



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



FRANCIELLY GUIEIRO GOMES DE SOUSA

**IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA EM DIFERENTES DILUIÇÕES E
DISPONIBILIDADE PARA A CULTURA DO TOMATE CEREJA**

BOTUCATU - SP
2017

FRANCIELLY GUIEIRO GOMES DE SOUSA

**IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA EM DIFERENTES DILUIÇÕES E
DISPONIBILIDADE PARA A CULTURA DO TOMATE CEREJA**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Ciências Agrônômicas da Unesp –
Campus de Botucatu, para obtenção
do título de Mestre em Agronomia
(Irrigação e Drenagem).

Orientador: Prof. Dr. Hélio Grassi Filho

BOTUCATU - SP
2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S725i Sousa, Francielly Guieiro Gomes de, 1985-
Irrigação com água residuária em diferentes diluições e disponibilidade para a cultura do tomate cereja / Francielly Guieiro Gomes de Sousa. - Botucatu : [s.n.], 2017

70 p. : fots. color., grafs. color., ils. color. tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Hélio Grassi Filho
Inclui bibliografia

1. Tomate - Cultura. 2. *Lycopersicon* - Irrigação. 3. Água - Reutilização. 4. Evapotranspiração. I. Grassi Filho, Hélio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA EM DIFERENTES DILUIÇÕES
E DISPONIBILIDADE PARA A CULTURA DO TOMATE CEREJA

AUTORA: FRANCIELLY GUIEIRO GOMES DE SOUSA

ORIENTADOR: HÉLIO GRASSI FILHO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA
(IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. HÉLIO GRASSI FILHO

Depto de Solos e Recursos Ambientais / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Prof. Dr. ANTONIO EVALDO KLAR

Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Prof. Dr. RODRIGO DOMINGUES BARBOSA

Depto de Agronomia / EDUVALE - ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL DO VALE DA JURUMIRIM

Botucatu, 28 de julho de 2017

Dedico,

Aos meus Filhos **José Augusto** e **Renan**, onde busco força e determinação para cada dia, ao meu esposo Denis Augusto e minha mãe Maria Aparecida que sempre esteve do meu lado.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por todos ensinamentos e oportunidades que tem me confiado;

Ao meu orientador Dr. Hélio Grassi Filho pelos ensinamentos, paciência e oportunidades;

Ao CNPq pelo auxílio com a bolsa de estudos;

A Naandanjain pela doação de materiais para o sistema de irrigação;

Agradeço em especial aos Professores Dr. Antonio Evaldo Klar e Rodrigo Máximo Sánchez Román pelo apoio e ensinamentos;

A todos os professores que contribuíram para meu aprendizado durante o mestrado;

A minha mãe Maria Aparecida pelo apoio;

Ao meu esposo Denis Augusto pelo carinho e dedicação;

Aos meus filhos José Augusto e Renan pela paciência e contribuição durante o projeto na estufa, que para mim foram as mais grandiosas;

A minha tia Carmem Lúcia e meu avô João pela preocupação e por estender a mão sempre que precisei.

Às amigas para todas as horas Mara Rúbia, Renata e Christiana pela convivência, apoio, amizade e ensinamentos;

Aos amigos Marcos, Paulo e João pela amizade e contribuição no meu projeto;

Aos técnicos dos laboratórios Gilberto e Israel pela amizade e ajuda na montagem do experimento;

A todos os demais familiares, amigos e colegas que contribuíram e me passaram algum ensinamento durante a minha vida.

RESUMO

Devido a escassez da água no planeta, são considerados viáveis estudos que buscam alternativas para economia e melhor aproveitamento da água. Sendo assim a utilização da água de reúso para agricultura e o correto manejo da irrigação torna se uma possibilidade para minimizar o problema da falta de água. Perante isso o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações e disponibilidades de águas de esgoto doméstica tratado no desenvolvimento e produção do tomate cereja. O cultivo dos tomates foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, no período de agosto a dezembro de 2015. O sistema de irrigação adotado foi localizado por gotejamento, sendo o manejo baseado no tanque classe A. O delineamento experimental foi em sistema fatorial (5x2) com parcelas subdivididas, onde adotou duas lâminas 70 e 100% da evapotranspiração da cultura, a água para os tratamentos foram, água de abastecimento e água de esgoto doméstico tratado com 4 diluições 25, 50, 75 e 100 de reúso, totalizando 10 tratamentos. As avaliações feitas foram: altura; diâmetro do caule; fitomassa verde e seca; teor relativo de água nas folhas (TRA); potencial de água nas folhas (Ψ_f); teor de nutrientes nas folhas; teor de nutrientes nos frutos; número de frutos maior e menor que 20 mm de diâmetro transversal, número total de frutos; peso total de frutos. Os dados coletados foram submetidos em análise de variância e as médias ao teste de tukey a 5 % de probabilidade. Os resultados mostraram que tanto as lâminas como as diluições de água de reúso tiveram efeitos significativos sobre os parâmetros agrônômicos (altura, diâmetro, Ψ_f , fitomassa verde e seca, teor de nutrientes) no decorrer do desenvolvimento da cultura, porém para número de frutos, e peso total de frutos, a água de reúso não teve efeito significativo, a influência nesses parâmetros foi com relação as lâminas, plantas irrigadas com 100% da evapotranspiração independente da água utilizada obtiveram melhores produções. Os frutos de todos os tratamentos foram submetidos a análise microbiológica e mostraram que a água de reúso não causou nenhum tipo de contaminação.

Palavras chaves: Reúso da água, manejo da irrigação, evapotranspiração, Tanque classe A, disponibilidade hídrica, *Lycopersicon esculentum* L.

ABSTRACT

Due to the scarcity of water on the planet, studies are considered feasible that seek alternatives for economy and better use of water. Therefore, the use of reuse water for agriculture and the correct management of irrigation makes it possible to minimize the problem of lack of water. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the effect of different concentrations and availability of treated domestic sewage in the development and production of cherry tomatoes. Tomato cultivation was conducted in the experimental area of the Department of Rural Engineering of the Faculty of Agronomic Sciences of Universidade Estadual Paulista, Campus Botucatu, from August to September 2015. The irrigation system was located by dripping, the management based on the tank class A. The experimental design was in a factorial system (5x2) with subdivided plots, where it adopted two slides 70 and 100% of the crop evapotranspiration, the water for the treatments Were water supply and household sewage treated with 4 dilutions 25, 50, 75 and 100 of reuse, totaling 10 treatments. The evaluations were: height; Stem diameter; Green and dry biomass; Relative leaf water content (TRA); Leaf water potential (Ψ_f); Nutrient content in leaves; Nutrient content in fruits; Number of fruits larger and smaller than 20 mm of transverse diameter, total number of fruits; Total weight of fruits. The data collected were submitted to analysis of variance and the averages of the tukey test at 5% probability. The results showed that both slides and dilutions of reuse water had significant effects on the agronomic parameters (height, diameter, Ψ_f , green and dry biomass, nutrient content) during the development of the crop, but for number of fruits, And total weight of fruits, the reuse water had no significant effect, the influence in these parameters was with respect to the slides, plants irrigated with 100% of evapotranspiration independent of the water used obtained better yields. The fruits of all treatments were submitted to microbiological analysis and showed that the reuse water didn't cause any type of contamination.

Keywords: Water reuse, management of irrigation, evapotraspiration, Tank class A, Water availability, *Lycopersicon esculentum* L.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção das mudas e transplante para os vasos.....	31
Figura 2 - Curva de retenção da água no solo, gerada utilizando-se o modelo de Van Genuchten.....	32
Figura 3 - Croqui do experimento.....	33
Figura 4 - Estrutura do experimento.....	35
Figura 5 - Procedimento feito para potencial de água nas folhas com a Bomba de Pressão Scholander	39
Figura 6 - Procedimento da realização de Brix	39
Figura 7 - Valores de temperatura e umidade relativa do ar máxima, mínima e média no período de condução do experimento.....	41
Figura 8 - Consumo da irrigação utilizada durante o ciclo do tomateiro em função das diferentes lâminas com base na evapotranspiração da cultura (ETc).....	42
Figura 9 – Comportamento do crescimento das plantas aos 60 DAT com relação as diluições da água e lâminas de irrigação.....	44
Figura 10 – Comportamento do fósforo nas folhas com relação às diluições da água e lâminas de irrigação.....	52
Figura 11 – Teor de fósforo, magnésio e sódio nas folhas.....	54
Figura 12 – Comportamento de manganês nas folhas com relação às diluições da água e lâminas de irrigação.....	56
Figura 13 – Comportamento do zinco nas folhas com relação às diluições da água e lâminas de irrigação.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para altura aos 45, 60, 75, 90 e 105 (DAT).....	42
Tabela 2 - Resultados médios da altura de plantas de Tomate aos 45, 60, 90 e 105 dias após o transplântio (DAT).....	43
Tabela 3 - Resultados médios da interação entre os fatores para altura de plantas 60 DAT.....	44
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para diâmetro de plantas de Tomate aos 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o transplântio.....	45
Tabela 5 - Resultados médios do Diâmetro de plantas de Tomate aos 45, 60, 90 e 105 dias após o transplântio.....	45
Tabela 6 - Resumo da análise de variância para fitomassa verde (FMV) e seca (FMS).....	46
Tabela 7 - Resultados médios da fitomassa verde (FMV) e fitomassa seca (FMS)..	47
Tabela 8 - Resumo da análise de variância para o teor relativo de água nas folhas 30 e 60 dias após o transplântio.....	48
Tabela 9 - Resultados médios do teor relativo de água nas folhas aos 30 e 60 dias após o transplântio.....	48
Tabela 10 - Resumo da análise de variância para o potencial de água nas folhas (Ψ_f) 30 e 60 dias após o transplântio.....	49
Tabela 11 - Resultados médios do potencial de água nas folhas (Ψ_f) aos 30 e 60 dias após o transplântio.....	49
Tabela 12 - Resumo da análise de variância para os nutrientes nas folhas de Tomate no início da maturação.....	51
Tabela 13 - Resultados médios de macronutrientes e sódio nas folhas no início da maturação.....	51
Tabela 14 - Resultados médios da interação entre os dois fatores para o fósforo nas folhas de tomate no início da maturação.....	52
Tabela 15 - Resultados médios de micronutrientes nas folhas de tomate no início da maturação.....	55
Tabela 16 - Resultados médios das interações entre os dois fatores para os micronutrientes nas folhas de tomate no início da maturação.....	55

Tabela 17 - Resumo da análise de variância para macronutrientes e sódio nos frutos.....	57
Tabela 18 - Resultados médios de macronutrientes e sódio nos frutos de tomate.....	57
Tabela 19 - Resumo da análise de variância para a numero de frutos maiores e menores que 20 mm de diâmetro, numero de frutos totais, peso totais de frutos e brix.....	59
Tabela 20 - Resultados médios para a numero de frutos menores e maiores que 20 mm de diâmetro (N°F<20) (N°F>20) , numero de frutos totais (NFT) e peso totais de frutos (PTF).....	59

SUMÁRIO

1	Introdução	19
2.	Revisão da Literatura	20
2.1	- A Cultura do Tomateiro	20
2.2	- A água na agricultura e o manejo da irrigação.....	21
2.2.1	Monitoramento da irrigação via dados climatológicos, solo e planta	23
2.3	- Tanques Classe A.....	25
2.4-	Demanda hídrica e o reúso para fins agrícolas.....	26
2.4.1	Legislações de proteção dos recursos hídricos e padrões para o reúso ...	28
3	Material e Métodos.....	30
3.1-	Análise físico químico do solo utilizado no experimento	31
3.2	Delineamento experimental	32
3.3	Coletas, diluições e condução da água de reúso utilizada na irrigação	33
3.4	Sistema e o manejo da irrigação.....	35
3.5	Análises e avaliações feitas nas plantas durante o cultivo.....	38
3.6	Análise estatística	40
4	Resultados e Discussão	41
4.1	Altura.....	42
4.2	Diâmetro	45
4.3	Fitomassa Verde e seca	46
4.4	Teor Relativo de água nas folhas (TRA)	47
4.5	Potencial de água na folha (Ψ_f)	49
4.6	Teor de nutrientes nas folhas do tomateiro.....	50
4.7	Macronutrientes e Sódio nos frutos.....	57
4.8	Produção.....	58
4.9	Sanidade dos Frutos	61
4.10	Atributos no solo	61
5	Conclusões.....	63
6	Referências Bibliográficas.....	64

1 INTRODUÇÃO

Devido à escassez e a demanda de água no mundo, faz-se necessário a busca por meios para economizar e preservar os recursos hídricos do planeta. Uma das alternativas que pode contribuir com essa causa é o reúso da água na agricultura, por ser uma atividade extremamente importante e que tem alto consumo hídrico.

A água residuária além de ser uma alternativa para o suprimento hídrico das plantas, pode ainda servir de fonte de nutrientes para o desenvolvimento e crescimento das culturas, sendo economicamente viável na produção, levando em consideração o custo dos insumos. Sabendo dos benefícios que o reúso pode proporcionar, é de grande importância o monitoramento nutricional, microbiológico dessa água para evitar danos ao meio ambiente e na saúde pública, por conter substâncias, teores de nutrientes elevados, metais potencialmente tóxicos e microrganismos prejudiciais.

Cuidados esses pode ressaltar o método de aplicação utilizado para conduzir a água até a planta, que preferencialmente utilize o sistema de irrigação por gotejamento, por fornecer água diretamente ao sistema radicular, evitando o molhamento da parte aérea da planta, reduzindo assim o risco de contaminação e incidências de doenças.

Além do aproveitamento da água de reúso, e os cuidados de monitoramento da mesma é necessário que se faça o manejo correto da irrigação. Essa prática além da economia de água, maximiza a produção agrícola, reduzindo o custo de produção por fornecer somente o que a planta necessita para seu pleno desenvolvimento, tanto em água quanto em fertilizantes e defensivos. Existem vários métodos para se fazer o manejo correto da irrigação, o Tanque Classe A além de ser um método preciso é considerado de baixo custo e fácil de se manejar.

A tomaticultura é considerada entre os produtores e pesquisadores uma cultura de alto custo de produção, exigente com relação a água, adubação e necessita de monitoramento por ser propícia o desenvolvimento de pragas e doenças.

No entanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações e disponibilidades de água residuária de esgoto doméstico tratado no desenvolvimento e produção do tomate cereja.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A Cultura do Tomateiro

A cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum.*) é um tipo de hortaliça que pertence à família das solanáceas, teve origem na região andina da parte ocidental da América do Sul. (FONTES e SILVA, 2002). No Brasil, o tomate foi introduzido no final do século XIX por imigrantes europeus, sendo que o marco inicial da trajetória do tomateiro no Brasil se deu em meados de 1940, com o surgimento do tomate Santa Cruz no Estado do Rio de Janeiro (FILGUEIRA, 2008).

