saturando de P os colóides na região da maior concentração de raízes (VILAS BOAS et al., 2008).

Os resultados encontrados corroboram com os obtidos por Mueller et al. (2010) que também encontraram efeito significativo das doses de P_2O_5 sobre a produtividade total de tomateiro, em que a máxima eficiência técnica às doses de fósforo ocorreu entre 812,16 e 877,88 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . Também estão de acordo com os relatados por Zanini et al. (2007) e Shedeed et al. (2009), que atribuíram a superioridade do fósforo aplicado via fertirrigação ao movimento mais expressivo que via solo, principalmente no teor de P em profundidade. Segundo os autores, a fertirrigação possibilita que o P movimentasse no solo por fluxo de massa. A maior movimentação do nutriente no sentido vertical está conforme a direção predominante de movimento da água de irrigação, tendo uma distribuição mais uniforme de P no solo, melhorando a sua mobilidade.

Mueller et al. (2015) mostraram que a aplicação parcelada do P foi eficiente para a cultura do tomateiro, proporcionando maiores produtividades do que quando a dose total de P foi aplicada toda em pré-plantio. Carrijo & Hochmuth (2000) observaram que a adubação fosfatada via fertirrigação, em tomate, resulta em maior eficiência que a aplicação convencional em pré-plantio incorporada ao sulco de plantio.

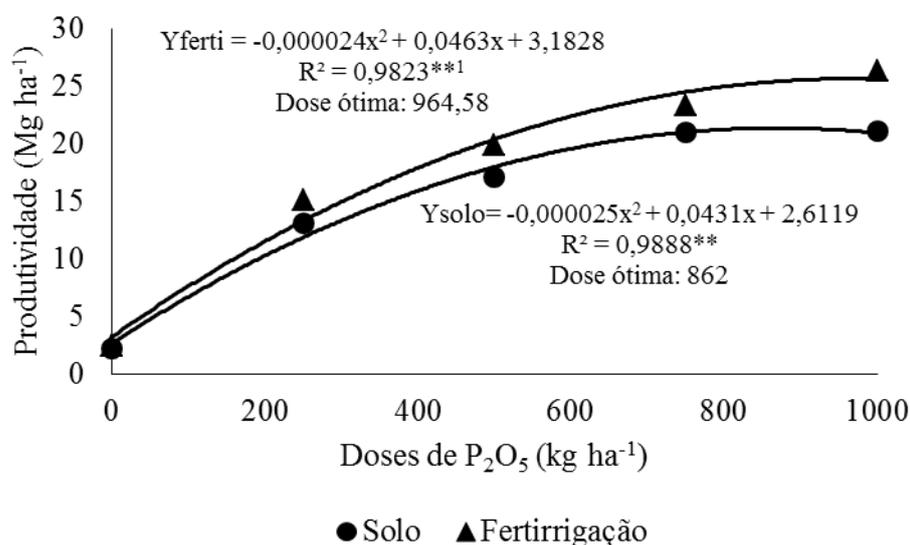


Figura 14: Produtividade (Prod) em função de doses de fósforo (P) aplicado via solo e via fertirrigação. ¹Desvio significativo ($p < 5\%$)

Com relação dose de máxima eficiência econômica (MEE) Raji (1991), na aplicação via solo essa foi alcançada com 842,9 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 e com produtividade máxima de 21,18 $Mg\ ha^{-1}$ sendo esta muito próxima à MET (97,8%), e com incremento

de 711,2% em relação à testemunha (sem adição de P_2O_5). Avaliando fósforo aplicado via fertirrigação verifica-se que a MEE foi de 944,6 kg ha⁻¹ de P_2O_5 equivalendo a 97,9 % da MET, com produtividade de 25,5 Mg ha⁻¹ e aumento de 701,6% em relação a não aplicação de fósforo. Deve-se ressaltar que estudos complementares são necessários para informações mais precisas sobre a dose de máxima eficiência econômica. A MEE (RAIJ, 1991) levou em conta apenas os custos unitários do nutriente estudado e valor da produção devido indisponibilidade dos demais dados. Nesse sentido, é necessário considerar todos os custos variáveis e fixos relacionados ao sistema produtivo para que seja possível obter o custo total de produção e a lucratividade, e assim, aplicar outros índices para comparar com Raij (1991). Dentre outros índices de análise econômica, destaca-se o ponto de nivelamento que se refere a produtividade mínima que deve ser alcançada para cobrir o custo total de produção (Santos, 1996).

