

SAMUEL MARCUS MONTARROYOS MALHEIROS

**USO DE EFLUENTE PROVENIENTE DE UMA INDÚSTRIA DE SORVETE
NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE TOMATE CEREJA**

Recife

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

USO DE EFLUENTE PROVENIENTE DE UMA INDÚSTRIA DE SORVETE
NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE TOMATE CEREJA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração: Engenharia de água e solo.

Orientador: Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva

RECIFE
Julho de 2011

Ficha Catalográfica

M249u Malheiros, Samuel Marcus Montarroyos
Uso de efluente proveniente de uma indústria de sorvete no cultivo hidropônico de tomate cereja / Samuel Marcus Montarroyos Malheiros. -- 2011.
78 f.: il.

Orientador (a): Ênio Farias de França e Silva.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 2011.
Referências.

1. Água – Reutilização 2. *Lycopersicon esculentum* 3. Salinidade
4. Solução nutritiva 5. Nutrição mineral I. Silva, Ênio Farias de França, Orientador II. Título

CDD 630

SAMUEL MARCUS MONTARROYOS MALHEIROS

**Uso de Efluente Proveniente de uma Indústria de Sorvete no Cultivo Hidropônico
de Tomate Cereja**

Dissertação defendida e aprovada em 30 de Julho de 2011 pela Banca Examinadora:

Orientador:

Dr. Ênio Farias de França e Silva

DTR-UFRPE

Examinadores:

Dr. Mário Monteiro Rolim

DTR - UFRPE

Dr. Pedro Robinson Fernandes de Medeiros

DTR - UFRPE

Dr. Tales Miler Soares

CCAAB/UFRB

AGRADECIMENTOS

A Deus seja dado todo o meu louvor e a minha gratidão por ter me proporcionado chegar até aqui;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – Departamento de Tecnologia Rural;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de ingresso no curso de Mestrado;

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa;

Ao Professor Dr. Ênio Farias de França e Silva, pela orientação e amizade construída;

Ao Professor Mário Monteiro Rolim pela disponibilização do laboratório em horário ilimitado;

Aos professores Egídio Bezerra Neto, Levy Paes Barreto e Lilia Gomes Willadino pela atenção e contribuição para uso de equipamentos;

Aos Professores Anamaria de Sousa Duarte e Mário Monteiro Rolim pelas contribuições fornecidas na apresentação do projeto de pesquisa;

À professora Cristiane Guiselini e ao mestrando Rafael José pelo fornecimento dos dados climatológicos;

À Professora Elvira Maria Regis Pedrosa pelas orientações estatísticas;

A toda minha família em especial meus Pais: Pedro Costa Malheiros e Lydia Montarroyos Malheiros (em memória); e a minha tia Mirian Montarroyos;

À minha namorada Tafnes da Silva Andrade e toda sua família;

Ao bolsista de iniciação científica Ítalo Albuquerque Martins de Lima e ao Doutorando Alexandre Nascimento dos Santos pelas valiosas contribuições;

Aos amigos de curso: Sonyvagno, Thais, Tarciana e Marcela, pelos bons momentos vividos;

Ao Professor Pedro Robinson Fernandes de Medeiros pelas sugestões apresentadas para dissertação;

Aos professores, funcionários e colegas de pós-graduação pela convivência e amizade;

E a todos que ajudaram de forma direta ou indireta para que este trabalho fosse concretizado.

À minha mãe, Lydia Montarroyos Malheiros

(*In memoriam*) pelo carinho, amor e cuidado,

DEDICO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variação da temperatura (A) e umidade relativa do ar (B) no interior da casa de vegetação	34
Figura 2. Parcelas experimentais	35
Figura 3. Poda da gema apical.....	38
Figura 4. Condutividade elétrica das soluções nutritivas em função das diferentes concentrações de efluentes	39
Figura 5. Consumo hídrico de tomate cereja hidropônico em função das diferentes doses de efluente	41
Figura 6. Matéria fresca (A) e massa seca (B) da parte aérea do tomate cereja em função de diferentes concentrações de efluente	42
Figura 7. Comparação no crescimento entre o T6 (A) com o T2 (B), 30 DAT	43
Figura 8. Matéria seca da raiz do tomate cereja em função de diferentes concentrações de efluente	44
Figura 9. Massa fresca dos frutos (A), massa do fruto seco (B) e número de frutos (C) em função de diferentes concentrações de efluente adicionados a solução nutritiva.....	45
Figura 10. Deficiência de cálcio: morte da gema apical (A) e podridão estilar nos frutos (B).46	
Figura 11. Eficiência de uso de água na produtividade de massa seca parte aérea (A) e produtividade (B) em função de diferentes concentrações de efluente adicionado a solução nutritiva.....	48
Figura 12. Área experimental	59
Figura 13. Transplântio de tomate cereja 30 dias após a semeadura.....	60
Figura 14. Técnica dos tubos múltiplos: coleta de frutos (A), preparo dos extratos (B), diluição seqüencial (C), incubação (D) e resultado + ou – através da produção ou não de gás (E).....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas e químicas da água de abastecimento e do efluente industrial nas diferentes fases de cultivo	36
Tabela 2. Composição da recomendação quantitativa dos nutrientes para as distintas fases do ciclo da cultura do tomate.....	37
Tabela 3. Contraste entre a solução comercial (SC) e os tratamentos com doses de efluentes sobre o consumo hídrico, MFPA, MSPA, MSR, MFF, MFS e NF.....	47
Tabela 4. Características físicas e químicas da água e do efluente.	61
Tabela 5. Composição da solução nutritiva para cultivo de tomate cereja hidropônico	62
Tabela 6. Contraste entre a solução nutritiva e teores de nitrogênio na raiz, na parte aérea e nos frutos das plantas testemunha (SC) e das plantas cultivadas com efluente de sorvete.	65
Tabela 7. Contraste entre a solução nutritiva e teores de fósforo na raiz, na parte aérea e nos frutos das plantas testemunha (SC) e das plantas cultivadas com efluente de sorvete.....	66
Tabela 8. Contraste entre a solução nutritiva e teores de potássio na raiz, na parte aérea e nos frutos das plantas testemunha (SC) e das plantas cultivadas com efluente de sorvete.....	67
Tabela 9. Contraste entre a solução nutritiva e teores de cálcio na raiz, na parte aérea e nos frutos das plantas testemunha (SC) e das plantas cultivadas com efluente de sorvete.....	68
Tabela 10. Contraste entre a solução nutritiva e teores de magnésio na raiz, na parte aérea e nos frutos das plantas testemunha (SC) e das plantas cultivadas com efluente de sorvete.	69
Tabela 11. Contraste entre a solução nutritiva e teores de sódio na raiz, na parte aérea e nos frutos das plantas testemunha (SC) e das plantas cultivadas com efluente de sorvete.....	70
Tabela 12. Valores médios de parâmetros microbiológicos determinados no efluente	71
Tabela 13. Características microbiológicas de tomate cereja hidropônico coletado em diferentes tratamentos.....	71