A planta do tomate é uma solanácea herbácea, tem caule flexível e não é capaz de aguentar a massa dos frutos com posição vertical. A forma natural lembra uma moita, com abundantes ramificações laterais, sendo profundamente modificada pela poda, embora sendo planta perene, a cultura é anual, da semeadura até a produção de novas sementes, o ciclo varia de quatro a sete meses, incluindo 1-3 meses de colheita; em estufa, o ciclo e a colheita podem prolongar-se. (FILGUEIRA, 2008).

A cultura do tomate é exigente em água, responde negativamente tanto ao excesso quanto a falta (MAROUELLI e SILVA, 2006). No entanto, a irrigação é muitas vezes praticada de forma inadequada por grande parte dos produtores, pois é importante a adoção de estratégias para o manejo adequado da irrigação, de forma a conscientizar seu uso, diminuir o gasto com energia, incidência a doenças, possibilitando maiores produtividades (MAROUELLI et al., 2012).

No entanto as necessidades hídricas do tomateiro após o transplântio são de 400 a 600 mm, podendo variar com o clima (SILVA et al., 2000). Os fatores relacionado a produção, como controle fitossanitário, custo, nutrientes e água, são os que mais afetam o rendimento do tomate, sendo assim exigindo um controle eficiente da umidade do solo, nutrição para se ter boa produtividade (MACEDO e ALVARENGA, 2005)

De acordo com informações da Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT (2014), os maiores produtores de tomate são respectivamente: China, Estados Unidos, Índia, Turquia, Egito, Itália, Irã, Espanha, Brasil e México. E segundo informações do IBGE (2014), as regiões do Brasil que se destacam como maiores produtores de tomate são, Sudeste e Centro Oeste, sendo o estado de

Goiás destaca que na produção nacional, responsável por 33,46% com 1329.797 t, em seguida São Paulo e Minas Gerais (16,99 e 14,09%) com produção de 675.196 e 559.879 t respectivamente. Com alta produtividade, o mercado disponibiliza de vários grupos de tomate para atender os gostos e as necessidades do consumidor.

O grupo cereja destaca-se pelo seu alto valor comercial e ampla aceitação pelo consumidor. Esse grupo apresenta muitas variedades regionais com boa tolerância a doenças foliares e pragas (SOUZA, 2003). Araújo (2014) informa que o grupo cereja vem se destacando economicamente principalmente no estado de São Paulo e Minas Gerais, e a forma de cultivo tem sido tanto em solo como hidropônico, e que o cultivo tem possibilitado maior lucro em menor período para o produtor rural.

Em casa de vegetação, a produção de tomate é cultivada tanto no cultivo de inverno como no de verão, com a intenção de aumentar a produtividade e consequentemente favorecer a qualidade dos frutos na entressafra (MARTINS, 1991).

Segundo Radin, (2002) o tomateiro, quando cultivado em ambiente protegido diminuiu 30% da radiação solar fotossintética ativa, assim melhorou a eficiência da radiação em cerca de 33% na estação primavera – verão e 43% no verão – outono. Martins (1992) avaliou três cultivares de tomate, conduzidos em campo e em ambiente protegido, observou que, a produção com proteção plástica produziu de 4 a 15 vezes mais do que as cultivadas em campo.

Pesquisa realizada por Seleguini et al., (2007), avaliou o comportamento de diferentes híbridos de tomate nas condições de campo e casa de vegetação, constatou que, em ambiente protegido teve menor produção de frutos graúdos e maior produtividade de frutos pequenos devido à menor intensidade luminosa, que está relacionada à fotossíntese.

2.2 A água na agricultura e o manejo da irrigação

De acordo com Andrade (2012), o recurso água é um dos principais fatores responsável pelo desenvolvimento das culturas, sendo assim, um fator que restringe a evolução da prática agropecuária caso ocorra o irregular fornecimento pluviométrico ou e da irrigação. Desta forma, é de suma importância para cada localidade a preservação e manutenção dos ecossistemas.

Devido à escassez e o mau uso de recursos hídricos no mundo, tem se a preocupação de preservação e manutenção do mesmo. O Brasil também tem alertado com a questão, devido ao problema já ter atingido algumas regiões do país, leis e legislações federais e estaduais já estabelecem política para o uso e preservação da água. Segundo a Agencia Nacional de Água (ANA), a cobrança pelo uso da água é instituída na lei nº 9433 /97, que objetivou: dar indicação ao usuário do real valor da água, incentivou o uso racional e obter recursos financeiro para manutenção das bacias hidrográfica do país.

Goellner e Others (2004) alertam sobre o mau manejo da água nas áreas agrícolas, é que a poluição proveniente da agricultura ser do tipo difusa, devido os defensivos e fertilizantes principalmente os nitrogenados e os fosfatados, que podem causar problemas sérios de implicações sanitárias e eutrofização com produção de diplanctoxina, afetando toda a vida aquática e o também o homem. Bernardo; Soares e Mantovani (2008) comentam que para fazer o manejo da irrigação deve considerar os aspectos sociais e ecológicos da região, e assim buscar aumentar a produtividade e a eficiência do uso da água, reduzindo o custo de mão de obra e recursos, mantendo a umidade do solo e fitossanidade exigida pela cultura.

Basso (2015), em uma entrevista ao XXI Ciência para a Vida Embrapa: Agrossistemas e produção sustentável, argumentou sobre a questão da água ter sido apontada como pivô do problema de racionamento de recursos hídricos, por utilizar 70% da água consumida, ele relata que “consumir” não seria um termo adequado, já que a maior parte da água usada no campo permanece no ciclo hidrológico; parte da água penetra no solo abastecendo o lençol freático, outra é devolvida para atmosfera pela evapotranspiração e também a parte que escoas pelas fontes de água.

Segundo a Agencia Nacional de Água (ANA, 2016) o Brasil está entre os dez países com maior área irrigada no planeta, utilizando somente 20% da área potencial para a atividade. A ANA juntamente com a Embrapa Milho e Sorgo fizeram um levantamento por imagem de satélite, contabilizando a área irrigada por pivôs centrais no Brasil. O estudo identificou 20 mil equipamentos, ocupando 1.275 milhões de hectares em 2014, o que representa um aumento de 43% com relação a área levantada pelo censo em 2006. Destas áreas levantadas, 80% estão concentradas no Estado: Minas Gerais, Goiás, Bahia e São Paulo.

Embora a agricultura irrigada seja, geralmente, associada a um elevado nível tecnológico, é consenso que a irrigação no Brasil é ainda praticada de forma inadequada, com grande desperdício de água (MANTOVANI et al., 2006). Marouelli et al., (2011) demonstram que o manejo da irrigação deve ser realizado objetivando oferecer a água para planta em proporção suficiente para evitar o estresse hídrico e promover melhor produtividade e qualidade da produção, assim diminuir o desperdício de água, lixiviação de nutrientes e danificação dos recursos naturais. Segundo Tavares (2007) a quantidade de água requisitada por uma determinada cultura depende do estado de desenvolvimento da planta, tipo de solo e condições climáticas do local; essa quantidade varia de cultura para cultura e até mesmo entre cultivares.

Tavares (2007) descreveu que o volume de água a ser aplicada na planta pode ser estabelecida através de indicadores na planta, atmosfera, mensurando a evapotranspiração da cultura e parâmetros do solo, sendo esse último o princípio básico para conhecimento do sistema solo – água – planta – atmosfera considerando de grande importância para o eficiente manejo da irrigação. O teor de água no solo deve ser mantido entre certos limites específicos acima e abaixo, onde a água disponível para a planta não é limitada, enquanto a lixiviação é prevenida (MORGAN et al., 2001). Há os períodos críticos, em que a falta ou excesso de água redundaria em queda da produção (BERNARDO, 1996).

Os principais fatores que resultaria a evapotranspiração e, conseqüentemente o consumo de água das plantas são o balanço de energia entre o solo e a folha, a umidade e temperatura do ar, o vento e a disponibilidade hídrica (ANGELOCCI, 2002). Carvalho e Oliveira (2012) falam da combinação de mais de um método para se fazer o manejo da irrigação, e que os mais utilizados são a demanda agrometeorológica associada ao balanço de água no solo.

2.2.1 Monitoramento da irrigação via dados climatológicos, solo e planta

Carvalho e Oliveira (2012) afirmam que além dos indicativos relacionados a planta e solo, as informações meteorológicas também são relevantes em qualquer atividade do meio agrícola. Além disso, essas informações melhoram o entendimento sobre as condições climáticas do local de interesse.

Segundo Frizzone et al. (2012), o controle da irrigação através de dados climatológicos, pode ser realizado pela reposição do consumo diário das plantas, ou até mesmo somando o consumo dos dias anteriores desde a última irrigação; além disso pode fazer também o monitoramento através do balanço hídrico de água no solo, contabilizando o fluxo de água que entra, como: irrigação, precipitação efetiva, ascensão capilar; e o fluxo que sai: evapotranspiração e percolação profunda.

De acordo com Doorenbos e Kassam (1979), a evapotranspiração que é o consumo de água que evapora do solo e o que é transpirado pela planta, estabelece a necessidade hídrica da cultura, e que uma determinada cultura em bom estado de desenvolvimento, a taxa de transpiração da planta é bem maior que a evaporação do solo, no entanto é de grande importância a soma das duas para saber a quantidade de água que foi transferida para atmosfera.

Existem diferentes métodos e estratégias para se fazer o manejo da irrigação baseados em dados climatológicos, a escolha do método vai depender de vários fatores, podendo optar por métodos mais simples e economicamente viáveis, até os mais sofisticados e de altos custos, e que exigem um melhor conhecimento técnico para monitorar.

Para o monitoramento da irrigação via solo, a princípio deve se orientar sobre alguns fatores principiantes do solo, como a textura, porosidade, teor de argila e matéria orgânica, eles que determinam a capacidade de retenção e a movimentação da água no solo. O conhecimento desses elementos pode também influenciar na escolha do melhor método para fazer o manejo da irrigação em uma determinada cultura.

Frizzone et al. (2012) afirmam que, o monitoramento da água via solo leva em consideração a disponibilidade de água no solo em que a cultura está se desenvolvendo, e que para realizar o manejo da irrigação são necessárias o levantamento de algumas informações como: profundidade efetiva do sistema radicular, capacidade de água disponível no solo, fator de depleção, potencial mátrico crítico para a cultura de interesse.

Em resposta à dificuldade de estimar ou medir a quantidade de água no solo, têm sido empregadas metodologias empíricas para a medição deste parâmetro (CARVALHO E OLIVEIRA, 2012). De acordo com Bernardo; Soares e Mantovani (2008), estão disponíveis vários métodos para determinar a umidade do solo, os

mais comuns e usados da irrigação são os gravimétricos, eletrométricos, tensiômetro, sonda de nêutrons e TDR.

Pires et al., (2001) citam que, para fazer a medição do estado hídrico na planta são disponíveis vários métodos. A Planta interage com as condições do ambiente, formando um sistema denominado solo-água-planta-atmosfera. O resultado dessa interação se manifesta em atributos fisiológicos, como a transpiração, o potencial hídrico foliar, o potencial osmótico, a resistência estomática e temperatura foliar do dossel que caracteriza seu estado hídrico (CARVALHO E OLIVEIRA, 2012).

2.3 - Tanques Classe A

De acordo com Marouelli et al. (1996) o Tanque Classe A é um recipiente circular, de material em aço inoxidável ou ferro galvanizado, medindo 121 cm de diâmetro e profundidade de 25,5 cm aceito pela Food and Agriculture Organization (FAO). Allen et al. (1998) recomendam que o nível de água dentro do tanque deve permanecer entre 5,0 e 7,5 cm abaixo da borda. A evaporação média é medida com um micrômetro de gancho, assentado sobre um poço tranquilizador (BERNARDO; SOARES e MATOVANI, 2008). Galvani et al. (2001), demonstram que o Tanque Classe A deve ser instalado em um local gramado com área 20 m por 20 m, aberto para permitir a circulação do ar, porém esse ambiente deve estar protegido.

Vários são os métodos para estimar a E_{To} . O tanque “Classe A foi desenvolvido pelo Serviço Meteorológico Norte-Americano (U.S.W.B.) e é de uso generalizado, inclusive no Brasil (PEREIRA et al., 1997). Conforme Marouelli (1996), como em um tanque classe A, a evaporação da água de uma superfície livre e exposta acontece devido aos efeitos de fatores climáticos que influenciam na evapotranspiração das culturas. Assim, empregando os coeficientes encontrados através de equações empíricas, podendo estimar a evapotranspiração de referência (E_{To}) através da seguinte expressão:

$$E_{To} = K_p \cdot E_{ca}$$

Em que

E_{To} = evapotranspiração do cultivo de referência, em mm d^{-1} ;

K_p = coeficiente do tanque, adimensional;

E_{ca} = evaporação do tanque classe A, em mm d^{-1} ;

Segundo Allen e Pruitt (1991), o K_p que é um valor adimensional, depende das condições da área onde está instalado o tanque, da velocidade do vento e umidade relativa do ar. Sentelhas e Folegatti (2003) recomendam o ajuste do K_p para diferentes condições dos locais onde vão instalar o método.

Cunha (2011) afirma que o método do Tanque Classe A é recomendado pela FAO – 56, demonstra facilidade para realização do manejo, é de baixo custo em relação a outros métodos para estimar a ETo e está sendo muito usado para estimar a necessidades hídricas das culturas. Bernardo; Soares e Mantovani (2008) alertam que a medição da evapotranspiração potencial medida no tanque classe A para ser precisa, recomendam leituras por um período de no mínimo 5 dias.

2.4 Demanda hídrica e o reúso para fins agrícolas

A água doce, utilizada facilmente para utilização humana, é natural renovável, demonstra variações de volume com as mudanças climáticas, uma vez que está armazenada em reservatórios superficiais e subterrâneos e nas áreas glaciais ficou acumulada em grandes geleiras (AUGUSTO et al., 2012). Dados informados pela Organização Mundial da Saúde, 2014 (OMS) relatam que 780 milhões de pessoas no mundo não tem acesso a água potável, e alertam que até 2050 a Organização economia (OCDE) prevê acréscimo de 55% na demanda mundial de água. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e ANA (2007), o Brasil possui 12% da água doce do planeta, e que 70% dessa se encontram se na bacia amazônica e os outros 30% disponíveis abastecem 93% da população do país, incluindo a agricultura.

Conforme Gonçalves (2006), o problema com o racionamento e a escassez da água está cada vez mais constante isso devido à falta de gerenciamento, mudanças de hábitos da população e períodos de estiagens. Hespanhol (2008) alerta sobre o comprometimento dos mananciais, devido os crescentes lançamentos de efluentes nos mesmos. A complicação é que a o transporte e o tratamento final de esgotos não está sendo proporcional com o consumo de água.

A gestão sustentável de recursos hídricos integrando o uso de fontes alternativas para a agricultura como o reúso, é de suma importância, assim favorece a disponibilidade de água potável para o consumo humano e contribui para garantir água para gerações futuras (CUBA, 2015).