As doses requeridas para alcançar as máximas eficiências econômica (MEE) e técnica (MET) nas condições do estudo podem ser consideradas altas independente da forma de aplicação testada. Isso se deve principalmente à característica comum de muito baixo teor de P trocável (Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás, 1988) em solos de cerrado (como o Latossolo Vermelho estudado) resultado da elevada fixação de fósforo, associado a ausência de manejo de correção e adubação. No entanto, considerando os diferentes níveis tecnológicos, da variação dos custos e do valor da produção para local em questão, o produtor poderá tomar decisão sobre a dosagem a ser utilizada, quando o nutriente em questão for o fósforo.

5. CONCLUSÕES

As variáveis de crescimento, produtividade e qualidade dos frutos de tomate cereja foram significativamente influenciadas pelas dosagens de fósforo, bem como, pela forma de aplicação, via solo e via fertirrigação.

Os atributos de crescimento vegetativo e produtivo, como altura da planta, número de ramificação por planta, diâmetro do caule, massa fresca raiz, massa seca raiz, diâmetro transversal, número de fruto por ramificação, número total de fruto por planta e produtividade, apresentaram-se superiores para doses crescentes de P_2O_5 adubados via fertirrigação.

A dosagem de máxima eficiência econômica obtida pela relação preço do fertilizante/preço do produto foi próxima da máxima eficiência técnica (98%), sendo alcançada com 842,9 e 944,6 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , para aplicação via solo e fertirrigação, respectivamente, e aumenta em mais de 700% a produtividade em relação à testemunha sem adição de P_2O_5 .

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABH - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HORTICULTURA-ABH. Tomate Cereja – Sabor e Rentabilidade no mesmo produto. (2012) Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/News/>>. Acesso em: 28 de jan. de 2016.

AGRIANUAL. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2014. p. 440.

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

ANA.. GEO Brasil: recursos hídricos: resumo executivo. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional das Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente: Brasília, 2007. 60p.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16 ed., Gaithersburg, 1999.

BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; SOUTO, J. S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, p.136-142, 2008.

BARBOSA, V. Nutrição e adubação de tomate rasteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal, SP. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 323-339.

BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; MENDEZ, M. E. G.; CAVALCANTE, I. H. L.; CAVALCANTE, L. F. Características produtivas do tomateiro cultivado sob diferentes tipos de adubação em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 180-184, 2007.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa, MG: Ed. Universidade Federal de Viçosa, 2005. 611 p.

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. de O.; TEDESCO, M. J.. **Fertilidade dos Solos e Manejo da Adubação de Culturas**. Porto Alegre: Metropole, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola. Produção agrícola municipal e levantamento sistemático da produção agrícola. Brasília, DF: MAPA, 2007. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

BROGGI, F.; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G.; NASCIMENTO, C. W. A. Adsorção e extração química de fósforo em função do tempo de incubação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n. 1, p. 32-38, 2010.

CARDOSO, S. C. et al.. Qualidade de frutos de tomateiro com e sem enxertia. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 269-274, 2006.

CARRIJO, O. A; HOCHMUTH, G. Tomato responses to preplant-incorporated or fertigated phosphorus on soils varying in Mehlich-1 extractable phosphorus. *HortScience*, Alexandria, v.35, n. 1, p. 67-72, 2000.

CARRIJO, O. A.; VIDAL, M. C.; REIS, N. V. B.; SOUZA, R. B.; MAKISIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 5-9, 2004.

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

CARVALHO, L. A. et al. Caracterização físico-química de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 295-298, 2005.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. Goiânia, GO. Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás. 5ª Aproximação. Goiânia, UFG/EMGOPA, 101p. (Informativo Técnico, 1), 1988.

CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; PAVINATO, A. Manejo da Adubação. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

CHEN, J.; GABELMAN, W. H. Morphological and physiological characteristics of tomato roots associated with potassium-acquisition efficiency. **Scientia Horticulturae**, v. 83, n. 3-4,, p. 213-225, 2000.

COELHO, A. M. Fertigação. In: COSTA E. F., VIEIRA RF & VIANA P. A. (Ed.) **Quimigação**, Sete Lagoas, EMBRAPA/CNMS, p.201-227, 1994.

COSTA FILHO, R. T.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. Calagem e adubação fosfatada no crescimento de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth em latossolo vermelho-amarelo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 89-98, 2013.

DECHASSA, N.; SCHENK, M. K.; CLAASSEN, N.; STEINGROBE, B. Phosphorus Efficiency of cabbage (*Brassica oleraceae* L. Var. Capitata), carrot (*Daucuscarota* L.), and potato (*SolanumTuberosum* L.). **Plant Soil**, v. 250, p. 215-224, 2003.

DIAS, T. J.; PEREIRA, W. E.; CAVALCANTE, L. F.; RAPOSO, R. W. C.; FREIRE, J. L. O. Desenvolvimento e qualidade nutricional de mudas de mangabeiras cultivadas em substratos contendo fibra de coco e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 31, n. 2, p. 512-523, 2009.