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	10
OVERVIEW ABSTRACT	11
CAPÍTULO I	12
INTRODUÇÃO GERAL	13
REVISÃO DE LITERATURA.....	16
REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA	16
CULTIVO DE TOMATE.....	17
HIDROTONIA	18
EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DO TOMATE	20
QUALIDADE DA ÁGUA NA AGRICULTURA.....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
CAPÍTULO II - CONSUMO HÍDRICO E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO TOMATE CEREJA IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA DE SORVETE.....	29
RESUMO.....	30
ABSTRACT	31
INTRODUÇÃO	32
MATERIAL E MÉTODOS	33
LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	33
INFRAESTRUTURA EXPERIMENTAL.....	34
DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	35
CULTURA UTILIZADA E TÉCNICA DE CULTIVO.....	37
VARIÁVEIS ANALISADAS	39
ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	40
RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
EFEITO SOBRE O CONSUMO HÍDRICO	40
EFEITOS SOBRE OS PARÂMETROS AGRONÔMICOS.....	41
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA	48
CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
CAPÍTULO III - NUTRIÇÃO MINERAL E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO TOMATE CEREJA UTILIZANDO ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA DE SORVETE.....	53
RESUMO.....	54
ABSTRACT	55
INTRODUÇÃO	56
MATERIAL E MÉTODOS	58
LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	58
INFRAESTRUTURA EXPERIMENTAL.....	58

PRODUÇÃO DE MUDAS	60
TRATAMENTOS	60
PREPARO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS	61
CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	62
PARÂMETROS AVALIADOS	63
<i>Teores de nutrientes na raiz, parte aérea e frutos</i>	63
<i>Qualidade microbiológica nos frutos de tomate cereja</i>	63
ANÁLISE ESTATÍSTICA	64
RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
TEOR NUTRICIONAL DAS RAÍZES, DA PARTE AÉREA E DO FRUTO	65
<i>Nitrogênio</i>	65
<i>Fósforo</i>	66
<i>Potássio</i>	67
<i>Cálcio</i>	68
<i>Magnésio</i>	69
<i>Sódio</i>	70
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DO EFLUENTE	71
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DO FRUTO	71
CONCLUSÕES.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78

RESUMO GERAL

A agricultura é atividade que mais consome água e para suprir as plantas em situações de escassez à utilização de efluentes pode ser uma alternativa viável não só do ponto de vista do fornecimento de água, mas também para supri-las quimicamente com nutrientes. O tomate é a segunda hortaliça mais plantada e consumida no Brasil. Dentre os nutrientes essenciais, o potássio é o nutriente mais absorvido, seguido do nitrogênio e do cálcio. Porém, o cálcio quando em níveis deficitários pode provocar danos de até 50% na produção dos frutos. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a viabilidade e as implicações do uso de efluentes proveniente de uma indústria de sorvete no cultivo hidropônico de tomate cereja em alternativa a fertilizantes minerais solúveis. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pelo uso de doses de efluente (0, 25, 50, 75 e 100%) com complementação de nutrientes e com o uso de 100% de efluente sem complementação nutriente. As soluções nutritivas foram aplicadas durante todo o ciclo fenológico da cultura (126 dias), com a utilização da hidroponia tipo NFT com recirculação. Foi possível concluir que a água residuária proporcionou diferenças no consumo hídrico em função dos diferentes níveis de efluente adicionados na solução nutritiva. O tratamento com 25% com efluente proporcionou a melhor produtividade. A adição de até 50% de efluente de sorvete à solução nutritiva permite o cultivo de tomate cereja sem haver redução na produtividade, com melhor eficiência do uso da água na produção de matéria seca da parte aérea, produção de frutos e máxima substituição de minerais solúveis na solução nutritiva. Houve alteração na absorção de macronutrientes com o aumento da doses de efluente. Os frutos produzidos apresentaram níveis de coliformes bem abaixo do recomendado pelas normas sanitárias brasileiras.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, reúso de água, salinidade, solução nutritiva, nutrição mineral

OVERVIEW ABSTRACT

Agriculture is an activity that consumes the most water and plants to supply shortages in the use of wastewater can be a viable alternative not only in terms of water supply, but also to supply them chemically with nutrients. The tomato is the second most widely grown and consumed vegetables in Brazil. Among the essential nutrients, potassium is the nutrient most absorbed, followed by nitrogen and calcium. However, calcium when in deficit levels can cause damage of up to 50% in fruit production. The purpose of this study was to evaluate the feasibility and implications of the use of effluent from an ice cream industry in the hydroponic cultivate of the cherry tomatoes as an alternative to soluble fertilizer. The experimental design was completely randomized design with six treatments and four replications. The treatments included the use of effluent doses (0, 25, 50, 75 and 100%) with supplementation of nutrients and using 100% effluent without nutrient supplementation. The nutrient solutions were applied throughout the crop cycle (126 days) with the use of hydroponics NFT type with recirculation. It was concluded that the wastewater provided differences in water consumption because of the different levels of effluent added to the nutrient solution. Treatment with 25% with effluent provided the best productivity. The addition of up to 50% of ice cream to the effluent nutrient solution allows the cultivation of cherry tomatoes without reducing productivity, with improved efficiency of water use in dry matter production of shoots, fruit production and maximum replacement of soluble minerals in the nutrient solution. There were changes in the absorption of nutrients with increasing doses of effluent. The fruits produced showed coliform levels well below the standards recommended by the sanitary brazilian norms.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, water reuse, salinity, nutrient solution, mineral nutrition

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um país rico em disponibilidade hídrica, porém, devido à grande extensão territorial, existem áreas propensas à escassez de água, localizadas principalmente nas regiões áridas e semiáridas. A escassez de água em alguns municípios se deve à influência de alguns fatores como, baixa intensidade pluvial, elevada intensidade solar, elevada temperatura, elevadas taxas de evapotranspiração, solos arenosos com baixa capacidade de retenção, solos rasos e impermeáveis (BRASIL, 2010).

Diante da escassez de água, vários países têm utilizado efluentes sanitários na agricultura, com legislações específicas, fazendo parte de programas governamentais de irrigação e gestão de recursos hídricos. Dentre alguns países, a China destaca-se com a maior área irrigada, totalizando 1.330.000 ha, seguido pelo México com 250.000 ha. Em relação aos países que apresentam características edafoclimáticas semelhantes ao semiárido do Nordeste Brasileiro, Israel irriga 10.000 ha e Arábia Saudita possui 4.400 ha irrigados com efluente; Dentre os países localizados na América do Sul, a Argentina se destaca em primeiro lugar com 37.000 ha, seguida pelo Peru com 4.300 ha (BASTOS et al., 2003).

A fim de atender a demanda hídrica e nutricional das plantas, em parte ou na sua totalidade, a pesquisa tem utilizado águas residuárias para o cultivo de olerícolas, sendo possível obter produtividades semelhantes quando comparada com a adubação mineral, com destaque para a produção de melancia (REGO et al., 2005), alface (LIMA et al., 2005), pimentão (SOUSA et al., 2006) e tomate (SOUZA et al., 2010).

A existência de nutrientes minerais nos efluentes, quando provenientes de produtos lácteos, possibilita um grande potencial para adubação e aumento de produtividade das culturas agrícolas quando comparado com adubação mineral. Este ganho em produtividade é devido aos teores de macronutrientes existentes: N, 700; Ca, 900; Mg, 100; K, 1520; P, 500; S, 50 mg L⁻¹, respectivamente (GHEYI et al., 2003).

Em geral, os efluentes, mesmo após o tratamento, contêm elevados teores de íons, com destaque para cloreto e sódio. Muitos dos íons existentes nos efluentes são provenientes da dieta humana e do uso de produtos de limpeza (BASTOS et al., 2003).

A alta concentração de sais na solução nutritiva diminui o consumo hídrico, inibe o crescimento e diminui a absorção de nutrientes minerais das plantas, principalmente o nitrato, o potássio e o cálcio (PAGANINI, 2003).

Ao utilizar efluentes na agricultura, o ideal é utilizar culturas agrícolas tolerantes a salinidade, e que a parte comestível não tenha contato direto com o efluente, devido ao risco de contaminação por microrganismos.