Geralmente as águas residuárias provenientes de funções domésticas e industriais, contém elevada carga de poluição, como: carga orgânica, elementos tóxicos, metais potencialmente tóxicos e agentes patogênicos, sendo assim podem causar danos ao meio ambiente e à saúde humana (SOUSA E DUARTE, 2014). Ainda de acordo com o mesmos autores anterior, também descreve sobre as necessidades de tratamentos e reúso da água, obedecendo os padrões das normas técnicas, evitando assim varias doenças que prejudicam a saúde publica, causadas por vírus, bactérias, protozoários, helmintos.

De acordo com Queiroz (2015), o reúso pode ser reutilizado de maneira indireta, que é quando o mesmo é encaminhado para os rios, reservatórios ou injetada no subsolo antes de serem captados ou tratados em uma estação de tratamento; e direto quando os efluentes não passam pela fase intermediária e vão de uma planta de purificação de esgoto para uma planta de tratamento de água, e posteriormente segue para o uso urbano.

Segundo Bressan et al., (2012), o esgoto doméstica possui geralmente 99% de água e 0,1 % de sólidos , 70% de sólidos inorgânicos: proteínas, carboidratos e gorduras e 30% de sólidos inorgânicos: areia, sais e metais; e a água contém diversas substâncias orgânicas e inorgânicas e também microrganismos descartados pelo homem, essas substâncias são as que vão indicar a qualidade dessa água. E ainda de acordo com os mesmos autores, argumentam que a reutilização das águas residuárias, pode ser uma solução para a produção de alimentos, por ser uma opção viável e sustentável. Os elementos de maior relevância para o desenvolvimento da cultura e que estão disponíveis em maior quantidade na água de reúso são: nitrogênio, fósforo, potássio, zinco, boro e enxofre (NUVOLARI, 2003).

A água de reúso além de suprir a necessidade hídrica da planta, também pode ser fonte de nutrientes para o desenvolvimento e produtividade das culturas, tornando economicamente viável para o produtor, reduzindo investimentos com insumos para produção, porem devendo tomar cuidados com relação a substancias e quantidades de alguns nutrientes contidos na água. Dentre os problemas agrônômicos devido ao uso da água residuária na agricultura, os principais são com relação ao risco de salinização, sodificação, toxidade de alguns íons como, Boro e Cloreto de Sódio (SOUSA E DUARTE, 2014).

Existem métodos para avaliação de adequabilidade da água destinada à irrigação, a (Tabela 1) descreve os padrões estabelecidos por Ayers e Westcot (1991).

Quadro 1 - Diretrizes para interpretação da qualidade da água para irrigação

Parâmetros	Unidade	Restrição de Uso		
		Nenhuma	Moderda	Severa
Salinidade				
Condutividade Elétrica	(dS m ⁻¹)	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
Sólidos dissolvidos totais	(mg L ⁻¹)	< 450	450 - 2000	> 2000
Infiltração				
Relação de Adsorção de sódio (RAS)			Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	
0 – 3		> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
3 – 6		> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
6 – 12		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
12 – 4		> 2,9	1,9 – 0,5	< 1,3
20 - 40		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicidade de elementos químicos (afeta culturas sensíveis)				
Cloreto (Cl)	Meq L ⁻¹	< 3	3 - 10	> 10
Boro (B)	Meq L ⁻¹	< 0,7	0,7 - 3	> 3
Sódio (Na ⁺)	Meq L ⁻¹	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9
Nitrogênio (NO ₃ -N)	Mg L ⁻¹	< 5,0	5 - 30	> 30
Bicarbonato (HCO ₃)	Meq L ⁻¹	< 1,5	1,5 – 8,4	> 8,5
pH			6,5 – 8,4	

Fonte: Ayres e Westcot (1985).

2.4.1 Legislações de proteção dos recursos hídricos e padrões para o reúso

No Brasil a Lei 9.433 de 2007 estabelecida tem como um dos objetivos, assegurar à atual e futuras gerações da quantidade e qualidade adequada ao uso, a mesma constitui diretrizes gerais de ação para a implementação a Política de Recursos Hídricos, três dos cinco instrumentos desta Política são: a outorga dos direitos de uso de Recursos Hídricos, a cobrança pelo uso da água, e o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos prevaletentes da água onde relaciona se ao reúso (SOUSA e DUARTE, 2014).

No artigo 20 dessa lei, que estabelece fixação dos valores da cobrança pelo uso da água, devem levar em consideração o volume retirado e seu regime de variação, nas derivações, captações e extrações de água; também o volume lançado e suas características físico-químicas, biológicas e quantidade de efluentes de esgotos lançando. Segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 357/05), prediz que os corpos receptores devem manter os padrões de qualidade

após os lançamentos de resíduos, sendo assim o reúso na agricultura pode ajudar a minimizar as concentrações de nutrientes e matéria orgânica nos cursos de águas, e conseqüentemente ajudar a manter esse recurso no enquadramento, como estabelece na resolução.

As primeiras normas para utilizar água residuária foram adotados no Estado da Califórnia em 1918, com objetivo de irrigar áreas agrícolas, desde então vem atualizando normas, adicionando outras possibilidades de reúso e tratamentos precisos para sua utilização (CROOK, 1998).

De acordo com Jiménez e Asano (2008), os principais países que utilizam o esgoto tratado na irrigação atualmente são: China, México, Israel, Egito, Chipre, Itália, Argentina, Austrália, Emirados Árabes e Estados Unidos; e tem países que utilizam essa pratica sem tratamentos como: China, México, Índia, Chile, Síria, Paquistão, Colômbia, Argentina, África do Sul e Gana.

Sousa e Duarte (2014) relatam que vários países, incluindo o Brasil não disponibiliza de uma legislação abrangente para a utilização de água de reúso, o que está disponível são resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que estabelecem alguns padrões para os efluentes e caracterizam para a Política Nacional de Gestão de Recursos Hídricos, mas não estabelecem padrões como, em que setor pode ser usada a essa água de reúso.

Em decorrência dessa deficiência da legislação federal, estados e municípios estão tentando disciplinar o reúso da água com leis municipais e estaduais. Na falta de dispositivos legais, são largamente utilizados critérios adotados por órgãos internacionais como a Organização Mundial de Saúde Pública (KLOSS, 2015). Diante do relato cabe ressaltar a importância das pesquisas acadêmicas para estabelecer leis e normas para utilização do reúso na agricultura de acordo com a realidade e disponibilidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O cultivo dos tomates foi realizado na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, campus Botucatu, estado de São Paulo, com latitude de 22°51' S, e longitude 48°25' W e 762 m de altitude, segundo classificação de Köppen, o clima da região é do tipo "Cfa" subtropical úmido (KOPPEN e GEIGER, 1928)

O experimento foi implantado em um ambiente protegido com as seguintes características: o teto era formato em arco, sendo as dimensões, 7 m de largura, 30 m de comprimento e pé direito de 2,5 m, a cobertura era plástica de polietileno difusor com laterais fechadas com sombrite.

As mudas de tomates (*Lycopersicon esculentum*.) da cultivar Carolina tipo cereja, marca Feltrin, foram produzidas em bandejas de 128 alvéolos, utilizando substrato comercial. O transplante ocorreu 32 dias após a sementeira para vasos de plástico com capacidade de 14 litros preenchidos com solo, sendo uma planta por vaso. As plantas durante seu desenvolvimento foram conduzidas em duas hastes e tutoradas e amarradas com fitilhos, fez se retirada de "ramo ladrão" quando necessário.

Para se fazer a adubação foi encaminhado amostra de solo ao Laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA, UNESP- Botucatu. A adubação inicial foi de acordo com o volume de solo no vaso, porem levando em consideração a análise química (Tabela 1) e recomendação proposta por Filgueira (2008), sendo: N: 300, P₂O₅: 600 e K₂O: 500 kg.ha⁻¹, utilizando se 11,5 gramas por vaso do adubo formulado 04 – 30 – 10 respectivamente.

Durante o experimento também foram feitas adubações de cobertura semanalmente após os 30 dias do transplante, utilizando nitrato de cálcio e nitrato de potássio a 3%. Fez-se duas adubações foliares com micronutrientes durante o cultivo utilizando: ZnSO₄ (0,3%); MnSO₄ (0,2%); MgSO₄ (0,5%); NH₄H₂PO₅ (0,5%) e H₃BO₃ (0,1%).

Figura 1 - Produção das mudas e transplante para os vasos.



3.1- Análise físico químico do solo utilizado no experimento

O solo utilizado para o preenchimento dos vasos de acordo com a Embrapa, (1999) foi classificado como Neossolo Quartzarênico de textura arenosa. Para conhecimento das suas características físicas e químicas, foram coletadas amostras e enviadas ao laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA, UNESP, utilizando a metodologia descrita por Raij et al. (2001).

Quadro 2 - Características físicas e químicas do solo arenoso utilizado para enchimento dos vasos.

Areia		Argila			Silte			Textura do solo			
-----		-----			-----			-----			
(g kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)			(g kg ⁻¹)			Arenosa			
861		91			48						
pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
CaCl ₂	gdm ⁻³	mg dm ⁻³	-----		mmol _c dm ⁻³			-----			
5,6	13	107	0	16	1,5	31	10	42	58	73	8
B		Cu		Fe		Mn		Zn			
-----		-----			-----			-----			
mg dm ⁻³		mg dm ⁻³			mg dm ⁻³			mg dm ⁻³			
0,23		1,4		63		2,8		5,5			

Fonte: Laboratório de física de solo e Laboratório de fertilidade do solo, FCA, UNESP.

Foram coletadas amostras de solos deformada para a determinação físico-hídrico do solo. Após essa caracterização dos pontos de umidade e tensão, utilizando a equação de Van Genuchten (1980), (Equação 1) que simula o comportamento da umidade do solo em função da tensão, aplicado no software Excel, gerou se a curva de retenção de água no solo.

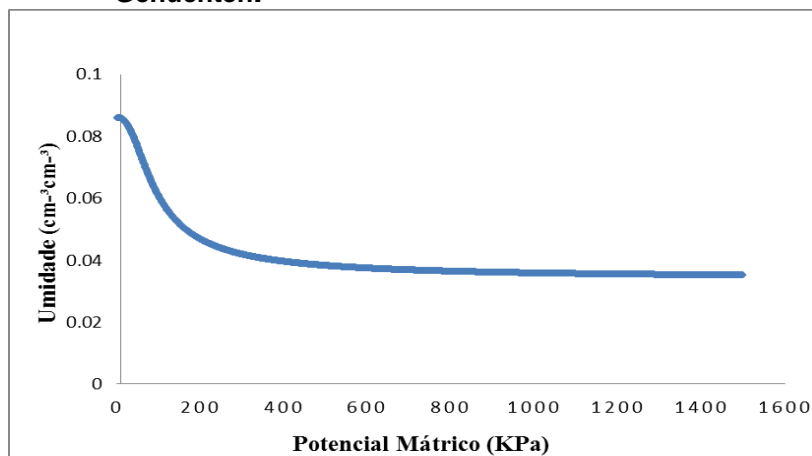
$$\theta = 0,034 + (0,086 - 0,034) \left[\frac{1}{1 + (0,015 \times \varphi m)^{2,5}} \right]^{0,5} \quad (1)$$

em que:

θ = Umidade com base volume ($\text{cm}^{-3} \text{cm}^{-3}$);

φm = Tensão de água no solo (KPa).

Figura 2 - Curva de retenção da água no solo, gerada utilizando-se o modelo de van Genuchten.



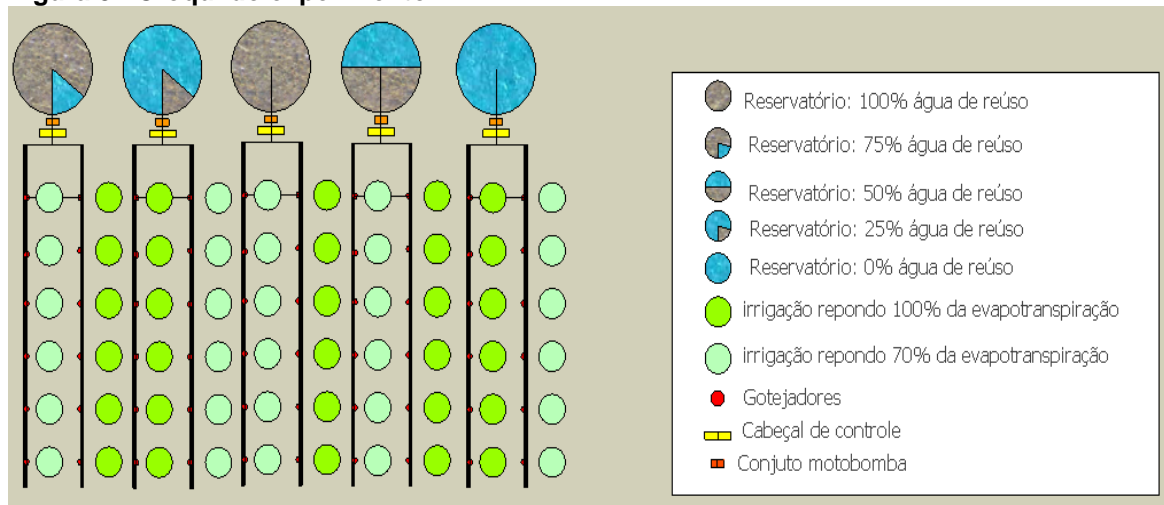
3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado em parcelas subdivididas em esquema fatorial (5x2), com seis repetições, sendo os tratamentos constituído por duas lâminas diferentes de água no solo (100 e 70%) da evapotranspiração ETc e 5 diluições de água residuária DAR (0, 25, 50, 75 e 100%), totalizando 10 tratamentos.

Quadro 3 – Tratamentos estabelecidos no experimento

Tratamentos	ETc (%)	DAR (%)
T1	70	0
T2	100	0
T3	70	25
T4	100	25
T5	70	50
T6	100	50
T7	70	75
T8	100	75
T9	70	100
T10	100	100

Figura 3 - Croqui do experimento



3.3 Coletas, diluições e condução da água de reuso utilizada na irrigação

A água de reuso foi coletada na estação de tratamento de esgotos – ETE da cidade de Botucatu – São Paulo, localizada dentro do campus da UNESP/Fazenda Lageado, onde possui um sistema misto de tratamento, composto por equalização de Use of the upflow sludge blanket (USB) lodos ativados. O efluente chega a ETE passa pelos seguintes passos: primeiramente passa pela grade de barra de limpeza mecânica, para retirar lixos ou sujeiras bem grosseiras; após é encaminhada para Calha Parshall que faz a medição da vazão e controla a velocidade de escoamento; posteriormente o efluente segue para caixa divisora de vazão que se divide em duas partes que ambas passam por um desarenador para retirada de areia e outros resíduos sólidos; após é encaminhado para um tanque de equalização onde é misturado; em seguida é bombeado para reatores anaeróbios onde se inicia o tratamento biológico com bactérias responsável pela hidrólise e conversão da matéria orgânica dissolvida em biogás e material celular; em seguida esse biogás é removido por um sistema de separação; o efluente é mantido no tanque em processo de agitação para ajudar na oxigenação; assim o efluente sai pelas tubulações e é lançado no Ribeirão Lavapés.