ELOI, W. M.; SOUZA, V. F. de; VIANA, T. V. de A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; HOLANDA, R. S. F. de; ALCANTARA, R. M. C. M. de. Distribuição espacial do sistema radicular da gravioleira em função de diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 3, p. 256-269, set-dez, 2004.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para industrialização**. EMBRAPA – CNPH, Brasília, jan. 1994, 36p. (Instruções técnicas da Embrapa Hortaliças, 12).

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas brasileiros de classificação de solos**. EMBRAPA SOLOS – CNPS. 2 ed. Brasília: Embrapa produção de informação; Rio de Janeiro. Embrapa solos 2006. 306 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006. 402p.

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

FARIA, C. M. B. de; PEREIRA, J. R.; COSTA, N. D.; CORTEZ, C. R.; NAKANE, S.; SILVA, F. A. A.; AKVES M. E. Adubação fosfatada em tomateiro industrial em solos do Submédio São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 2, p. 114-117, 1999.

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

FERREIRA, D. F. Sisvar: Sistema de análise de variância. Versão 5.6. Lavras: UFLA/DEX, 2010.

FERREIRA, G. B. & CARVALHO, M. C. S. **Adubação do algodoeiro no cerrado: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia**. Campina Grande Embrapa Algodão, 2005. 47p. (Documentos, 138).

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: Ed. Universidade Federal de Viçosa, 2000. 402 p.

FONTES, P. C. R.; SAMPAIO, R. A.; MANTOVANI, E. C. Produção de tomate e concentrações de potássio no solo e na planta influenciadas por fertirrigação com potássio. In: **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p.575-580, 2000.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. **Produção de tomate de mesa**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002. 196p.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, Instituto Potafós, n. 95, 2001.

HEBBAR, S. S.; RAMACHANDRAPPA, B. K.; NANJAPPA, H. V.; PRABHAKAR, M. Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **European Journal of Agronomy**, v. 21, p. 117-127, 2004. DOI: 10.1016/S1161-0301(03)00091-1.

HOROWITZ, N. & MEURER, E. J. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Piracicaba, 2003. **Anais**. Piracicaba, Potafos/Anda, 2003. 24 p. CD-ROM.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S.; ONODA, S. M. **SweetGrape**: um modelo de inovação na gestão da cadeia de produção e distribuição de hortaliças, 2011. 19p. Disponível em: <http://www.espm.br/Publicacoes/CentralDeCases/Documents/SWEET%20GRAPE.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2015.

KAMINSKI, J.; PERUZZO, G. Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo. Núcleo Regional Sul da Soc. Brás. de Ciência do Solo, **Boletim Técnico n.3**, Santa Maria, RS, 1997. 31p.

KANAI, S.; OHKURA, K.; ADU-GYAMFI, J. J.; MOHAPATRA, P. K.; NGUYEN, N.T.; SANEOKA, H.; FUJITA, K. Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, p. 2917-2928, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 2. ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 355 p.

MARCOLAN, A. L. Modo de adubação e absorção de fósforo pelas plantas. **Agronline.com.br**. 2013. Disponível em: <http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=418>. Acesso em 15 jan. 2017.

MARQUELLI, W. A.; LAGE, D. A. da C.; GRAVINA, C. S.; MICHEREFF FILHO, M.; SOUZA, R. F. de. Sprinkler and drip irrigation in the organic tomato for single crops and when intercropped with coriander. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, p. 825-833, 2013.

MARQUELLI, A. W.; SILVA, W. L. C. Frequência de irrigação por gotejamento durante o estágio vegetativo do tomateiro para processamento industrial “NFT”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n.7, v. 40, 2005.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região do cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 342-346, 2006.

MARQUELLI, W. A.; SOUZA, V. F. Irrigação e fertirrigação. In: SOUZA, V. F.; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 23-26.

MELO, N. C.; SOUZA, L. C. de; SILVA, V. F. A.; GOMES, R. F.; OLIVEIRA NETO, C. F. de; COSTA, D. L. P. Cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) hidropônico sob diferentes níveis de fósforo e potássio em solução nutritiva. *Agroecossistemas*, Belém, PA, v. 6, n. 1, p. 10-16, 2014.

MOHAMMAD, M. J.; HAMMOURI, A.; FERDOWS, A. E. Phosphorus fertigation and preplant conventional soil application of drip irrigated summer squash. **Journal of Agronomy**, v.3, p.162-169, 2004.

MUELLER, S.; FELTRIM, A. L.; SUZUKI, S.; WAMSER, A. F.; VALMORBIDA, J. Avaliação de doses de fósforo na cultura do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, n. 28, p. S3940-S3945, 2010.