Dentre as hortaliças de fruto, o cultivo de tomate hidropônico em ambientes protegidos, não apresenta riscos de contaminação, uma vez que a solução nutritiva é aplicada diretamente no sistema radicular e os frutos não têm contato direto com o efluente, pois as plantas são tutoradas. Outro fator que contribui para o cultivo de tomate, irrigado com efluente, é a sensibilidade moderada à salinidade (MARQUES, et al., 2003).

Do ponto de vista nutricional, o potássio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo tomateiro, seguido pelo nitrogênio, cálcio, enxofre, fósforo e magnésio (GARGANTINI & BLANCO, 1963).

Os efluentes gerados pelas industriais de sorvetes apresentam macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e elementos benéficos (Na e Cl) importantes para o crescimento e produtividade das plantas. Portanto, a utilização de efluentes na agricultura é uma alternativa viável para adubação e disponibilidade hídrica para as plantas.

Logo, o presente trabalho teve como hipóteses:

Hipótese I - O uso de efluentes da indústria de sorvete, como fonte alternativa de nutrientes, poderá substituir, em parte ou totalmente, a solução nutritiva comercial devido à existência de nutrientes, principalmente o cálcio;

Hipótese II – Há redução na produtividade de tomate cereja com o aumento da salinidade na solução nutritiva;

Hipótese III – O aumento da salinidade da solução nutritiva faz com que o tomate acumule os nutrientes em diferentes partes da planta; e

Hipótese IV – O cultivo com efluente tratado possibilita produzir frutos com qualidade microbiológica satisfatória.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo geral verificar a viabilidade e suas implicações do uso de efluente proveniente de indústria de sorvete no cultivo de tomate hidropônico, em alternativa a fertilizantes minerais solúveis. Os objetivos específicos foram: avaliar o consumo hídrico; a eficiência do uso da água; os aspectos agronômicos (massa da matéria fresca e seca da parte aérea e do fruto; massa da matéria seca das raízes; e número de frutos); avaliar a composição química de nutrientes na raiz, na parte aérea e nos frutos; e avaliar a qualidade microbiológica dos frutos de tomate cereja.

Essa dissertação está estruturada em três capítulos, além desta introdução: o capítulo I trata do embasamento científico constatado em bibliografias especializadas, o capítulo II é referente ao consumo hídrico e o aos parâmetros agronômicos e o capítulo III foi desenvolvido com o intuito de avaliar a nutrição mineral e a qualidade sanitária dos frutos de tomate cereja.

REVISÃO DE LITERATURA

Reúso de água na agricultura

O Brasil é um país com grande disponibilidade hídrica. Porém, devido à grande extensão territorial e a existência de diferentes ecossistemas, com características climatológicas diferentes, possibilita a existência de regiões como a Amazônica, com 80% da disponibilidade de água doce, enquanto que a Região Nordeste possui apenas 3,3% de água doce (PAZ et al., 2000). Para atenuar a escassez hídrica, sobretudo na região compreendida pelo semiárido, as precipitações pluviais variam entre 400 a 800 mm ano⁻¹ e muitos rios apresentam regime de temporalidade, devido à ausência de precipitações pluviais nas cabeceiras dos rios (REBOUÇAS, 2004).

A agricultura é a atividade que mais consome água, totalizando uma exigência de 70% das águas superficiais do planeta para atender a demanda hídrica das plantas. O Brasil atualmente irriga três milhões de hectares, representando 5% das terras agricultáveis, porém, com a expansão das fronteiras agrícolas poderá irrigar 30 milhões de hectares (CHRISTOFIDIS, 2002).

Para amenizar a escassez de água na agricultura, a reutilização de águas é uma ótima alternativa, pois, além de economizar e otimizar os recursos hídricos para outras atividades possibilita produzir alimentos e fixar o trabalhador rural no campo.

Do ponto de vista agrônomo, a aplicação de efluentes sanitários possibilita diversas vantagens, dentre as quais, constitui uma prática de reciclagem proporcionando alívio na demanda e preservação da oferta de água; fonte de nutrientes para as plantas, podendo proporcionar economia significativa de insumos; aumento da produção de alimentos, recuperação de áreas improdutivas e ampliação de áreas irrigadas; preservação e proteção do meio ambiente, minimizando o lançamento de efluentes em cursos de águas naturais, prevenindo a poluição, contaminação e eutrofização das águas superficiais (FLORENCIO et al., 2006).

Para minimizar o efeito da poluição e, conseqüentemente, a eutrofização dos corpos hídricos é necessária a adoção de tratamento nas estações de esgoto. Lima et al. (2005) ao utilizarem como métodos de tratamento, decantador seguido de reator UASB e lagoa de polimento, possibilitaram redução para nitrogênio amoniacal de 38,54 mg L⁻¹ para 4,62 mg L⁻¹, devido à formação de amônia na forma volátil. Para atender aos

padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos receptores, o teor de nitrogênio total deve ser de no máximo 20 mg L⁻¹ de N (CONAMA, 2005).

A utilização de efluentes na agricultura, com ênfase na hidroponia, poderá causar alguns impactos com destaque para, salinização das soluções nutritivas, contaminação por metais pesados e contaminação microbiológica (BASTOS et., 2003).

A salinidade existente nos efluentes é quantificada pela existência de sais solúveis e atribuída principalmente à existência de sódio e cloreto, porém, a presença de outros cátions e ânions contribui para aumentar a salinidade (PAGANINI, 2003).

Quanto aos metais pesados, em geral não ocorre contaminações devido às baixas concentrações desses elementos nas águas residuárias; e quanto à contaminação microbiológica, a utilização de técnicas de esterilização (cloração, raio ultravioleta e alcalinização) reduz drasticamente a existência de microrganismos patogênicos, entretanto, a utilização de efluentes na agricultura, sobretudo para culturas agrícolas nas quais a parte comestível tenha contato direto com efluentes, sempre foi marcada por riscos relacionados à saúde pública. A existência de altas densidades de microrganismos patogênicos pode causar doenças (SANTOS, 2007).

A irrigação de plantas com água residuária deve ser pautada por alguns fatores como o tipo de irrigação a ser utilizados, o grau de tolerância a salinidade e a exposição da parte comestível ao efluente. Dentre as técnicas de irrigação utilizadas para aplicar efluentes, a irrigação localizada possibilita aplicar lâminas diretamente nas raízes, evitando o molhamento superficial das plantas.

Cultivo de tomate

No Brasil, o cultivo de tomate agrega alto valor comercial, resultando o plantio em 60.292 ha e uma produção de 3,7 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2009), sendo representado pelos grupos caqui, salada, Santa Cruz, Italiano e Cereja (ALVARENGA, 2004).

Em termos de produção e consumo ocupa a segunda posição dentre as hortaliças, sendo plantado na maioria das unidades federativas do Brasil; a maior parte da colheita destina-se à mesa e o restante para a agroindústria (FILGUEIRA, 2003).

A fim de atender novos mercados, variedades de tomate do grupo cereja foram introduzidas no início da década de 1990. As plantas apresentam crescimento indeterminado, ou seja, produzem folhas e frutos ao mesmo tempo; frutos com peso

unitário de 15-25g e pencas (cachos) com 20-40 frutos dependendo da variedade. O tomate cereja é muito apreciado na culinária por apresentar frutos mais adocicados, em virtude do maior teor °brix quando comparados com o tomate comum (FILGUEIRA, 2008).

Quando plantado em clima tropical úmido pode resultar em perdas de produtividade, principalmente quando associado às temperaturas excessivas prejudicando a frutificação e o pegamento dos frutos; baixas temperaturas podem retardar a germinação, a emergência da plântula e o crescimento vegetativo; temperaturas elevadas inibem a coloração; elevada umidade do ar pode favorecer a ocorrência de doenças fúngicas e bacterianas (ALVARENGA, 2004).