Nessa fase, antes da água ser lançada no ribeirão, foi coletada e encaminhada para o reservatório principal, que se localizava fora da casa de vegetação, a mesma era canalizada por tubos de polietileno até o ambiente do experimento, seguidamente se fazia a diluição manualmente de acordo com os tratamentos estabelecidos.

Para caracterização da água de reúso, as análises foram baseadas na metodologia proposta por Malavolta et al. (1989), sendo para quantificar o K, Ca, Mg, Cu, Fe e Zn realizou se por espectrofotometria de absorção atômica; para o teor de P foi realizada pela colorimetria do metavanato; o S utilizou turbidimetria do sulfato de bário; e o N pelo Semi-Kjedah. A análise físico – química foi feito de acordo com os métodos recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Quadro 4 - Características químicas da água de reúso e abastecimento

pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg L -----												
Reúso												
7,47	17	6	20	15	3	10	47,1	0,37	0	0,36	0,18	0,02
Abastecimento												
6,82	3	0	14	15	2	0	1,10	0	0	0	0	0

Fonte: Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas FCA, UNESP.

Quadro 5 - características Físico-química da água de reúso utilizada na irrigação

Parâmetros	Unidade	Resultado
Tubidez	(NTU)	1,33
Resíduo seco	(mg L ⁻¹)	173
pH		7,47
Dureza total	(mg CaCO ₃ L ⁻¹)	56
Dureza Cálcica	(mg CaCO ₃ L ⁻¹)	42
Dureza de magnésio	(mg CaCO ₃ L ⁻¹)	11,76
Ferro (Fe)	(mg L ⁻¹)	0,228
Cloreto	(mg L ⁻¹ C)	64,67
Sulfato	(mg L ⁻¹)	<0,001
Fluoreto	(mg L ⁻¹)	0,0008
Condutividade elétrica	(uS/cm)	634,6
Fósforo total	(mg L ⁻¹ P)	15,03
Nitrato	(mg L ⁻¹)	0,083
Nitrito	(mg L ⁻¹)	0,312
DQO	(mg L ⁻¹)	251,5
DBO	(mg L ⁻¹)	2,33
OD	(mg L ⁻¹)	2,51

Fonte: Departamento de Química e Bioquímica Instituto de Biociências – UNESP – Botucatu

DQO=Demanda Química de Oxigênio

DBO= Demanda Bioquímica de Oxigênio

OD= Oxigênio Dissolvido

Além das análises demonstradas acima foram feitas análises microbiológicas da água após a chegada no reservatório principal, as técnicas utilizadas para realizar a mesma foi a dos Tubos Múltiplos, de acordo com a portaria do Ministério da Saúde, N° 2.914 de 12 de dezembro de 2011, porém a análise apresentou ausência de coliformes totais e termotolerantes em 100 ml de água.

O reservatório principal da água de reúso ficava do lado externo da casa de vegetação, o mesmo tinha capacidade para 5 mil litros de água, que era encanada por tubos de PVC e polietileno até os reservatórios do lado interno do ambiente, onde fazia as diluições da água em 25, 50, 75 e 100% do reúso (Figura 4).

Figura 4 - Estrutura do experimento



3.4 Sistema e manejo da irrigação

Foram montados cinco sistemas de irrigação independentes, um para cada reservatório de diluição diferente, onde cada um era alimentado por um conjunto motobomba de $\frac{1}{2}$ CV, que sustentava dois tratamentos cada (70 e 100% da evapotranspiração). O sistema de irrigação para conduzir a água até a planta era por gotejamento, sendo um emissor por planta do tipo autocompensantes modelo CNL da naadan Jain com vazão de 2 l.h, os mesmos eram conectados até nos vasos por microtubos.

Após a montagem dos sistemas de irrigação, fez-se o teste de uniformidade de distribuição, onde pode-se obter o resultado de 98% de uniformidade. Para realização do teste foram usados coletores de 300 ml para cada emissor, proveta e

cronometro para contabilizar o tempo de 30 min que o sistema ficou ligado para a coleta da água, posteriormente a quantidade de liquido de cada coletor foi mensurada e os dados lançados no Excel onde que pode ser calculado a uniformidade de distribuição (Equação 2).

$$CUD = \frac{q_{25}}{q} \quad (2)$$

em que:

q_{25} = média de 25% das menores vazões coletadas ($L h^{-1}$);

q = média das vazões coletadas ($L h^{-1}$).

Em seguida se determinou a eficiência do sistema (E_f), (Equação 3), que foi de 0,96.

$$E_f = \frac{q_{min}}{q} \quad (3)$$

Em que:

E_f = eficiência de aplicação do sistema;

Q_{min} = vazão mínima ($L h^{-1}$).

O manejo da irrigação foi realizado obtendo a Evapotranspiração de referencia (ET_o) através do tanque classe A situado dentro da casa de vegetação, a frequência de irrigação até os 25 dias do transplântio foi uma vez ao dia, após essa fase, por medida paliativa, a irrigação foi parcelada em duas vezes ao dia, (por volta das 8:00 e 16:30 horas), não foi considerado o horário de verão. Essas medidas paliativas foram realizadas devido as plantas estarem sendo cultivadas em solo arenoso, ou seja com pouca capacidade de retenção de água, e pelas altas temperaturas que se encontrava dentro da casa de vegetação. Esses quesitos submetia a planta ao estresse hídrico.

Sendo assim, as lâminas de irrigação foram estabelecidas com base na evapotranspiração da cultura (ET_c), estimada conforme a Equação 4, obedecendo os tratamentos determinados em, 100 e 70% da evapotranspiração da cultura.

$$ETc = ETo \times Kc \quad (4)$$

em que:

ETc - evapotranspiração da cultura (mm)

ETo - evapotranspiração de referência (mm)

Kc – coeficiente de cultivo

A ETo foi obtida conforme a metodologia descrita por Bernardo; Soares e Mantovani (2008) (Equação 5).

$$ETo = Ev \times kp \quad (5)$$

em que:

Ev = Evaporação do tanque (mm dia⁻¹);

Kp = coeficiente do tanque (1).

O coeficiente da cultura (kc), foi estabelecido baseado nos valores citados por Doorembos & Kassan (1994), em que:

Kc inicial: do transplante ao 10º dia (0,5)

Kc de desenvolvimento: do 11º ao 25º dia (0,8)

Kc até o final do experimento: a partir 26º dia (1,2)

Assim, a partir dos fatores determinados acima e de acordo com a vazão do sistema de irrigação, foi possível calcular o tempo de irrigação para cada tratamento das diferentes lâminas (Equação 6).

$$Ti = 60 * ETc * A / Ef * q \quad (6)$$

em que:

Ti – tempo de irrigação (min);

A – área do vaso (m²);

Ef. – eficiência do sistema (%);

q – vazão do gotejador (L h⁻¹).

3.5 Análises e avaliações feitas nas plantas durante o cultivo

Altura e diâmetro do caule: Durante a condução do experimento foram avaliados quinzenalmente o desenvolvimento do cultivo através de parâmetros, como a altura e o diâmetro do caule, utilizando paquímetro digital e régua graduada respectivamente.

Teor relativo de água (TRA): determinou se retirando 6 discos de 7mm das folhas de cada planta avaliada. Os mesmos foram imediatamente pesados para obter o peso fresco (pf), e logo após colocado em um frasco de vidro com água destilada e levado à geladeira por 6 horas. Após isso os discos foram secados em papel toalha e pesados novamente para determinar o peso saturado (pst). Posteriormente foi levado para secar em estufa aerada por 24 horas, assim obteve o peso seco (ps). Esse procedimento foi realizado obtendo três repetições para cada tratamento. O teor relativo de água nas folhas foi realizado duas vezes durante o ciclo com 30 e 60 dias após o transplântio. O (TRA) foi determinado pela Equação proposta por Barrs (1968):

$$TRA = \frac{(pf-ps)}{pst-ps} \times 100 \quad (7)$$

Em que:

TRA = teor relativo de água na folha, (%);

Pf = peso do material fresco, (mg);

Ps = peso do material após secagem em estufa, (mg);

Pst = peso do material saturado, (mg).

Potencial de água na folha (Ψ_f): Para a determinação do potencial de água nas folhas, utilizou se o método da câmara de Scholander et al (1965), o procedimento foi realizado duas vezes durante o ciclo com 30 e 60 dias após o transplântio, ou seja no mesmo dia que iniciou a determinação do (TRA).

Figura 5 - Procedimento feito para potencial de água nas folhas com a bomba de pressão scholander



Foto: Sousa

Fitomassa verde e seca: No dia da última colheita, as plantas escolhidas para avaliação foram identificadas, cortadas próxima ao solo, os frutos verdes que restaram foram retirados, posteriormente pesadas para obtenção da massa verde, em seguida colocadas em sacos de papel e levado para estufa a 65 °C até obter massa constante para serem pesadas.

Teor de nutrientes nas folhas: As análises foliares de macronutrientes e micronutrientes para avaliar o estado nutricional das plantas foram realizadas após a maturação do primeiro fruto, onde coletou-se a quarta folha a partir do ápice, utilizando a metodologia recomendada por Malavolta et al. (1997)

Teor de sólidos solúveis totais (brix): nos frutos foram determinados por meio de refratômetro digital, onde se colocou 2 gotas do líquido extraído dos frutos encima do prisma do aparelho, assim foi contabilizado o nº de Brix, conforme recomendação feita pela A. O. A. C. (2005).

Figura 6 - Procedimento da realização de brix



Fotos: Sousa (2016)

Teor de nutrientes nos frutos: No final do experimento foi realizada análise de macronutrientes nos frutos. Os frutos foram coletados, obtendo três repetições de 100 gramas para cada tratamento, as mesmas foram secas em estufas de

ventilação forçada a 65°C até obter massa constante, e encaminhada ao laboratório conforme a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Produção: As colheitas foram realizadas semanalmente, onde foram avaliados número de frutos maiores e menores que 20 mm de diâmetro transversal, e peso total de frutos.

Análise microbiológica dos frutos: Foram feitas no laboratório de água do departamento de Engenharia Rural da UNESP / FCA. A metodologia utilizada foi do Colilert®, que é um método rápido para a enumeração de coliformes e E. coli. Desenvolvido pelos Laboratórios IDEXX, tem por base a DST (Defined Substrate Technology) (GROSSI et al., 2013).

Análise química do solo: No final do experimento foi coletada amostra de solo para realizar análises químicas de macronutrientes, micronutriente e sódio para todos os tratamentos, utilizando a metodologia descrita por Raij et al. (2001).

3.6 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software sisvar 5.6, as médias foram submetidas ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o experimento, que teve duração de 121 dias após o transplântio (DAT), as temperaturas máxima, mínima e média foram monitoradas diariamente, a aplicação das lâminas de irrigação de 70 e 100% da evapotranspiração da cultura ETc, totalizando 833,13 e 1184 mm, respectivamente.

Figura 7 - Valores de temperatura e umidade relativa do ar máxima, mínima e média no período de condução do experimento.

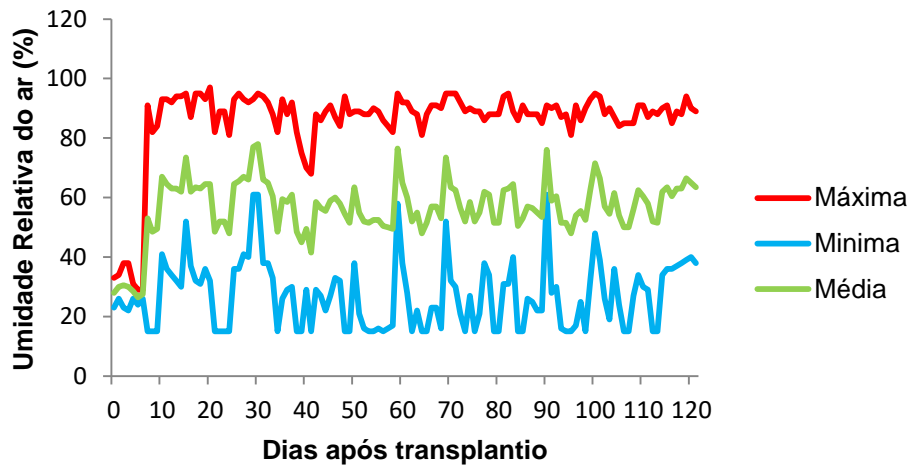
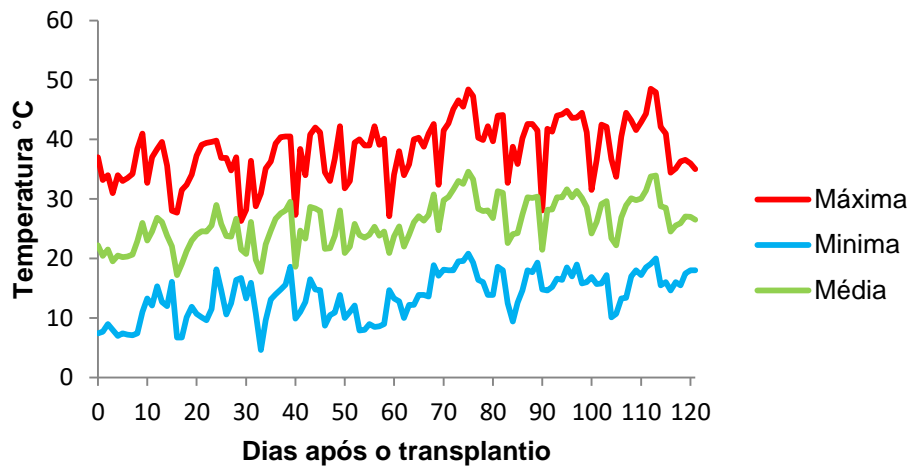
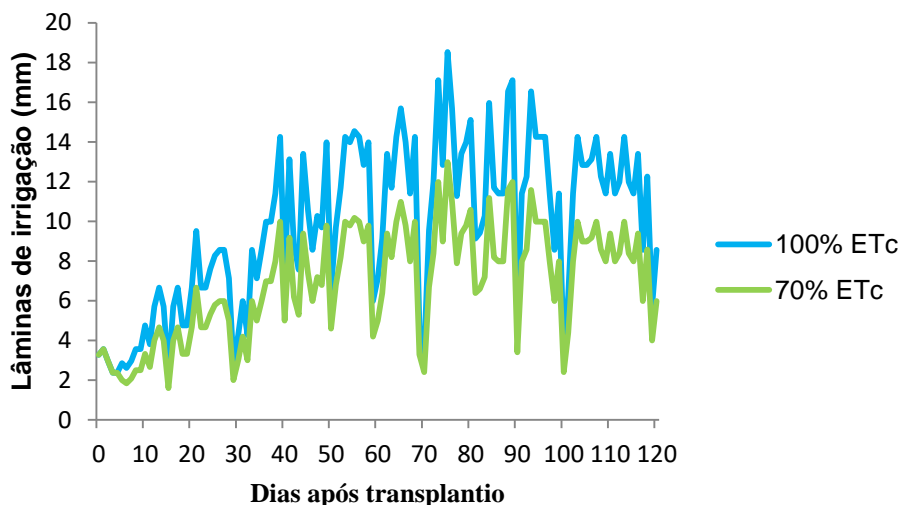


Figura 8 - Consumo da irrigação utilizada durante o ciclo do tomateiro em função das diferentes Lâminas com base na evapotranspiração da cultura (ETc).