MUELLER, S.; SUZUKI, A.; WAMSER, A. F.; VALMORBIDA, J.; FELTRIM, A. L.; BECKER, W. F. Modos de aplicação de fósforo para duas cultivares de tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, n. 33, p. 356-361, 2015.

NOVAIS, F. R.; SMYTH, T. J.; NUNES F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., et al. (Ed.) **Fertilidade dos solos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

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

OLIVEIRA, A. R.; **Avaliação de linhagens de tomate rasteiro quanto à eficiência na absorção de nutrientes e resposta à adubação**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2007, 75 p. Dissertação de Mestrado.

OLIVEIRA, M. R. V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 8, p. 1049-60, 1995.

OKE, M.; AHN, T.; SCHOFIELD, A.; PALIYATH, G. Effects of phosphorus fertilizer supplementation on processing quality and functional food ingredients in tomato. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.1531-1538, 2005. DOI: 10.1021/jf0402476.

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

PRADOS, N. C. Manejo del cultivo intensivo com suelo. In: NUEZ, F. (ed). **El cultivodeltomate**. Madrid: Mundi-Prensa, 2001. p.190-225.

PROCHNOW, L. I.; ALCARDE, J. C. & CHIEN, S. H. Eficiência agrônômica dos fosfatos totalmente acidulados. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Piracicaba, 2003. **Anais**. Piracicaba, Potafos/Anda, 2003. 67p. CD-ROM.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. **Manejo do ambiente protegido**. 2006. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/62110672/Manejo-Do-Ambiente-Em-Cultivo-Protegido>>. Acesso em: 08 jul. 2015.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343 p.

REIS, L. S.; SOUZA, J. L.; AZEVEDO, C. A. V. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 289-296, 2009.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNEIRO, L. F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 453-466, 2006.

SALOMÃO, L. C. **Calibração de tanques evaporímetros de baixo custo sob diferentes diâmetros em ambiente protegido**. 2012. 87f. Tese/Doutorado em Agronomia – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

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

SANTOS, G.J. Administração de custos na agropecuária. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1996. 139 p.

SHEDEED, S. I.; ZAGHLOUL, S. M.; YASSEN, A. A. Effect of method and rate of fertilizer application under drip irrigation on yield and nutrient uptake by tomato. **Ozean Journal of Applied Sciences**, v. 2, p. 139-147, 2009.

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

SILVA, W. L. C.; MARQUELLI, W. A.; MORETTI, C. L.; SILVA, H. R.; CARRIJO, O. A. **Fontes e doses de nitrogênio na fertirrigação por gotejamento do tomateiro.** Workshop Tomate na UNICAMP. Campinas: Perspectivas e Pesquisas, 2005.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 895-901, 2004.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. Encarte técnico, **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 102, Instituto Potafós, 2003.

SOUZA, A. P. et al. Utilização da evapotranspiração para o manejo da irrigação. In: SALOMÃO, L. C.; SANCHES, L. V. C.; SAAD, J. C. C.; VILLAS BÔAS, R. L. **Manejo de Irrigação: um guia prático para o uso racional da água.** Botucatu: FEPAF, 2009. cap. 4, p. 46-63.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-CPAC, 2004. p. 147-168.

STRECK, L.; SCHNEIDER, M. F.; TAZZO, I. F.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; CARLET, F. Tecnologia para diminuir as temperaturas elevadas no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 207-214, 2002.

TRANI, P. E.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2004. 53 p. (Boletim Técnico IAC, 196).

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F. Saturação por bases e doses de P no crescimento e nutrição de mudas de cerejeira (*Amburana Acreana* Ducke). **Nativa**, Sinop, v. 03, n. 01, p. 01-09, 2015.

VILLAS BÔAS, R. C.; CARVALHO, J. de A.; GOMES, L. A. A.; SOUSA, A. M. G. de; RODRIGUES, R. C.; SOUZA, K. D. de. Avaliação técnica e econômica da produção de duas cultivares de alface tipo crespa em função de lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32. n. 2, p. 525-531, 2008.

VILLAS BÔAS, R. L.; ZANINI, J. R.; DUENHAS, L. H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; FEITOSA FILHO, J. C. **Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia.** Jaboticabal: FUNEP, 2002. p. 1-25.

ZANINI, J. R.; BARRETO, A. K. G.; FORATTO, L. C.; NARALE, W. Distribuição de fósforo no bulbo molhado, aplicado via fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 180-193, jan./abr. 2007.

ZENG, C.; BIE, Z.; YUAN, B. Determination of optimum irrigation water amount for dripirrigated muskmelon (*Cucumis melo* L.) in plastic greenhouse. **Agricultural Water Management**, Elsevier, v. 96, p. 595-602, 2009