Como alternativa para minimizar o efeito das condições edafoclimáticas desfavoráveis, o cultivo em ambiente protegido vem sendo bastante utilizado, pois possibilita um melhor controle da luminosidade, da umidade relativa e da temperatura, possibilitando maiores produtividades e o cultivo durante todo o ano (CARVALHO et al., 2004).

Hidroponia

A hidroponia é um método de cultivo de plantas em que não utiliza solo e emprega-se somente água e solução nutritiva. Este tipo de cultivo ocorre em função da disponibilidade de nutrientes essenciais dissolvidos na água e quando ausentes, as plantas não completam seu ciclo de vida (TEIXEIRA, 1996).

Dentre as vantagens da utilização da hidroponia quando comparadas com outras técnicas de irrigação, destacam-se: produção próxima ao centro consumidor; uso de pequeno volume de água; menor consumo de fertilizantes; redução no ciclo da cultura; boa qualidade e preço do produto; produção fora de época; e maior produtividade (BEZERRA NETO & BARRETO, 2000; MARTINEZ, 1999).

Dentre as principais limitações impostas à utilização de efluentes na hidroponia, destaca-se a inexistência no controle dos nutrientes ao longo dos estágios de crescimento das plantas, podendo acarretar toxidez e deficiência nutricional; e consequentemente limitações agrícolas (MELO et al., 2003).

A taxa de crescimento de uma espécie vegetal, cultivada em hidroponia, é em função da concentração mínima de nutrientes na solução nutritiva (ADAMS, 2004). A principal limitação imposta à utilização de efluentes na hidroponia está na eminência de

alguns efluentes possuir íons em quantidade superior ao exigido pela cultura, podendo resultar em deficiência nutricional ou toxidez para as plantas (MELO et al., 2003).

Dentre as formas de aplicação, a solução nutritiva pode ser fornecida por fluxo laminar, contínuo ou intermitente, de nutrientes (NFT). O sistema NFT tem grande aceitação em cultivos comerciais e o seu funcionamento consiste na recirculação da solução nutritiva em um ambiente fechado.

Para suprir a demanda de água nos cultivos hidropônicos, alguns autores sugerem as seguintes recomendações para o cultivo de tomate: 1 a 5 L de solução por planta, com vazão de $5,0 \text{ L min}^{-1}$ (FURLANI et al., 1999); 4 a 8 L de solução por planta e vazão de 5 a 8 L min^{-1} (MARTINEZ, 1999); ou no mínimo 4 L de solução por planta (TEIXEIRA, 1996).

A fim de suprir as plantas com água, nutrientes e oxigenação, Resh (1987) recomenda intervalos de irrigação de 15 minutos durante o dia enquanto no período noturno o sistema deve ser ligado duas a três vezes em intervalos espaçados.

Na condução de um sistema hidropônico para tomate, alguns fatores devem ser controlados dentro de faixas pré-estabelecidas para que as plantas possam crescer e se desenvolver de forma adequada, tendo como principais variáveis: temperatura (faixa ideal 18 a $24 \text{ }^\circ\text{C}$ no verão e de 13 a $16 \text{ }^\circ\text{C}$ no inverno), oxigênio ($5 \text{ a } 8,6 \text{ mg L}^{-1}$), condutividade elétrica (4 dS m^{-1}) e pH (5,5 a 6,5) (NETO & ZOLNIER, 2010).

É comum haver uma variação no pH das soluções nutritivas devido à absorção diferenciada de cátions e ânions pelas plantas. Em pH abaixo de 4 ocorrem danos às membranas celulares das raízes, podendo resultar em perdas de nutrientes; quando o pH está acima de 7 ocorre restrições na disponibilidade de micronutrientes e fósforo. Portanto, o acompanhamento deve ser constante durante o ciclo (TEIXEIRA, 1996).

O pH pode interferir na solubilidade dos elementos minerais, no equilíbrio oxidação-redução, na forma iônica de vários elementos e conseqüentemente no desenvolvimento das plantas. Elementos como Fe, Cu, Mn, Zn e Al têm suas disponibilidades reduzidas com elevação do pH. Os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) juntamente com B, Mo e Cl, têm suas disponibilidades aumentadas e atingem a disponibilidade máxima quando o pH está neutro. Contudo, valores de pH na faixa alcalina, elementos como N, P, B e S têm suas disponibilidades reduzidas. A influência do pH sobre as raízes das plantas, tem um enfoque mais específico nas membranas transportadoras de íons de células epidérmicas e corticais (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Ao preparar as soluções nutritivas alguns cuidados devem ser tomados, como: evitar a mistura de sais de cálcio com sulfatos e fosfatos, devido à eminente formação de compostos insolúveis, podendo resultar em formas precipitadas e conseqüentemente, menor aproveitamento dos fertilizantes e riscos de entupimento (NETO & ZOLNIER, 2010). Teixeira (1996) recomenda que a quantidade de nitrogênio amoniacal na solução não deve ultrapassar 10-20% do total de nitrogênio recomendado, pois, com as reações de nitrificação, poderá provocar um abaixamento do pH, afetando diretamente o desenvolvimento radicular e a disponibilidade de nutrientes.

Os sais de ferro sofrem grande variação. Quando na forma bivalente (Fe^{+2}) apresenta uma constante de estabilidade muito baixa e quando na forma trivalente (Fe^{+3}), após a dissociação, são reduzidos a tal ponto de estarem pouco solúveis, logo o ferro é adicionado como quelato. O agente quelatizante aprisiona o ferro na sua estrutura e impede a precipitação (MARTINEZ, 1999).

Exigências nutricionais do tomate

O tomateiro concentra em ordem prioritária os nutrientes nas folhas, seguido pela raiz, caule e frutos (LIPTAY & AREVALO, 2000).

A distribuição dos nutrientes é influenciada pelo grau de mobilidade, existindo nutrientes classificados como móveis (NO_3 , NH_4 , P, K e Mg), de mobilidade moderada (S, Mn, Zn, Cu e Mo) e os imóveis (B, Fe e Ca) (EPSTEIN & BLOOM, 2006). O conhecimento da mobilidade dos nutrientes torna mais fácil o reconhecimento de sintomas de deficiência nas plantas.

Em cultivos de tomate, a deficiência de cálcio associada a condições desfavoráveis de temperatura elevadas (32 °C) e umidade relativa (acima de 70%) contribui para a ocorrência de distúrbios fisiológicos, como: morte de meristema apical; podridão apical nos frutos; bifurcação do racimo; abortamento de flores; frutos rachados e defeituosos; escurecimento de frutos; maturação irregular dos frutos; lóculo aberto e rachaduras no caule, comprometendo a produção do tomate (CARVALHO et al., 2004).

A absorção de nutrientes pelo tomate em ambiente protegido pode variar em função da espécie, da idade e da parte da planta. Os macronutrientes essenciais absorvidos em ordem decrescente, são: K, N, Ca, S, P e Mg (GARGANTINI & BLANCO, 1963). Dentre os micronutrientes, o acúmulo na parte aérea em ordem decrescente é representado por Cu, Mn, Fe, e Zn (FAYAD et al., 2002). Silva (1999)

exemplifica teores ideais, nas folhas de tomate, com os seguintes macronutrientes em (g Kg^{-1}) 40-60 de N; 4-8 de P; 30-50 de K; 14-40 de Ca; 4-8 de Mg; e 3-10 de S. Para os micronutrientes, os teores ideais em (mg Kg^{-1}) são: 30-100 de B; 5-15 de Cu; 100-300 de Fe; 50-250 de Mn; 0,4-0,8 de Mo; e 30-100 de Zn.