4.1 Altura

A análise de variância para a altura de plantas em diferentes fases da cultura, (Tabela 1) mostra o efeito significativa para as diferentes lâminas em todas as mensurações, ocorrendo interação entre os dois fatores aos 60 DAT.

Tabela 1- Resumo da análise de variância para altura aos 45, 60, 75, 90 e 105 (DAT)

	Quadrado médio			C.V.(%)
	Diluição (D)	Lâmina (L)	Diluição x Lâmina	
45 DAT	14,21 ^{ns}	448,90 ^{**}	18,87 ^{ns}	6,41
60 DAT	14,54 ^{ns}	1199,02 ^{**}	89,71 [*]	7,21
75 DAT	29,34 ^{ns}	2512,22 ^{**}	63,91 ^{ns}	7,65
90 DAT	122,48 ^{ns}	2496,4 ^{**}	101,41 ^{ns}	7,13
105 DAT	81,037 ^{ns}	2941,90 ^{**}	101,41 ^{ns}	7,23
GL	4	1	4	

(**) Significativo a 1% (*) significativo a 5% (ns) não significativo pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

Tabela 2 - Resultados médios da altura das plantas de tomate aos 45, 60, 90 e 105 dias após o transplântio (DAT)

Lâmina	Tratamentos					Médias
	D0 AR	D25 AR	D50 AR	D75 AR	D100 AR	
Altura 45 DAT (cm)						
70% ETc	58,62	55,37	53,25	58,25	57,87	56,67 B
100% ETc	65,75	63,25	64,25	62,37	61,25	63,37 A
Médias	62,18 a	59,31 a	58,75 a	60,31 a	59,56 a	
Altura 60 DAT (cm)						
70% ETc	71,75	67,25	68,00	72,25	78,75	71,60 B
100% ETc	83,25	83,50	84,00	83,50	78,50	82,55 A
Médias	77,50 a	75,37 a	76,00 a	77,87 a	78,62 a	
Altura 75 DAT (cm)						
70% ETc	84,00	78,00	81,75	83,25	90,75	83,55 B
100% ETc	98,75	99,50	100,75	100,50	97,50	99,40 A
Médias	91,37 a	88,75 a	91,25 a	91,87 a	94,12 a	
Altura 90 DAT (cm)						
70% ETc	96,75	86,75	90,50	91,00	106,50	94,30 B
100% ETc	110,50	110,50	109,25	110,00	110,25	110,15 A
Médias	103,62 a	98,62 a	99,87 a	100,50 a	108,37 a	
Altura 105 DAT (cm)						
70% ETc	106,50	100,50	102,00	103,75	117,25	106 B
100% ETc	121,75	123,75	124,50	122,75	123,00	123,1 A
Médias	114,12 a	112,12 a	113,25 a	113,25 a	120,12 a	

Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de TuKey a 5% de probabilidade.

A Tabela 2 mostra as médias de crescimento em várias fases da cultura, e que a falta de água interferiu de maneira negativa no desenvolvimento das plantas irrigadas com 70% da ETc. Já repondo 100% da ETc as plantas tiveram melhor desempenho no crescimento.

A deficiência de água no solo pode ocasionar na planta estresse hídrico, estimulando mudanças morfológicas e fisiológicas (DUTRA et al., 2012). O estresse hídrico prejudica a expansão e a divisão celular por ser um processo sensível à falta de água (SAUSEN, 2007). Segundo Santana et al., (2009), a água é um dos principais fatores que influenciam no crescimento e desenvolvimento da cultura do tomate.

Soares et Al., (2011), avaliando o crescimento e a formação de fitomassa do tomateiro irrigado com diferentes lâminas obtiveram resultado similar, onde a aplicação da lâmina de 120% da evapotranspiração real, proporcionou melhor crescimento de plantas.

Tabela 3 - Resultados médios da interação entre os fatores para altura de plantas 60 DAT

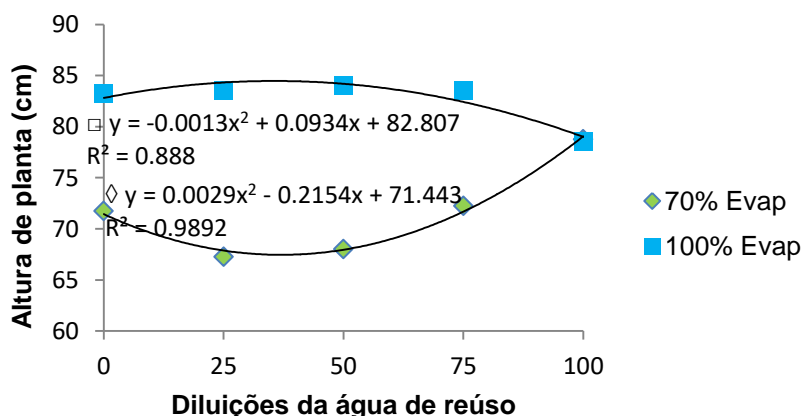
Lâmina	Tratamentos				
	D0 AR	D25 AR	D50 AR	D75 AR	D100 AR
	Altura 60 DAT (cm)				
70% ETc	71,75 abB	67,25 bB	68,00 ab B	72,25 ab B	78,75 aA
100% ETc	83,25 A	83,50 A	84,00 A	83,50 A	78,50 A

Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de TuKey a 5% de probabilidade.

Aos 60 DAT, as plantas irrigadas com 70% ETc tiveram melhor desempenho onde a concentrações de água de reúso foram maiores, D75 AR e D100 AR. Nessa fase a temperatura do ar se encontrava entre 20 e 25°C (Figura 7), considerado ótima para a cultura do tomate, pode ser que as plantas mesmo com menor quantidade da irrigação, fizeram melhor aproveitamento da água e nutrientes nesses dias, já que mostra uma interação entre os dois fatores (Tabela 7)

O tomateiro é exigente em termos de periodicidade, e requer temperaturas diurnas amenas e noturnas menores. No Brasil, sob alta luminosidade, as temperaturas ótimas são de 21 a 28 °C durante o dia e 15 a 20 °C a noite, variando em razão da idade da planta e da cultivar (FILGUEIRA, 2008)

Figura 9 – Comportamento do crescimento das plantas aos 60 DAT com relação as diluições da água e lâminas de irrigação



4.2 Diâmetro

Para o diâmetro do caule teve efeito significativo com relação a diferentes concentrações de água de reúso nas avaliações aos 90 e 105 DAT, com relação às lâminas, diferiram em todas as avaliações exceto aos 105 DAT (Tabela 4).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para diâmetro de plantas de tomate aos 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o transplantio

	Quadrado médio			C.V.(%)
	Diluição (D)	Lâmina (L)	Diluição x Lâmina	
45 DAT	0,72 ^{ns}	16,78 ^{**}	0,51 ^{ns}	8,11
60 DAT	2,25 ^{ns}	29,88 ^{**}	0,53 ^{ns}	6,96
75 DAT	0,79 ^{ns}	7,52 [*]	1,20 ^{ns}	8,89
90 DAT	6,04 ^{**}	10,20 ^{**}	1,34 ^{ns}	8,46
105 DAT	8,91 ^{**}	4,25 ^{ns}	1,81 ^{ns}	8,85
GL	4	1	4	

(**) Significativo a 1% (*) significativo a 5% (^{ns}) não significativo pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

Tabela 5 - Resultados médios do diâmetro de plantas de tomate aos 45, 60, 90 e 105 dias após o transplantio

Lâmina	Tratamentos					Médias
	D0 AR	D25 AR	D50 AR	D75 AR	D100 AR	
Diâmetro 45 DAT (cm)						
70% ETc	9,18 B	9,88	9,52 B	9,25 B	10,09 B	9,58 B
100% ETc	11,23 A	10,51	10,79 A	10,53 A	11,34 A	10,87 A
Médias	10,21 a	10,19 a	10,16 a	9,89 a	10,71 a	
Diâmetro 60 DAT (cm)						
70% ETc	9,42 B	10,21 A	10,34 B	9,68 B	10,90 B	10,11 B
100% ETc	11,91 A	11,27 A	11,96 A	11,31 A	12,73 A	11,84 A
Médias	10,66 b	10,74 ab	11,15 ab	10,49 b	11,82 a	
Diâmetro 75 DAT (cm)						
70% ETc	11,55	10,88	12,00	11,48	12,14	11,61 B
100% ETc	12,87	12,55	11,64	12,48	12,85	12,48 A
Médias	11,22 a	11,71 a	11,82 a	11,98 a	12,50 a	
Diâmetro 90 DAT (cm)						
70% ETc	11,83	11,68	13,55	11,88	13,84	12,55 B
100% ETc	13,45	12,18	13,71	13,99	14,48	13,56 A
Médias	12,65 ab	11,92 b	13,63 a	12,94 ab	14,16 a	
Diâmetro 105 DAT (cm)						

70% ETc	11,87	12,09	14,79	12,09	13,93	12,95 A
100% ETc	13,38	12,05	14,35	13,83	14,41	13,60 A
Médias	12,63 bc	12,07 c	14,57 a	12,96 abc	14,17 ab	

Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de TuKey a 5% de probabilidade.

Os maiores diâmetros ocorreram em geral nos tratamentos irrigados com 100% da ETc e com D 50 AR, D75 AR e D100 AR (Tabela 5). Várias características das plantas podem ser influenciadas pelo estresse hídrico, altas e baixas temperaturas umidade.

A quantidade de princípios ativos nas plantas é influenciado pela genética e e interações genótipo e ambiente, que podem ser influenciada pelo estado de estresse, excesso ou falta de algum fator, como nutricional, temperatura, hídrico dentre outros (ANDRADE E CASALI, 1999).

4.3 Fitomassa verde e seca

A fitomassa verde e seca diferiram significativamente com relação ao fator lâmina (L) e diluição (D) a 1% pelo teste F (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para fitomassa verde (FMV) e seca (FMS)

	Quadrado médio			C.V.(%)
	Diluição (D)	Lâmina (L)	Diluição x Lâmina	
FMV	6685,78**	61068,75**	261,40 ^{ns}	13,51
FMS	185,07**	3022,73**	36,19 ^{ns}	14,65
GL	4	1	4	

(**) Significativo a 1% (*) significativo a 5% (^{ns}) não significativo pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

Tabela 7 - Resultados médios da fitomassa verde (FMV) e fitomassa seca (FMS)

Lâmina	Tratamentos					Médias
	D0 AR	D25 AR	D50 AR	D75 AR	D100 AR	
FMV (g)						
70% ETc	113,64	121,12	130,02	156,32	172,54	138,73 B
100% ETc	193,03	191,64	193,20	247,50	259,01	216,88 A
Médias	153,33 b	156,38 b	161,61 b	201,91 a	215,78 a	
FMS (g)						
70% ETc	29,15	27,54	32,71	33,45	38,98	32,37 B
100% ETc	46,08	44,24	48,55	52,60	57,27	49,75 A
Médias	37,61b	35,89 b	40,63 ab	43,02 ab	48,12 a	

Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de TuKey a 5% de probabilidade.

A fitomassa verde e seca apesar de não ter interações entre os fatores, foram influenciadas de maneira crescente tanto pelas lâminas quanto a diluição, (Tabela 7), quanto maior a lâmina e a concentração de AR maior foi fitomassa. As pesquisas relacionadas à água nas plantas e das interações causadas pela falta de água temporário nos processos fisiológicos são de suma importância, o déficit hídrico tem influencia em diversos processos fisiológicos dos vegetais (NASCIMENTO et al., 2012).

A utilização de água residuária na área agrícola, possibilitando o aproveitamento de nutrientes, o que pode contribuir para o aumento da produtividade e benefícios econômicos (SOUSA E DUARTE, 2014).

4.4 Teor relativo de água nas folhas (TRA)

O Teor relativo de água nas folhas foi realizado para monitoramento do estado hídrico das plantas. As diferentes Lâminas e as diluições de água de reúso não influenciaram no teor relativo de água nas folhas em nenhuma das avaliações, 30 e 60 DAT (Tabela 8).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância para o teor relativo de água nas folhas 30 e 60 dias após o transplântio

	Quadrado médio			C.V.(%)
	Diluição (D)	Lâmina (L)	Diluição x Lâmina	
30 DAT	39,05 ^{ns}	95,00 ^{ns}	17,69 ^{ns}	6,30
60 DAT	40,92 ^{ns}	22,87 ^{ns}	16,53 ^{ns}	5,32
GL	4	1	4	

(**) Significativo a 1% (*) significativo a 5% (ns) não significativo pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

Tabela 9 - Resultados médios do teor relativo de água nas folhas aos 30 e 60 dias após o transplântio

Lâmina	Tratamentos					Médias
	D0 AR	D25 AR	D50 AR	D75 AR	D100 AR	
TRA 30 DAT (%)						
70% ETc	77,13	74,34	79,32	80,21	80,43	74,73 A
100% ETc	77,61	70,83	75,35	71,36	78,47	78,29 A
Médias	77,37 a	72,59 a	77,34 a	75,78 a	79,45 a	
TRA 60 DAT (%)						
70% ETc	73,81	78,07	71,71	74,21	71,57	72,12 A
100% ETc	69,62	73,26	69,48	77,76	70,51	73,87 B
Médias	71,72 a	75,66 a	70,60 a	75,99 a	71,04 a	

Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de TuKey a 5% de probabilidade.

As médias presentes na Tabela 9 não mostraram diferença entre os tratamentos para o teor relativo de água nas folhas (TRA). A resposta da não diferenciação entre as lâminas pode estar relacionada com a diferença entre as duas disponibilidades de água 100 e 70% da ETc, por ser um estresse não tão severo, ou devido a frequência da irrigação. Mesmo as plantas submetidas a irrigação com déficit, a mesma foi parcelada duas vezes ao dia, podendo minimizar as consequências da falta de água. Vários fatores podem influenciar a quantidade de água extraída pelas plantas, como tamanho, produtividade e fisiologia da cultura e cultivar.

O conteúdo de água de uma planta em porcentagem do seu conteúdo em turgor pleno, depende da umidade do solo, da capacidade de absorção de água pelas raízes e da condutividade hidráulica de tecidos das raízes e parte aéreas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Bonilha (2015) avaliando o estado hídrico da cana de açúcar através de dois parâmetros, teor relativo de água nas folhas (TRA) e espessura específica de água (EEA), concluiu que o TRA não é um método tão sensível quanto o EEA para avaliar o estado hídrico da planta.

4.5 Potencial de água na folha (Ψ_f)

O potencial de água nas folhas diferenciou significativamente entre as Lâminas aos 30 DAT. Já aos 60 DAT, teve significância com relação aos fatores isolados lâminas e diluição.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para o potencial de água nas folhas (Ψ_f) 30 e 60 dias após o transplântio

	Quadrado médio			C.V.(%)
	Diluição (D)	Lâmina (L)	Diluição x Lâmina	
30 DAT	0,30 ^{ns}	2,76*	0,48 ^{ns}	20,88
60 DAT	1,92*	11,65*	0,45 ^{ns}	22,78
GL	4	1	4	

(**) Significativo a 1% (*) significativo a 5% (ns) não significativo pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

Tabela 11 - Resultados médios do potencial de água nas folhas (Ψ_f) aos 30 e 60 dias após o transplântio

Lâmina	Tratamentos					Médias
	D0 AR	D25 AR	D50 AR	D75 AR	D100 AR	
Ψ_f 30 DAT (MPa)						
70% ETc	-1,83	-1,60	-1,10	-1,80	-1,37	-1,54 B
100% ETc	-0,86	-0,93	-1,46	-1,06	-0,33	-0,93 A
Médias	-1,35 a	-1,26 a	-1,28 a	-1,43 a	-0,85 a	
Ψ_f 60 DAT (MPa)						
70% ETc	-4,70	-2,66	-4,16	-3,07	-3,40	-3,60 B
100% ETc	-2,80	-1,93	-2,50	-2,40	-2,13	-2,35 A
Médias	-3,75 b	-2,30 a	-3,33 ab	-2,73 ab	-2,77 ab	

Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de TuKey a 5% de probabilidade.

As plantas submetidas a quantidade de água reduzida atingiram em média -1,54 MPa e irrigada com 100% da ETc a média -0,93 MPa, 60 DAT ocorreu o mesmo

com relação às lâminas, e também mostram que o uso da AR apresentam um maior potencial, comparando com água de abastecimento (Tabela 14).

Esse método de determinação do potencial de água nas folhas é considerado preciso, porém deve se tomar cuidado na realização, o tempo da retirada da folha até a medição do potencial deve ser o mais rápido possível, devido às perdas das características necessárias para a avaliação. A determinação do ponto de equilíbrio, isto é, quando a seiva inicia a saída do xilema é, por vezes, difícil de ser feita, e depende do tipo de planta, pois pode induzir a erros (BENNETT, 1990).

O potencial de água nas folhas tem importância na determinação do estado hídrico das plantas, valores próximos de zero, indicam plantas sem estresse por falta de água, já valores altamente negativos indicam plantas com deficiência hídrica (KRAMER e BOYER, 1995).

4.6 Teores de nutrientes nas folhas do tomateiro

Os teores de macronutrientes (P, Ca, Mg, S e Na) diferiram significativamente com relação ao fator diluição da AR, as lâminas influenciaram o Ca e Mg de maneira significativa, ocorrendo interação entre os dois fatores para o P (Figura 10).

Com relação aos micronutrientes (Cu, Mn, e Zn) diferiram se entre as diluições e para o Cu, Mn e Zn a quantidade de água na irrigação influenciou significativamente. Na Figura 12 e 13 mostra a ocorrência de interações entre os fatores para Mn e Zn.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância para os nutrientes nas folhas de tomate no início da maturação

	Quadrado médio			C.V.(%)
	Diluição (D)	Lâmina (L)	Diluição x Lâmina	
Nitrogênio (N)	1,82 ^{ns}	1,80 ^{ns}	1,67 ^{ns}	3,91
Fósforo (P)	0,09 ^{**}	0,03 ^{ns}	0,04 [*]	3,44
Potássio (K)	8,07 ^{ns}	26,45 ^{ns}	0,82 ^{ns}	6,34
Cálcio (Ca)	3,95 ^{**}	4,05 [*]	0,55 ^{ns}	9,11
Magnésio (Mg)	0,22 ^{**}	0,13 [*]	0,07 ^{ns}	5,82
Enxofre (S)	0,04 [*]	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	5,64
Boro (B)	34,17 ^{ns}	661,3 [*]	58,6 ^{ns}	8,78
Cobre	68,45 ^{**}	0,05 ^{ns}	8,05 ^{ns}	23,37
Ferro (Fe)	316180 ^{ns}	133661 ^{ns}	140102 ^{ns}	25,70
Manganês (Mn)	19265 ^{**}	61162 ^{**}	9650 [*]	12,46
Zinco (Zn)	23838 ^{**}	42044 ^{**}	7169 ^{**}	9,37
Sódio (Na)	14373808 ^{**}	325125 ^{ns}	225963 ^{ns}	20,92

(**) Significativo a 1% (*) significativo a 5% (ns) não significativo pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

Tabela 13 - Resultados médios de macronutrientes e sódio nas folhas no início da maturação.

Lâmina	Tratamentos					Médias
	D0 AR	D25 AR	D50 AR	D75 AR	D100 AR	
Nitrogênio (g kg⁻¹)						
70% ETc	36,50	38,50	40,00	38,00	38,00	38,20 A
100% ETc	37,50	38,00	37,50	38,00	37,00	37,60 A
Médias	37,00 a	38,25 a	38,75 a	38,00 a	37,50 a	
Fósforo (g kg⁻¹)						
70% ETc	3,15	2,90	3,25	2,70	2,75	2,95 A
100% ETc	3,05	2,90	2,80	2,80	2,80	2,87 A
Médias	3,10 a	2,90 b	3,03 a	2,75 c	2,77 c	
Potássio (g kg⁻¹)						
70% ETc	38,00	39,50	41,00	40,50	37,50	39,33 A
100% ETc	36,00	38,50	37,50	38,00	35,00	37,06 A
Médias	37 a	39,00 a	39,25 a	39,25 a	36,25 a	
Cálcio (g kg⁻¹)						
70% ETc	8,50	10,50	9,50	9,50	8,50	9,30 A
100% ETc	8,00	9,50	8,50	9,50	6,50	8,40 B
Médias	8,25 ab	10,00 a	9,00 ab	9,50 a	7,50 b	
Magnésio (g kg⁻¹)						
70% ETc	3,00	2,75	2,80	2,75	2,40	2,74 A

100% ETc	2,90	2,70	2,55	2,55	2,20	2,58 B
Médias	2,95 a	2,73 a	2,68 a	2,65 ab	2,30 b	
Enxofre (g kg⁻¹)						
70% ETc	1,40	1,60	1,70	1,70	1,45	1,57 A
100% ETc	1,40	1,50	1,45	1,65	1,50	1,50 A
Médias	1,40 b	1,55 ab	1,58 ab	1,67 a	1,47 ab	
Sódio (g kg⁻¹)						
70% ETc	0,564	1,354	2,299	3,499	4,999	2,543 A
100% ETc	0,694	1,389	2,674	3,234	5,999	2,798 A
Médias	0,629 d	1,371 cd	2,486 bc	3,366 b	5,499 a	

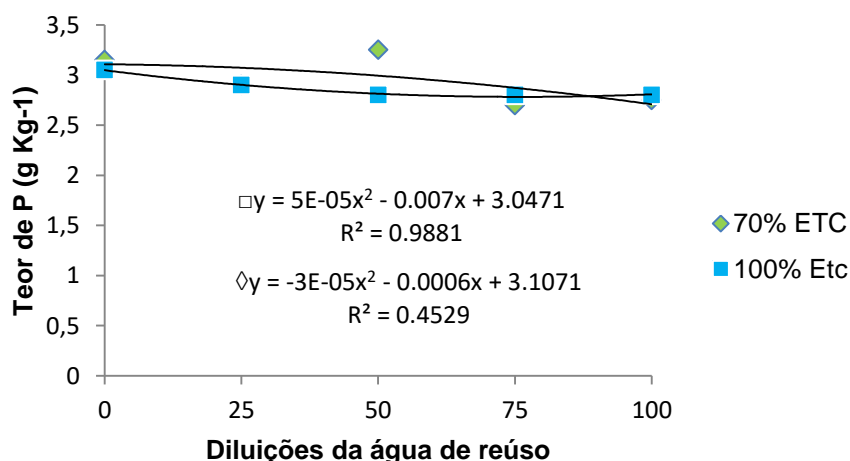
Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de TuKey a 5% de probabilidade.

Tabela 14 - Resultados médios da interação entre os dois fatores para o fósforo nas folhas de tomate no início da maturação.

Lâmina	Tratamentos				
	D 0% AR	D 25% AR	D 50% AR	D 75% AR	D 100% AR
Fósforo (g kg⁻¹)					
70% ETc	3,15 ab A	2,90 bcA	3,25 aA	2,70 cA	2,75 cA
100% ETc	3,05 A	2,90 A	2,80 B	2,80 A	2,80 A

Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de TuKey a 5% de probabilidade.

Figura 10 – Comportamento de fósforo nas folhas com relação as diluições da água e lâminas de irrigação



Na Tabela 13 e 15 mostram as médias de macronutrientes e micronutrientes nas folhas do tomateiro. Observa-se que os macronutrientes estão todos abaixo do recomendado, exceto o K. Já os micronutrientes ficaram acima das recomendações

para folhas. De acordo com Trani et al., (2015), os teores adequados de macronutrientes nas folhas são: N = 40 - 60; P = 4 - 8; K = 30 - 50; Ca = 14 - 40; Mg = 4 - 8; S = 4 - 10 (g Kg⁻¹). E para os micronutrientes são: B = 35 - 100; Cu = 8 - 15; Fe = 100 - 300; Mn = 50 - 250; Zn = 35 - 100 (mg Kg⁻¹).

Foi feita adubação foliar de micronutrientes no tomateiro 8 dias antes da coleta de folhas para análise. Esse fato é devido às condições de altas temperaturas dentro do ambiente, ocasionando abortamento de flores e interferindo na produção, pode ter influenciado no acúmulo desses nutrientes na parte aérea das plantas. A Tabela 25 mostra que o teor de alguns micronutrientes já se encontrava alto no solo, pode ter ocorrido também uma desordem nutricional, observando que ocorreu deficiência de macronutrientes.

Nota se a elevação do teor de sódio nas folhas a medida que aumentaram as concentrações de AR, e diminui o teor de Mg e P (Tabela 13). A Figura 8 demonstra o comportamento do P com relação à disponibilidade de água e as diluições da AR, é visível que quanto maior a disponibilidade de AR menor foi a absorção do P e Mg, porém o P tem uma interação com o Mg, que é responsável pelo carregamento do P para a planta, então a redução do Mg causa a diminuição também do P. A interação entre P e Mg, uma vez que este cátion participa da ativação de enzimas quinases e da maioria das reações que atuam na transferência de P (FAGERIA, 2001). O Quadro 3 e 4 mostra a quantidade de Na e a condutividade da água de reúso, sendo 47,1 mg l e 634,6 uS/cm, onde indica que a água pode ser usada sem restrição para a irrigação. De acordo com Ayres & Westcot (1991), valores entre 0 e 700 uS m⁻¹ a 25 °C não causam nenhum problema de salinidade, porém pontos com médias acima deste valor não podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas e dos solos, sendo que existe a probabilidade de gerar problemas de salinidade. Já para Maas (1990), a tolerância aos sais por determinada cultura, é afetada por diversos fatores, como o estágio de desenvolvimento, duração da exposição aos sais, condições ambientais, propriedades físicas e químicas do solo e do tipo e intensidade do manejo.

O sódio é excessivo na água da irrigação, quando é maior do que o cálcio por mais que uma relação 3:1. Um dos maiores problemas da água residuária na agricultura é a concentração de íons, quando ocorre o aumento da salinidade, que podem se tornar tóxico e interferir na absorção de outros nutrientes (SOUSA E DUARTE, 2014). De acordo com Almeida, (2010), quando há concentração

predominante do íon Na, que induzirá trocas de íons Ca e Mg pelo Na nos solos, pode causar degradação, perda da estrutura e permeabilidade. O mesmo autor ainda comenta que, mesmo se a quantidade de sais for baixa pode causar danos, devido a capacidade de certas águas em eliminar e dissolver cálcio.

No entanto, o Na em quantidade que não prejudica, e a cultura em ambiente favorável para o seu desenvolvimento pode trazer benefício para a planta. Como pode ser observado na Tabela 7 a medida que aumentou a concentração de água de reúso, aumentou a fitomassa verde, lembrando o que foi mostrado na (Tabela 13) que o aumento da AR cresce também a concentração de Na, o que não prejudicou o desenvolvimento da planta. O Na estimula o crescimento mediante intensificação da expansão celular, além de poder em parte, substituir o K como um soluto osmoticamente ativo (TAIZ E ZEIGER, 2013).

Segundo Cuartero e Munoz, (1999), a maneira mais direta de restabelecer os níveis normais de N, P, Ca e K na cultura em condições salinas, seria elevar a quantidade desses nutrientes na zona radicular da cultura.

Um problema que pode ser considerado o vilão foi devido as altas temperaturas no ambiente (Figura 7) que influenciou na absorção dos macronutrientes e em toda fisiologia da planta. A temperatura é considerada um elemento que está relacionado com o desenvolvimento e produtividade das plantas, Assim tem a temperatura máxima, mínima e ótima para cada cultura (BONHOMME, 2000). Marscher (1995) fala que as reações químicas sofrem influência da temperatura devido à depressão da atividade enzimática ligada ao sistema de transporte de íons através das células.

Figura 11 – Teores de P, Mg e Na nas folhas

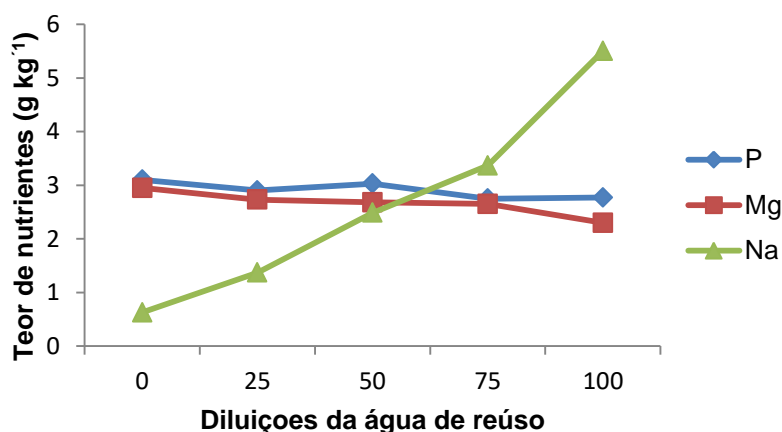


Tabela 15 - Resultados médios de micronutrientes nas folhas de tomate no início da maturação

Lâmina	Tratamentos					Médias
	D0 AR	D25 AR	D50 AR	D75 AR	D100 AR	
Boro (mg kg⁻¹)						
70% ETc	131,00	128,00	120,00	118,00	119,00	123,30 A
100% ETc	107,50	115,50	110,00	115,50	110,50	111,80 B
Médias	119,25 a	121,75 a	115,00 a	116,75 a	115,00 a	
Cobre (mg kg⁻¹)						
70% ETc	4,00	13,00	6,00	16,00	13,00	10,40 A
100% ETc	8,00	14,00	6,00	13,50	10,00	10,33 A
Médias	6,00 c	13,50 ab	6,00 c	14,75 a	11,50 b	
Ferro (mg kg⁻¹)						
70% ETc	969	1160	1008	1905	1405	1289 A
100% ETc	1015	1485	890	1370	870	1126 A
Médias	992 a	1322,5 a	949 a	1637 a	1137a	
Manganês (mg kg⁻¹)						
70% ETc	537,50	404	508,50	448	342,50	448,10 A
100% ETc	412	452	289	300,50	234	337,50 B
Médias	474,75 a	428 a	398,7 ab	374,25ab	288,25 b	
Zinco (mg kg⁻¹)						
70% ETc	523	343	482,50	380	310	407,80 A
100% ETc	420	386,50	291,50 b	265	217,50	316,10 B
Médias	471,5 a	365,00 b	387,00 b	322,5 bc	263,75 c	

Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de TuKey a 5% de probabilidade.