Quanto ao efeito dos macronutrientes na cultura do tomateiro, o nitrogênio contribui para o crescimento vegetativo. Quando em níveis deficientes ocasiona crescimento retardado das plantas, as folhas mais velhas tornam-se verde-amareladas, os botões florais amarelecem e caem (FURLANI, 2004); porém, quando aplicado em excesso forma frutos ocos e com podridão apical (GUIMARÃES, 1998).

O fósforo favorece o sistema radicular e estimula o engrossamento da haste e promove abundância de florescimento, estimula a frutificação, eleva a produtividade, aumenta o tamanho do fruto, a precocidade e o período da colheita. A deficiência de fósforo resulta em taxa de crescimento reduzida, com folhas velhas adquirindo coloração arroxeada; o potássio é o nutriente mais extraído pelo tomateiro, e possibilita hastes mais lenhosas e resistentes, aumenta a resistência a certas doenças, mas quando aplicado em excesso desequilibra a relação com outros nutrientes podendo ocasionar a podridão-apical (FILGUEIRA, 2003).

Quando em níveis deficientes de potássio, o crescimento se torna lento, as folhas novas afinam e as velhas apresentam amarelecimento nas bordas, evoluindo para lesões amarronzadas e necrosadas, afetando também a produtividade, uma vez que ocasiona a queda de frutos novos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A deficiência de cálcio é muito comum nas áreas produtoras de tomate, sendo o principal sintoma de deficiência a ocorrência nos frutos com podridão estilar ou “fundo preto”, afetando a qualidade, uma vez que torna flácidos os tecidos das extremidades dos frutos e posteriormente evolui para uma necrose deprimida, seca e negra; deformações nas folhas novas e morte dos pontos de crescimento. Os principais fatores que contribuem para a deficiência de cálcio nas plantas são a irregularidade no fornecimento de água, principalmente durante o florescimento e crescimento dos frutos; altos níveis de salinidade; uso de cultivares sensível; altos teores de nitrogênio, enxofre, magnésio, potássio, cloro e sódio nas soluções nutritivas; pH baixo; utilização de altas doses de adubos potássicos e nitrogenados; e alta taxas de crescimento e transpiração (SILVA et al., 2006).

O magnésio mantém a coloração verde da parte aérea por atuar na clorofila e quando apresenta deficiência é muito comum a ocorrência de descoloração das margens

dos folíolos mais velhos, que progride em direção a área internerval, permanecendo verdes as nervuras. Em deficiências mais severas, as áreas até então amareladas progridem para necrosadas (FILGUEIRA, 2003).

As plantas de tomate com sintomas de deficiência em enxofre apresentam sintomas semelhantes ao nitrogênio, tendo como particularidade a deficiência em folhas novas; e caule lenhoso, duro e com pequeno diâmetro (MALAVOLTA et al., 1989).

Qualidade da água na agricultura

Além das exigências nutricionais, outros fatores podem interferir na produtividade das plantas de tomate, como a qualidade da água utilizada para fins de irrigação (MARTINEZ, 2002). Dentre as principais características que restringem o uso da água quando destinada à irrigação, destacam-se a salinidade; a proporção relativa de sódio em relação aos demais sais; a concentração de elementos tóxicos; a concentração de bicarbonatos e os aspectos sanitários (BERNARDO et al., 2006).

A existência de um determinado íon pode aumentar ou diminuir a absorção de outros íons resultando em reações antagônicas, inibitórias e de sinergismo. O antagonismo acontece quando a presença de um elemento pode eliminar o efeito tóxico de outro elemento; a inibição promove diminuição na absorção de elementos devido à existência de concentrações elevadas de outro elemento, com destaque para relações competitivas pelo mesmo sítio de absorção com: K x Mg, Ca x K, Ca x Mg, assim como ações não competitivas, quando os elementos químicos não se prendem ao mesmo sítio do carregador, tendo como casos mais frequentes com N x Mg, N x B, P x Cu, P x Fe, P x Mn e P x Zn; e o sinergismo ocorre quando a presença de um elemento aumenta a absorção de outro, com destaque para: Ca x cátions, Mg x P e B x Zn (MALAVOLTA, 2006).

A depender do quantitativo de sódio pode haver uma competição com outros nutrientes por sítios de absorção, causando deficiências de nutrientes, como potássio, cálcio e magnésio (LEVITT, 1980). As ocorrências de altas concentrações de bicarbonatos podem proporcionar a precipitação de cálcio e magnésio, sob a forma de carbonatos reduzindo as concentrações de ambos os elementos na solução nutritiva (BERNARDO et al., 2006). A depender dos nutrientes minerais existentes na solução pode resultar em complexação, precipitação ou competição entre os íons. Carvalho et al. (2004) relatam que altas doses de NH_4 reduzem a absorção de Ca e K, e quando o NO_3

está em maiores concentrações contribui para elevar o pH, alterando a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, afetando o crescimento e a produtividade das plantas

Alguns parâmetros são elencados quando se quer classificar uma água para fins de irrigação (nenhuma restrição, moderada restrição e severa restrição) com destaque para os níveis de condutividade elétrica; níveis de pH, CE, Ca^{+2} , Relação de Absorção de Sódio, Mg^{+2} , Na^+ , Fe^{+2} , HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , B e N (KEMIRA, 2004).

Além dos parâmetros físico-químicos, uma água é de boa qualidade quando apresenta baixas concentrações de microrganismos patogênicos. Marouelli et al. (2001) recomendam como limites máximos de coliformes totais e fecais no cultivo de tomate 1000 e 200 para cada de 100 mL, respectivamente.

Não existe na literatura especializada uma classificação específica para águas residuárias. A água é um solvente universal e dependendo do uso a ser dado irá apresentar características físicas, químicas e microbiológicas diferentes. Sendo assim, a utilização de pesquisas direcionadas para o reúso de águas no cultivo de tomate hidropônico possibilitará verificar o impacto sobre a nutrição mineral, a produtividade e a qualidade microbiológica, podendo ser uma alternativa parcial ou total na substituição dos fertilizantes químicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, P. **Aspectos de la nutrición mineral en cultivos sin suelo em relación al suelo**. In: GAVILÁN, M. U. Tratado de cultivos sin suelo. Madrid, Spain: Ed. Mundi-Prensa, 2004. 913 p.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2009. 497p.

ALVARENGA, M. A. R. Exigências climáticas. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, p. 31-36, 2004.

BASTOS, R. K. X.; ANDRADE NETO, C. O.; FILHO, B. C.; MARQUES, M. O. Disposição no solo como método de tratamento, reciclagem ou destino final de esgotos sanitários. In: BASTOS, R. K. X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003. p. 1-22.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 625p.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Técnicas de hidroponia**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 2000. 88p.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro**. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/>, Acessado em: 04 de setembro de 2010.

CARVALHO, J. G.; BASTOS, A. R. R. B.; ALVARENGA, M. A. R.; SOUZA, R. A. M. Nutrição mineral e adubação. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, 2004, 400p.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica e a produção de alimentos. **Item**, Brasília, n.54, p.46-55, 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, 2005.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. Trad. Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Editora Planta. 2 ed. 403p. 2006.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n.1, p. 90-94, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003, 412 p.

FLORENCIO, L; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 427p.

FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY G. B. (Org.). **Fisiologia Vegetal**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 40-75, 2004.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Estruturas para o cultivo hidropônico. In: Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**, v.20, n.200/201, p. 72-80, 1999.

GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. **Bragantia**, v. 22, n. 56, p. 33-44, 1963.

GHEYI, E.O; FERREIRA, M.E; CRUZ, M.C.P. Resposta do capim Tanzânia a aplicação de soro ácido de leite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.6, p. 753-760, 2003.

GUIMARÃES, T. G. **Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio**. 1998. 184 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Viçosa, UFV, 1998.

LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stress**. Academic Press, New York: v.2, p-25-280. 1980.

KEMIRA, G. **Curso de química do solo, nutrição mineral e fertirrigação**. Campinas, 2004. CD-ROM.

LIMA, S. M. S.; HENRRIQUE, I. N.; CEBALLOS, B. S. O. de; SOUSA, A. J. T.; ARAÚJO, H. W. C. de. Qualidade sanitária e produção de alface irrigada com esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.21-25, 2005.

LIPTAY, A.; AREVALO, A. E. Plant mineral accumulation, use and transport during the life cycle of plants: a review. **Canadian Journal of Plant Science**, v.80, n.1, p.29-38, 2000.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 210p.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L.C.; MORETTI, C. L. **Gotejamento: opção para a irrigação do tomateiro para processamento nos Cerrados**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. (Folder da Embrapa Hortaliças).

MARQUES, M. O.; CORAUCCI FILHO, B.; BASTOS, R. K. X.; KATO, M. T.; LIMA, V. L. A. de; NETO, C. O. de A.; MENDONÇA, F. C. MARQUES, P. A. A.; MARQUES, T. A.; BELLINGIERI, P. H.; VAN HAANDEL, A. Uso de esgotos tratados em irrigação: aspectos agronômicos e ambientais. In: BASTOS, R. K. X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003. p. 61-116.

MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: Ed. UFV, 2002, 61 p.

MARTINEZ, H. E. P. Hidroponia. In: **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. Viçosa: MG, 5ª aproximação, 1999. 359p.

MELO, H. N. de; ANDRADE NETO, C. O. de; MENDONÇA, F. C.; MARQUES, M. O.; PIVELLI, R. P. Uso de esgoto tratado em hidroponia. In: BASTOS, R. K. X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003. p. 157-192.

NETO, A. J. S.; ZOLNIER, S. Preparo e manejo de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos e sem substrato. **Revista Plasticultura**, São Paulo, v.13, n. 12, 2010. p. 16-17.

PAGANINI, W. da S. **Reúso de água na agricultura**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. Reúso de água. Barueri, SP: Manole, p. 339-401, 2003.

PAZ, V. P. S.; Teodoro, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

REBOUÇAS, A. C. **Uso Inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora, 2004. 207p.

REGO, J. de L.; OLIVEIRA, E. L. L. de; CHAVES, A. F.; ARAÚJO, A. P. B.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, A. B. dos; MOTA, S. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p. 155-159, 2005.

RESH, H. M. **Cultivos hidropônicos**. Madrid: Mundi Prensa, 1987. 318p.

SANTOS, A. B. dos. **Avaliação técnica do sistema de tratamento de esgotos**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007. 206p.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. de B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. S. FRANÇA, F. H.; VILLAS BOAS, G. L. V.; BRANCO, M. C. MEDEIROS, M. A.; MAROUELLI, W. CARVALHO E SILVA, W. M.; LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, W. **Cultivo de tomate para industrialização**. **Embrapa hortaliças**, Sistemas de produção, 2ª Ed, dez./2006. (versão eletrônica).

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p. (Comunicação para transferência de tecnologia).

SOUSA, J. T. de; CEBALLOS, B. S. O. de; HENRRIQUE, I. N.; DANTAS, J. P.; LIMA, S. M. S. Reúso de água na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p. 89-96, 2006.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; FERREIRA, P. A. Parâmetros de crescimento de tomateiros produzidos com água residuária de suinocultura. **Engenharia Ambiental**, v.7, n.2, p. 97-109, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3a ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719 p.

TEIXEIRA, N. T. **Hidroponia: uma alternativa para pequenas áreas**. Guaíba: Agropecuária, 1996. 86p.

**CAPÍTULO II - CONSUMO HÍDRICO E CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS DO TOMATE CEREJA IRRIGADO COM ÁGUA
RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA DE SORVETE**

Consumo hídrico e características agronômicas de tomate cereja irrigado com efluente da indústria de sorvete

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de doses de efluente oriundo de indústria de sorvete na cultura do tomate cereja em relação ao consumo hídrico e no desenvolvimento vegetativo em sistema hidropônico. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pelo uso de doses de efluente (0, 25, 50, 75 e 100%) com complementação de nutrientes e com o uso de 100% de efluente sem complementação nutriente. O aumento das doses de efluente na solução nutritiva proporcionou redução linear no consumo hídrico. O efluente a 25% proporcionou a melhor produtividade. A adição de até 50% de efluente de sorvete à solução nutritiva permitiu o cultivo de tomate cereja sem redução na produtividade, com melhor eficiência do uso da água na produção de matéria seca da parte aérea, produção de frutos e máxima substituição de minerais solúveis na solução nutritiva.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, reúso de água, solução nutritiva, consumo hídrico, biometria

Water consumption and agronomic characteristics of cherry tomato irrigated with effluent ice cream industry

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effect of ice cream effluent doses on consumption and vegetative development of cherry tomato under hydroponic system. The experimental design was completely randomized with six treatments and four replications. Treatments consisted in different levels of effluent (0, 25, 50, 75 and 100%) complemented with the amount of nutrient recommended for growing tomatoes and 100% of effluent without nutrient complementation. Increasing doses of effluent provided linear reduction in water consumption. Addition up to 50% ice cream effluent to nutrient solution allowed cropping cherry tomato without and yield reduction providing better efficiency of water use in dry weigh of shoots and fruit production as well great substitution of soluble fertilizers in nutrient solution.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, water reuse, nutrient solution, water use efficiency, biometry

INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo de tomate agrega alto valor comercial, com uma área plantada de 60.292 ha e uma produção de 3,7 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2009). Em termos de produção e consumo ocupa a segunda posição dentre as hortaliças, sendo que a maior parte da colheita destina-se ao consumo in natura e o restante para a agroindústria (FILGUEIRA, 2008).

Devido à possibilidade do fruto do tomate ser consumido in natura, é que o produtor deve ter maior preocupação em relação à sanidade dos frutos, principalmente quando se utiliza água de baixa qualidade. O sistema hidropônico, do tipo NFT (fluxo laminar de nutrientes) demonstra ser ideal para produção de hortaliças com a utilização de águas de baixa qualidade, ou seja, na oportunidade de reúso de água proveniente de esgoto industrial, configurando assim mais uma vantagem dentre as diversas atribuídas a este tipo de sistema de cultivo.

Em alguns municípios brasileiros, sobretudo aqueles localizados em regiões com menor disponibilidade hídrica, a utilização de efluentes industriais na agricultura pode ser uma alternativa viável para minimizar os problemas da escassez hídrica, além de ser fonte de nutrientes e de matéria orgânica; possibilitando o uso em diversas culturas agrícolas, aumento de produtividade; alívio total ou parcial na utilização de outras fontes hídricas e diminuição do impacto ambiental, uma vez que os lançamentos de efluentes nos corpos hídricos podem ser minimizados (SOUZA et al., 2010).

O quantitativo de nutrientes existentes nos efluentes pode variar em função da origem. Os efluentes provenientes de indústria de sorvete, geram águas residuárias com características salinas, devido à utilização de salmoura no processo produtivo do sorvete, resultando em altos teores de íons como sódio e cloreto; bem como a existência de altos teores de cálcio derivado do leite.