Tabela 16 - Resultados médios das interações entre os dois fatores para os micronutrientes nas folhas de tomate no início da maturação

Lâmina	Tratamentos				
	D 0% AR	D 25% AR	D 50% AR	D 75% AR	D 100% AR
Manganês (mg kg⁻¹)					
70% ETc	537 aA	404 abA	508 aA	448 abA	342 aA
100% ETc	412 abB	452 aA	289 bcB	300 abcB	234 cB
Zinco (mg kg⁻¹)					
70% ETc	523 aA	343 cA	482 abA	380 bcA	310 cA
100% ETc	420 aB	386 abA	291 bcB	265 cB	217 cB

Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de TuKey a 5% de probabilidade.

Figura 12 – Comportamento de Manganês nas folhas com relação as diluições da água e lâminas de irrigação

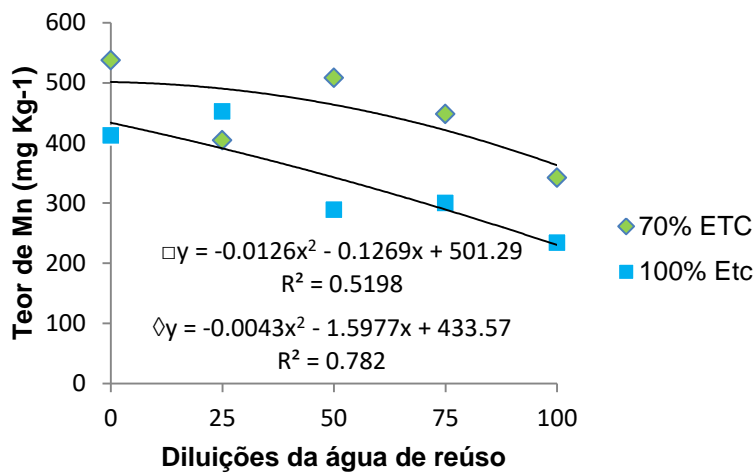
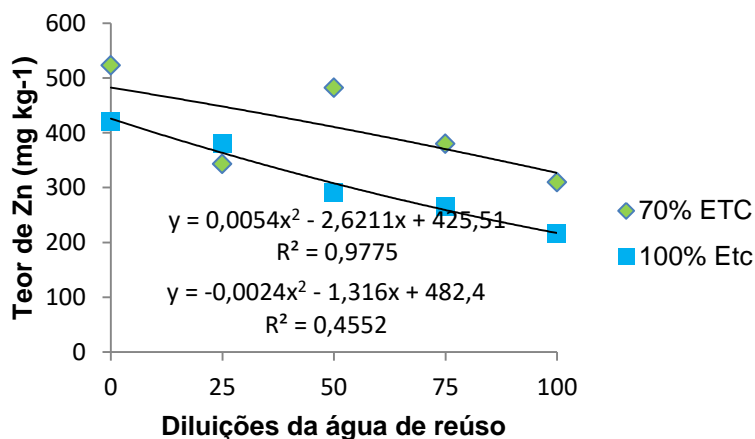


Figura 13 – Comportamento do Zinco nas folhas com relação as diluições da água e lâminas de irrigação



Ainda que todos os tratamentos excederam o teores de micronutrientes e as médias não foram significativas a 5% de probabilidade, porém nas plantas irrigadas com 100% ETC, observou-se menor absorção, ou seja, plantas com maior disponibilidade de água teve tendência de absorver menos Mn, Zn, Fe, Cu e B. A resposta a esse fato pode ser que, as plantas melhor hidratadas produziram mais do que as plantas irrigadas com menor disponibilidade de água, sendo assim o consumo desses nutrientes na produção de frutos foram maiores. Não se deve deixar de ressaltar que a água contribui para o balanceamento dos nutrientes nas plantas e que a absorção está ligada a disponibilidade de recursos hídricos.

4.7 Macronutrientes e sódio nos frutos

Foram feitas análises de macronutrientes nos frutos, A Tabela 17 onde houve diferença significativa a 1% para todos os macronutrientes exceto o cálcio, com relação à diluição. Já as lâminas influenciaram com significância para o (N, P, K, Mg e S).

Tabela 17 - Resumo da análise de variância de macronutrientes e sódio nos frutos

	Quadrado médio			C.V.(%)
	Diluição (D)	Lâmina (L)	D x L	
Nitrogênio (N)	5,55 ^{**}	2,70 [*]	0,28 ^{ns}	2,98
Fósforo (P)	0,19 ^{**}	0,13 [*]	0,03 ^{ns}	6,06
Potássio (K)	11,61 ^{**}	6,53 [*]	0,61 ^{ns}	4,46
Cálcio (Ca)	0,033 ^{ns}	0,033 ^{ns}	0,033 ^{ns}	17,67
Magnésio (Mg)	0,02 ^{**}	0,04 ^{**}	0,002 ^{ns}	5,22
Enxofre (S)	0,005 ^{**}	0,003 [*]	0,001 ^{ns}	2,82
Sódio (Na)	641333 ^{**}	40333 ^{ns}	18666 ^{ns}	14,22
GL	4	1	4	

(^{**}) Significativo a 1% (^{*}) significativo a 5% (^{ns}) não significativo pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

Tabela 18 - Resultados médios de macronutrientes e sódio nos frutos

Lâmina	Tratamentos					Médias
	D0 AR	D25 AR	D50 AR	D75 AR	D100 AR	
Nitrogênio (g kg⁻¹)						
70% ETc	26,67	25,33	26,67	24,67	24,33	25,53 A
100% ETc	26,00	24,33	25,67	24,67	24,00	24,93 B
Médias	26,33 a	24,83 b	26,16 a	24,66 b	24,16 b	
Fósforo (g kg⁻¹)						
70% ETc	2,93	2,67	2,90	2,40	2,57	2,69 A
100% ETc	2,77	2,60	2,53	2,33	2,56	2,56 B
Médias	2,85 a	2,63 abc	2,71 ab	2,36 c	2,57 bc	
Potássio (g kg⁻¹)						
70% ETc	28,00	27,00	27,00	26,00	25,00	26,67 A
100% ETc	27,33	26,33	26,67	25,33	23,00	25,73 B
Médias	27,67 a	26,67 a	26,83 a	25,83 ab	24,00 b	
Cálcio (g kg⁻¹)						
70% ETc	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1 A
100% ETc	1,33	1,00	1,00	1,00	1,33	1,07 A

Médias	1,17 a	1 a	1 a	1 a	1 a	
Magnésio (g kg⁻¹)						
70% ETc	1,03	1,03	1,06	1,06	0,93	1,03 A
100% ETc	0,96	1,00	0,93	1,00	0,86	0,95 B
Médias	1,00 a	1,02 a	1,00 a	1,03 a	0,90 b	
Enxofre (g kg⁻¹)						
70% ETc	0,90	0,90	0,93	1,00	0,90	0,93 A
100% ETc	0,90	0,90	0,90	0,93	0,90	0,91 B
Médias	0,90 b	0,90 b	0,92 b	0,97 a	0,90 b	
Sódio (mg kg⁻¹)						
70% ETc	1026,33	959,7	1293	1359	1693	1266,33 A
100% ETc	926,33	1026,33	1493	1426	1826	1339,67 A
Médias	976,33 c	993 c	1393 b	1393 b	1759 a	

Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de TuKey a 5% de probabilidade.

Nos frutos ocorreram o mesmo que nas folhas, a medida que aumentaram a disponibilidade de sódio absorvido, redziu o teor de magnésio e fósforo (Tabela 18), lembrado que o magnésio responsável pela translocação e a quantidade de fósforo. Lâminas maiores proporcionaram menor absorção de fósforo.

Reduziu o teor de K para as maiores concentrações de AR 75 e 100%, e cresceu o teor de sódio, sendo os dois nutrientes com função similar na planta. O principal papel do Na na nutrição mineral de plantas é substituir o K em determinadas funções fisiológicas (KORNDORFER, 2006).

4.8 Produção

A Tabela 19 mostra que para as variáveis número de frutos menores e maiores que 20 mm de diâmetro transversal (N°F<20) (N°F>20), o número totais de frutos (NTF) e peso totais de frutos (PTF), a deficiência hídrica afetou significativamente na produção do tomate, diferente do fator diluição, que não interferiu no rendimento dos frutos. O brix nos frutos não foi influenciado por nenhum dos fatores.

Tabela 19 - Resumo da análise de variância para a número de frutos maiores e menores que 20 mm de diâmetro, número de frutos totais, peso totais de frutos e brix.

	Quadrado médio			C.V.(%)
	Diluição (D)	Lâmina (L)	D x L	
N°F<20	40,02 ^{ns}	375 ^{**}	68,29 ^{ns}	19,92
N°F>20	15,15 ^{ns}	836,27 ^{**}	37,18 ^{ns}	51
NFT	81,76 ^{ns}	2331,2 ^{**}	18,27 ^{ns}	35,35
PTF	1858,49 ^{ns}	74890,37 ^{**}	672,37 ^{ns}	21,80
Brix	1,48 ^{ns}	0,056 ^{ns}	0,41 ^{ns}	4,51
GL	4	1	4	

(**) Significativo a 1% (*) significativo a 5% (ns) não significativo pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

Tabela 20 - Resultados médios para a número de frutos menores e maiores que 20 mm de diâmetro (N°F<20) (N°F>20) , numero de frutos totais (NFT) e pesos totais de frutos (PTF)

Lâmina	Tratamentos					Médias
	D0 AR	D25 AR	D50 AR	D75 AR	D100 AR	
N°F<20						
70% ETc	29,33	22,66	24,16	30,0	27,33	26,70 B
100% ETc	29,00	32,83	33,83	34,33	28,00	31,70 A
Médias	29,16 a	27,75 a	29,00 a	32,16 a	27,66 a	
N°F>20						
70% ETc	5,83	7,33	7,66	8,16	5,00	6,80 B
100% ETc	14,33	12,66	10,83	16,00	17,50	14,26 A
Médias	10,08 a	10,00 a	9,25 a	12,08 a	11,25 a	
NFT						
70% ETc	35,16	30,00	31,83	38,16	32,33	33,50 B
100% ETc	43,83	45,50	44,66	50,33	45,50	45,96 A
Médias	39,50 a	37,75 a	38,25 a	44,25 a	38,91 a	
PFT						
70% ETc	148,42	127,51	131,12	166,07	125,26	139,67 B
100% ETc	204,21	203,63	199,89	225,36	218,58	210,33 A
Médias	176,31 a	165,57 a	165,50 a	195,71 a	171,92 a	

Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de TuKey a 5% de probabilidade.

A Tabela 20 demonstra que plantas irrigadas com lâminas que repunha 100% da evapotranspiração da cultura renderam em média 33,6% a mais em peso do que as irrigadas com Lâminas de 70% da (ETc). Já em números totais de frutos, essa

diferença foi em média 13% a mais, no entanto o número de frutos pequenos, menores que 20 mm de diâmetro, predominaram nas plantas irrigadas com menor quantidade de água. Para lâminas de 100% da ET_c, o NFT e PTF variou de 43,83 a 50,33 e massa 199,89 a 218,58 g em média, e lâmina de 70% ET_c foi de 30 a 38 e 125,26 e 166,07 g por plantas respectivamente, no entanto a água de reúso não influenciou na produção.

Cunha et. al., (2014), avaliando o desempenho do tomate sweet grape cultivado em substratos e irrigado com solução nutritiva preparada com água de reúso e água de abastecimento, constataram que o uso de água de reúso não interferiu na solução nutritiva, com relação a produtividade e qualidade dos frutos.

Rego et al., (2005) estudou o desenvolvimento da cultura da melancia irrigada com esgoto doméstico tratado em dois sistemas de irrigação, sulco e gotejamento, onde verificaram que não houve diferença de produtividade com relação a água de reúso e de poço no cultivo irrigado por gotejamento.

Fernandes et. al., (2007) estudaram a classificação do tomate cereja baseado na CEAGESP (2014) e sugeriram uma classificação de acordo com o calibre e diâmetro transversal, onde os frutos com diâmetro inferior a 20 mm não é considerado comercial.

De acordo com Silva et al., (2013) para se ter boa produtividade e retorno econômico com a tomaticultura é necessário nutrição e manejo da irrigação, levando em consideração a necessidade da cultura.

Comparando a produção da mesma variedade com outros trabalhos na literatura, verifica-se que o rendimento foi abaixo do esperado. É possível que a alta temperatura dentro da casa de vegetação que chegou a ultrapassar os 48 °C (Figura 7), contribuiu de maneira negativa na produtividade, causando abortamento de flores e estresse térmico nas plantas. A umidade relativa e temperatura do ar são fatores importantes para o cultivo de tomates (COCKSHULL, 1992). Taiz e Zeiger (2013) falam que plantas mesofíticas tem amplitude térmica de aproximadamente 10 °C para o desenvolvimento ótimo, fora dessa faixa causam danos às culturas, inibindo a fotossíntese e a respiração.

A temperatura tem influência em todos os processos de crescimento e desenvolvimento do tomateiro, apresentando necessidades variáveis em cada fase do ciclo. A temperatura ótima para o desenvolvimento vegetativo encontra-se na

faixa de 20 a 24 °C, no entanto tolera uma amplitude de 10 a 34 °C (CERMENO, 1979).

4.9 Sanidade dos Frutos

Foram feitas análises microbiológicas dos frutos em todos os tratamentos para garantir sua sanidade. Os resultados indicaram que a água de reúso não propiciou nenhuma contaminação aos frutos.

Alguns cuidados devem ser tomados na utilização da água de reúso, a escolha do sistema de irrigação é de suma importância, o ideal é que seja localizado, onde a água não tenha contato com a parte aérea da planta.

4.10 Atributos no solo

O quadro 5 não mostra alterações nos atributos do solo causados pela água de reúso, as mudanças que aconteceram foram devido à adubação inicial e adubações feitas durante o cultivo.