A salinidade, existente nos efluentes, é quantificada pela existência de íons solúveis, sendo atribuída principalmente à existência de sódio e cloreto, porém, a presença de outros cátions e ânions contribui para aumentar a salinidade (PAGANINI, 2003). Dependendo do quantitativo de íons na solução, a salinidade ocasiona diminuição do consumo hídrico nas plantas (GOMES et al., 2011), inibição do crescimento (FREIRE et al., 2010) e alteração na absorção de nutrientes minerais (NAVARRO et al., 2003).

Em cultivos comerciais de tomate, é muito comum a ocorrência de deficiência de cálcio associado à salinidade, ocasionando frutos com podridão apical ou “fundo preto” (LOOS et al., 2008); necrose interna e morte da gema apical, originando perdas que podem atingir 50% da produtividade (FILGUEIRA, 2008). Para minimizar o efeito da salinidade, na inibição competitiva em plantas de tomate, a adição de cálcio na solução nutritiva tem diminuído o efeito maléfico do sódio (TUNA et al., 2007). Logo, o uso de efluentes proveniente de indústria de sorvete poderá minimizar a ocorrência de sintomas de deficiências bem como diminuir os custos de produção, devido à existência de cálcio.

Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o consumo hídrico e a produtividade do tomate cereja cultivado em sistema hidropônico submetido a doses crescentes de efluente proveniente de indústria de sorvete na formulação da solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização do experimento

O experimento foi conduzido no período de 22 de outubro de 2010 a 25 de fevereiro de 2011, em casa de vegetação localizada na área experimental do Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, cujas coordenadas geográficas são 08° 10' 52' de latitude sul e 34° 54' 47' de longitude oeste e altitude de 5 m. O clima de acordo com a classificação de Köppen é do tipo As (tropical úmido), com precipitação pluvial e temperatura média anual de 1750 mm e 24 °C, respectivamente. O mês mais quente do ano possui registro máximo de temperatura de 29,9 °C, representado pelo mês de fevereiro, enquanto a temperatura mínima de 19,2 °C ocorre no mês de agosto (LAMEPE, 2011). Na Figura 1, apresenta-se o monitoramento climático no interior da casa de vegetação para o período do experimento.

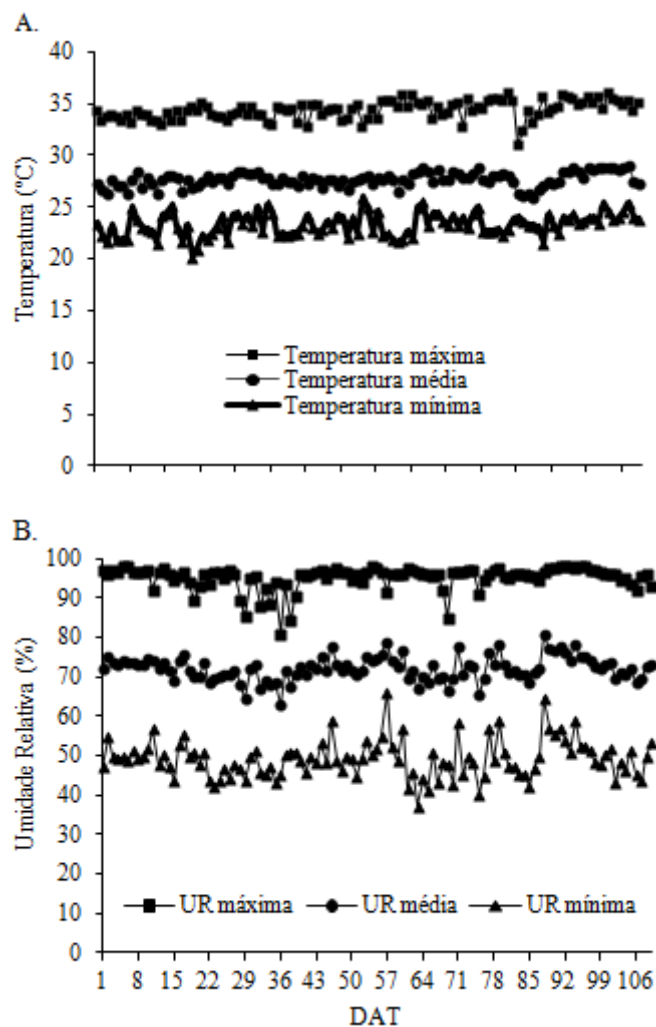


Figura 1. Variação da temperatura (A) e umidade relativa do ar (B) no interior da casa de vegetação

Infraestrutura experimental

A casa de vegetação utilizada tem 7 m de largura com 24 m de comprimento, 3 m de pé direito e 4,5m de altura com cobertura em arco. As paredes laterais são constituídas por telas, com rodapé de 20 cm em alvenaria. A cobertura da casa de vegetação é feita com filme agrícola de polietileno, com 150 μm de espessura e tratamento antiultravioleta. O piso é revestido com manta geotêxtil (“bidim”) de cor cinza.

Foram construídas 24 bancadas hidropônicas em sistema NFT (fluxo laminar de nutrientes), cada qual representava uma parcela experimental. As parcelas foram constituídas de um reservatório plástico com capacidade para 40 L; uma eletrobomba de circulação; um perfil hidropônico feito em polipropileno com aditivo antiultravioleta

com diâmetro de 150 mm e 2,5 m de comprimento. O espaçamento adotado foi 0,90 m entre perfis e 0,50 m entre plantas, totalizando cinco plantas por perfil. Os perfis foram instalados a 0,50 m de altura da superfície de solo, com declividade de 3% (Figura 2).



Figura 2. Parcelas experimentais

Delineamento experimental

Foram utilizadas no experimento duas fontes de águas: água do abastecimento (AA) proveniente do campus do Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE e efluente industrial (EI) proveniente de uma indústria de sorvetes localizada na Região Metropolitana de Recife, PE (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas e químicas da água de abastecimento e do efluente industrial nas diferentes fases de cultivo

Parâmetros	Água de abastecimento	Efluente industrial		
		Fase A	Fase B	Fase C
pH	5,5	6,88	6,71	7,32
CE (dS m ⁻¹)	0,07	4,23	4,27	5,68
Fósforo (mg L ⁻¹)	-	13	258,3	170,8
Cloretos (mg de L ⁻¹)	11,01	753,6	326,6	527,5
Sódio (mg L ⁻¹)	2,53	568,5	585,3	580
Potássio (mg L ⁻¹)	1,17	31,2	23,8	25,4
Sulfato (mg L ⁻¹)	4,67	43,2	110,6	54,8
Nitrogênio total Kjeldhal (mg L ⁻¹)	-	11,3	6,9	-
Nitrogênio amoniacal (mg L ⁻¹)	-	2,81	-	-
Cálcio (mg L ⁻¹)	0,8	1456	80,6	370,2
Magnésio (mg L ⁻¹)	1,94	78,6	28,9	61,4

- não detectado

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos constituídos por T1 = 100% AA (solução comercial - SC); T2 = 75% AA + 25% EI com complementação de nutrientes; T3 = 50% AA + 50% de EI com complementação de nutrientes; T4 = 25% AA + 75% EI com complementação de nutrientes; T5 = 100% EI com complementação de nutrientes e T6 = 100% EI sem complementação de nutrientes e quatro repetições. A composição química do T1 (SC), assim como, os tratamentos que receberam efluentes complementados com nutrientes foi calculada com base na formulação proposta por Moraes & Furlani (1999) (Tabela 2).