Quadro 6 - Atributos no solo antes do experimento (AE) e após os tratamentos

Trat	PH	MO g/dm ³	P mg/dm ³	H+Al	K -----mmolc/dm ³ -----	Ca	Mg	SB	CTC	V%
AE	5,6	13	107	16	1,5	31	10	42	58	73
T1	5,5	11	172	14	20,8	56	7	84	98	86
T2	5,5	9	162	13	13,2	43	6	62	76	82
T3	5,5	6	169	13	22,1	64	9	95	108	88
T4	5,7	8	151	12	14,2	42	4	60	72	84
T5	5,5	13	161	13	13,7	43	4	61	74	83
T6	5,6	8	173	13	15,1	49	5	70	83	84
T7	5,4	8	165	13	11,6	41	5	57	70	81
T8	5,6	8	171	13	14,4	49	5	68	81	84
T9	5,5	8	173	13	17,9	51	7	76	89	86
T10	5,3	8	176	13	21,1	63	6	90	105	85

Quadro 7 - Micronutrientes no solo antes do cultivo, e após incluindo o sódio

Trat	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
		-----mg dm ³ -----				mmol _c dm ³
AE	0,23	1,4	63	2,8	5,5	-
T1	0,56	1,69	41,58	14,94	7,24	0,65
T2	0,31	1,82	50,40	13,02	6,96	0,48
T3	0,32	1,73	38,22	12,54	7,24	2,28
T4	0,27	2,22	46,41	12,32	7,58	1,61
T5	0,31	2,38	48,72	12,95	7,24	2,41
T6	0,43	2,20	42,63	12,68	6,90	2,35
T7	0,29	2,43	47,25	12,78	7,06	2,91
T8	0,34	3,17	42,21	13,59	8,02	3,18
T9	0,40	1,84	41,58	14,27	6,82	4,42
T10	0,60	2,11	44,31	14,76	7,84	6,85

T1 = (70% ET_c x D0 AR), T2 = (100% ET_c x D0 AR), T3 (70% ET_c x D25 AR), T4 = (100% ET_c x D25 AR), T5 (70% ET_c x D50 AR), T6 = (100% ET_c x D50 AR), T7 = (70% ET_c x D75 AR), T8 = (100% ET_c x D75 AR), T9 = (70% ET_c x D100 AR), T10 (100% ET_c x D100 AR) .

Observou se que, antes da implantação do experimento os teores de alguns micronutrientes já se encontravam altos no solo, como, Cu, Fe, e Zn. O teor de sódio cresceu a medida que se adicionava maiores concentrações de água de reúso (Quadro 6), mas não a ponto de influenciar na produção. Segundo Raij et al., (2001), os teores de Cu, Fe e Zn maiores que 0,8, 12 e 1,2 mg dm³, respectivamente, são considerados altos no solo.

5 CONCLUSÕES

✓ As lâminas de irrigação influenciaram significativamente em todas as características avaliadas no experimento.

✓ Lâmina de 100% da evapotranspiração proporcionou melhor desenvolvimento, crescimento de plantas e na produção de frutos.

✓ A água residuária interferiu de maneira positiva, na altura, diâmetro do caule e fitomassas, porém não influenciou na produção dos frutos.

✓ A medida que se aumentava as concentrações de água residuária, crescia o teor de sódio nas folhas e frutos, no entanto não influenciou na produção.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PRUITT, W. O. 1991. **FAO – 24 Reference Evapotranspiration factors**. J. Irrig. And Drain. Engrg., ASCE 117 (5): 558 – 773.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p

ANA - Agência Nacional de Águas. Serviços Cobrança e Arrecadação, 2016. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaearrecadacao/cobrancaearrecadacao.aspx>>. Acesso em: 7 mar. 2017.

AGELLOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a Atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba, SP: Edição do autor, 2002, 272p.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da Água de Irrigação**. Embrapa, Cruz das Almas – BA, 2010. Disponível em: www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/875385/1/livroqualidadeagua.pdf

ANDRADE, I. P. S. **Manejo da Irrigação na Cultura da Figueira utilizando Balanço de Água no solo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Ciências do Solo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica.

ANDRADE, F.M.C.; CASALI, V.W.D. **Plantas medicinais e aromáticas: relação com o ambiente, colheita e metabolismo secundário**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry. 18.ed. Washington, 2005. 1015p.

ARAÚJO, E. A. T. **Cultivares, clima e época de plantio do tomateiro**. 2014 Disponível em: <http://www.cpscetec.com.br/agriculturaorganica/site/mostra_culturas.php?codigo=348&cod_cat=75>acesso em 30 de janeiro de 2017.

AUGUSTO, L. S.; GURGEL, I. G. D.; NETO, H. F. C.; MELO, C. H.; COSTA, A. M. **O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano**. Ciência e Saúde Coletiva, Manguinhos, v. 17, n. 6, p. 1511–1522, Jun 2012.

Ayres, R. S. & Westcot, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. (Estudos Food and Agriculture Organization: Irrigação e Drenagem, 29ª ed. Revisado, 1991. 218 p.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Roma: FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29, Rev. 1. 1985. 174p

BARRS, H. D. Determination of water deficits in plant tissues. In, Koz L., T. T. (ed.) **Water Deficits and Plant Growth** (vol. I). New York, Academic press. p. 235-268. 1968.

BASSOI, L. H. **XXI Ciência para a vida Embrapa: agrossistemas e produção sustentável.** - Portal Embrapa. 2015 Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1019719/xxi-ciencia-para-a-vida-embrapa-agrossistemas-e-producao-sustentavel>>. Acesso em: 6 mar 2017.

BENNETT, J.M. **Problems associated with measuring plant water status.** HortScience, Alexandria, v.25, n.12, p.1551-1554, 1990.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 6 ed. Viçosa: Editora UFV, 1996. 596p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação.** 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625 p.

BONHOMME, R. **Bases and limits to using “ degree day” units.** European Journal of Agronomy, v. 13, p. 1 – 10, 2000.

BONILLA, M. M. Z. **Dados hiperespectrais na determinação do conteúdo relativo de água na folha em cana-de-açúcar.** 2015. text – Universidade de São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-28092015-105933/>>. Acesso em: 9 maio 2017.

BRASIL. Resolução **CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente** (357 de 17 de março de 2005). Classificação dos corpos d’ água e diretrizes ambientais. Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Lei Federal nº 9433 /97. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 2007.

BRESSAN, D. F., PEREIRA, F. F. S., ORNELLAS, M., ALVES, M. C. G., LOZANO, M. R. L. O reúso de água na agricultura: teorias e práticas. In: OLIVEIRA, E. L. **Manual de utilização de águas residuárias em irrigação.** Botucatu: Editora Fepaf, 2012. 120 p.

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada.** Viçosa: Editora UFV, 2012. 239p.

CEAGESP - Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. Classificação de Tomate, 2014. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/entrepostos/servicos/produtos/classificacao/>. Acesso em 15 abr. de 2017.

CERMEÑO, Z.S. **Cultivo de hortalizas en invernaderos.** Barcelona: Editorial Aedos, 1979. 360p.

COCKSHULL, K.E. **Crop environment**. *Acta Horticulturae*, Leuven, n.312, p.77-85, 1992.

CROOK, J. Water reclamation and reuse criteria. In: ASANO, Takashi. **Water quality management library** – Volume 10, Wastewater reclamation and reuse. Pennsylvania,USA: Technomic Publication, 1998.

CUARTERO, J.; MUNOZ, R. F. **Tomato and salinity**. *Scientia Horticulturae*, Netherlands, v. 78, n. 14, p. 83 – 125, 1999.

CUBA, R. S. **Cultivo hidropônico de alface com água de reúso**. 2015. 72 f. Dissertação: (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de São Carlos, Araras.

CUNHA, A. **Coefficiente do tanque Classe A obtido por diferentes métodos em ambiente protegido e no campo**. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 2, p. 451–464, 12 jul. 2011.

CUNHA, A. H. N.; SANDRI, D.; VIEIRA, J. A.; CORTEZ, T. B., OLIVEIRA, T. H. **Sweet grape mini tomato grown in culture substrates and effluent with nutrient complementation**. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 707–715, Ago 2014.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Yild response to weter**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979. 193 p (FAO irrigation and drainage paper, Paper 33).

DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F.; PAIM, L. R.; SCALON, S. P. Q. **Desenvolvimento de plantas de Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água**. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 0, 20 Dez 2012.

FAGERIA, V.D. **Nutrient interactions in crop plants**. *Journal of Plant Nutrition*, Jefferson, v.24, p.1269-1290, 2001.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Faostat (2014) – Produtividade Mundial Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acessado em. 30/01/2017.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. **Classificação de tomate cereja em função do tamanho e peso dos frutos**. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n. 2, Brasília, 2007

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, 2008, 402 p.

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

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: Gotejamento e Microaspersão**. Maringá: UEM, 2012. 356p.

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; PEREIRA, A. B. **Balço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro**. *Bragantia*, Campinas, v. 60, n. 2, p. 139–147, 2001.

GOELLNER, C. **O Uso da Água e a Agricultura**. 2004, [S.l.]: UPF, 2004. Passo fundo. Disponível em: <<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsair/e/repindex/rep84/vleh/fulltext/upf2004/Goellner.pdf>>. Acesso em: 6 mar 2017.

GONÇALVES, R. F. **Uso Racional da Água em Edificações**, 2006. Rio de Janeiro: Abes. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/...de.../prosab5_tema_5.pdf. Acesso em: 03 maio 2017

Grossi, M. L. R., Lanzoni, M. P. A., Matteuzzi, D., R. B. (2013). **A portable sensor with disposable electrodes for water bacterial quality assessment**. *Sensors Journal*. **13** (5): 1775–1782. Doi: 10.1109/JSEN.2013.2243142 2013.

HESPAHOL, I. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos**. *Revista estudos avançados*, São Paulo, V. 22, n 63, p. 131-158, 2008

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola . Acessado em: 17 de MAR. de 2017. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/>.

JIMÉNEZ, B.; ASANO, T. Water reclamation and reuse around the world. In: JIMÉNEZ, B.; ASANO, T. **Water Reuse: An International Survey of Current Practice, Issues and Needs**. London: IWA Publishing, 2008. P. 3-26.

KLOSS, V. D. O. **A governança dos recursos hídricos no Brasil colocada à prova em situação de escassez: um estudo de caso**. Rio de Janeiro. 2015. 112 f. Dissertação (mestrado em Governança, tecnologia e sustentabilidade), Escola de Direito do Rio de Janeiro –FGV

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha. Verlag Justus Perthes. 1928. Wallmap, 150 x 200 cm.

KORNDORFER, G. H. Elementos Benéficos. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa – MG, 2006. Cap. XIV, p.355-374.

KRAMER, P. J., BOYER, J. S. **Water retention of soils**. San Diego. Academic Press, 1995. 497 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MMA/ANA, Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas. GEO Brasil - Recursos Hídricos: Componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil, 2007. MMA, ANA, Brasília, 264 p

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e práticas**. Viçosa: UFV, 2006. 318 p

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPQ, 1996. 72 p.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **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.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; SOUSA, V. F. **Manejo da água de irrigação**. p. 157-232, 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/913636/manejo-da-agua-de-irrigacao>>. Acesso em: 01 maio 2017.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C. **Irrigação do Tomateiro para Processamento**. Circular Técnica 102. Embrapa Hortaliças. Brasília- DF, Março, 2012.

MARSHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press 1995. 889 p.

MARTINS, G. **Produção de tomate em ambiente protegido**. In: Encontro Nacional de Produção e Abastecimento de Tomate, 2, 1991, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP, p.219-230, 1991.

MARTINS, G. **Uso de casa de vegetação com cobertura plástica na tomaticultura de verão**. 1992. 65 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MAAS, E. V. Crop salt tolerance. In: Tanji, K. K. ed. **Agricultural salinity assessment and management manual**. New York: ASCE. p. 262-304, 1990.

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

NASCIMENTO, A. K. S.; FERNANDES, P. D.; SUASSUNA, J. F., OLIVEIRA, A. C. M.; SOUSA, M. S. S.; NOBRE, J. G. **Tolerância de genótipo de citros ao estresse hídrico na fase de porta enxerto**. Irriga Botucatu, Edição especial, p. 438-452, 2012.

NUVOLARI, A. Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, **Tratamento e Reúso agrícola**. Editora Edgard Blucher. São Paulo, 2003, 520 p.

OMS - Organização Mundial da Saúde. 2,5 bilhões de pessoas não têm acesso a saneamento básico em todo o mundo, alerta ONU, 2014. Acesso em: 17 mar de 2017. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/25-bilhoes-de-pessoas-nao-tem-acesso-a-saneamento-basico-em-todo-o-mundo-alerta-onu>

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PIRES, R. C. M.; ARRUDA, F. B.; FOLEGATTI, M. V. **Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação**. In: MIRANDA, J. H. PIRES, J. C. M. (Ed). Irrigação. Piracicaba: Funep, 2001, (Série Engenharia Agrícola, 1).

QUEIROZ, C. S. **A importância crescente do reúso da água no Brasil e no mundo**. Engenharia G25, 2015. Disponível em: http://www.brasilengharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao625/palavra_625_04.pdf. Acesso em: 20 mar. 2017

RADIN, B. **Eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 124 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

RAIJ, B. VAN., ANDRADE, J. C., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Instituto Agrônomo, Campinas, 2001, 285 P.

REGO, J. L.; OLIVEIRA, E. L. L.; CHAVES, A.F. ; ARAUJO, A. P. B.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, A. B.; MOTA, S. **Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, p. 155-159

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.1378-1384, 2009.

SAUSEN, T. L. **Respostas fisiológicas de Ricinus communis à redução na disponibilidade de água no solo**. 2007. 61 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SELEGUINI, A. e colab. **Processing tomato hybrids cultivation in protected environment and in open field**. Científica, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 80–87, 2007.

SENTELHAS, P. C.; FOLEGATTI, M. V. **Class-A pan coefficients (Kp) to estimate daily reference evapotranspiration (ET_o)**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 7, n. 10, p. 111-115, 2003.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A. **Sap pressure in vascular plants.** *Science, Washington*, v. 148, n. 3668, p. 339-346, Apr. 1965.

SILVA, E.L. et al. **Manejo de irrigação das principais culturas.** UFLA: FAEPE, 2000. 85p.

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

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

SOUSA, W. J.; DUARTE, S. N. **Água Residuária: Tratamentos e aplicações em áreas agrícolas.** Piracicaba: FEALQ, 2014, 197 P.

SOUZA, J.L. **Tomate para mesa em sistema orgânico.** Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.24, n.219, p.109-120, 2003.

SOUSA W. J.; DUARTE, S. N. **Água Residuária: Tratamentos e Aplicações em Áreas Agrícolas.** Piracicaba: Editora FEALQ, 2014. 197 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TAVARES, V. E. **Sistema de Irrigação e Manejo da Água na Produção de Sementes.** 2007. 182 f. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia na produção de sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas – RS.

TRANI, P. E.; KARIYA, E. A.; HANAI, S. M.; ANBO, R. H.; BASSETTO JUNIOR, O. B.; PURQUERIO, L. F. V.; TRANI², A. L. **Calagem e Adubação do Tomateiro de Mesa.** *Boletim técnico IAC*, n. 215, 2015.

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