Tabela 2. Composição da recomendação quantitativa dos nutrientes para as distintas fases do ciclo da cultura do tomate

Nutrientes	Fase A	Fase B	Fase C
Macronutrientes		mg L ⁻¹	
NO ₃	135	150	164
N-NH ₄	35	37	38
P	52	52	52
K	314	326	409
Ca	152	190	209
Mg	40	40	40
S	70	70	70
Micronutrientes		mg L ⁻¹	
B	0,5	0,5	0,5
Cu	0,05	0,05	0,05
Fe	2,4	2,4	2,4
Mn	0,75	0,75	0,75
Mo	0,06	0,06	0,06
Zn	0,11	0,11	0,11

Cultura utilizada e técnica de cultivo

As mudas de tomate (grupo cereja, cv. Dellycia) foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido em 128 células preenchidas com substrato de pó de coco. Após o período de germinação, as plântulas foram transferidas para a casa de vegetação para o período de aclimatação, sendo irrigadas com solução nutritiva a 50% da concentração iônica, conforme sugestão de Moraes & Furlani (1999).

Quando as plantas apresentaram cinco folhas definitivas, foram transplantadas para as unidades experimentais (perfis). As plantas foram tutoradas em espaldeiras verticais de 2,5 m de altura, com o auxílio de fitilho e foram conduzidas em haste única. Os frutos eram colhidos duas vezes por semana quando ocorria o início da mudança de coloração, de verde para vermelho. Houve eliminação de brotos laterais, poda apical (Figura 3) e foram aplicados produtos fitossanitários recomendados para o controle de pragas e doenças (ARRUDA JÚNIOR et al., 2011).



Figura 3. Poda da gema apical

As soluções nutritivas foram fornecidas, de forma automática, sendo programado com o auxílio de temporizador o fornecimento de uma vazão de 4 L min^{-1} . Cada vez que o sistema era acionado, possibilitava 15 minutos com irrigação e 15 minutos sem irrigação, das 6 h às 18 h; e no período das 18 h às 6 h, o sistema foi programado para promover um evento de irrigação a cada hora (PILAU et al., 2002).

O quantitativo de adubo a ser adicionado em cada tratamento foi determinado de acordo com os nutrientes existentes no efluente, o nível de diluição dos tratamentos e as fases de desenvolvimento da cultura (Fases A, B e C) (Tabela 2). O T6 (100% efluente) não foi complementado com nutrientes, em nenhuma fase do cultivo, sendo apenas utilizados os nutrientes que existiam no efluente de sorvete.

As soluções nutritivas foram monitoradas diariamente, registrando-se e corrigindo quando necessário, o volume de água, o pH e a condutividade elétrica (CE) (MARTINEZ, 1999).

O pH foi mantido entre 5,5 a 6,5. A CE era quantificada para diagnosticar a concentração de sais totais na solução nutritiva, tendo como limites mínimos, 1 dS m^{-1} na fase A e $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ nas fases B e C (MORAES & FURLANI, 1999). Quando a CE atingia valores abaixo dos recomendados era realizada a troca das soluções nutritivas. No respectivo experimento foram realizadas duas trocas de soluções; sendo a primeira troca (30 dias após o transplântio - DAT) compreendendo o início da fase B e a segunda

troca foi no início da fase C (60 DAT). Quando a CE atingia os limites mínimos dentro das respectivas fases, ocorriam as reposições de nutrientes. Na Figura 4, apresenta-se o comportamento da condutividade elétrica, das soluções nutritivas, ao longo do experimento.

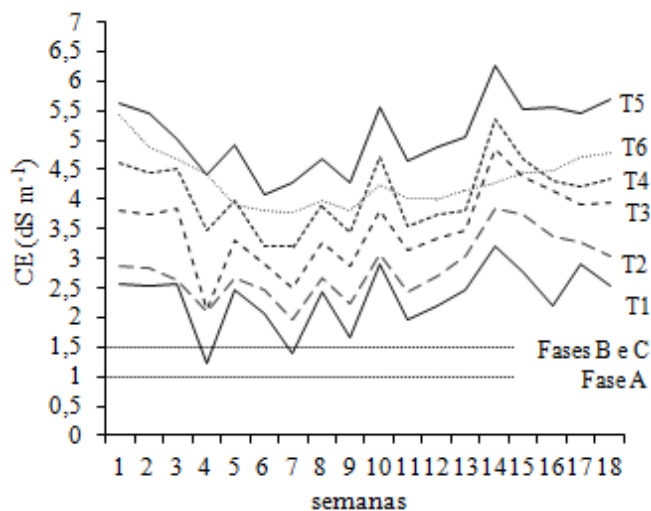


Figura 4. Condutividade elétrica das soluções nutritivas em função das diferentes concentrações de efluentes

Variáveis analisadas

O quantitativo hídrico foi medido pela reposição do volume de água consumido por dia. A reposição foi feita com água de abastecimento e com o auxílio de uma proveta a fim de completar o nível de referência (40 L de solução nutritiva por parcela).

Para avaliação das medidas biométricas foram analisadas as variáveis massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca do fruto (MFF) e número de frutos (NF). As demais variáveis analisadas foram determinadas, após secagem em estufa a 65°C até atingir massa constante, como, massa seca da parte aérea (MSPA), massa fruto seco (MFS) e massa seca da raiz (MSR).

A eficiência do uso da água (e.u.a) foi determinada pela relação entre produtividade pelo volume total de água consumida pela cultura. A eficiência do uso da água (g L^{-1}) foi calculada em função das diferentes concentrações de efluentes, considerando-se: a produtividade de frutos (MFF) e o consumo de água (L); a produtividade de massa seca da parte aérea (MSPA) e o consumo de água (L) de acordo com a metodologia descrita por Fagan et al. (2009).

Análises estatísticas

As variáveis foram avaliadas pelo teste F utilizando-se o programa estatístico SAS e as que tiveram efeitos significativos foram submetidas à análise de regressão, visando ajustar modelos de comportamento. Por outro lado, foram contrastados os resultados obtidos entre a solução nutritiva comercial com cada tratamento, composto por efluente mediante comparação de médias a nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito sobre o consumo hídrico

O consumo hídrico observado ao longo dos 126 dias após o transplântio apresentou comportamento linear decrescente com o aumento da CE. O consumo hídrico médio para o T1 (solução comercial – SC) foi de 120,8 L planta⁻¹, T2 106,4 L planta⁻¹, T3 90,46 L planta⁻¹, T4 68,6 L planta⁻¹ e T5 49,5 L planta⁻¹. Comparando percentualmente o T1 com as soluções de efluente acrescido de nutrientes, foram observadas reduções no consumo hídrico em 11,92% ao utilizar 25%, 14,98% com 50%, 43,21% com 75% e 59,02% com 100% de efluente complementado com nutrientes, respectivamente (Figura 5). O consumo médio do tratamento com 100% de efluente sem complementação de nutrientes (T6) foi de 15 L planta⁻¹. Em condições de escassez de nutrientes, ocorreu deficiência nutricional nas plantas e, conseqüentemente, houve alteração morfológica como menor desenvolvimento das raízes e crescimento da parte aérea.

O aumento progressivo da salinidade nas soluções nutritivas hidropônicas acarreta um menor consumo hídrico por parte da planta devido à retenção osmótica da água, a existência de íons em altas concentrações, principalmente sódio e cloreto, e a interação entre íons resultam em uma menor disponibilidade de água para as plantas. Gomes et al. (2011) observaram efeito linear decrescente no consumo hídrico de tomate cereja hidropônico, com o aumento da condutividade elétrica na solução nutritiva, obtendo reduções no consumo hídrico da testemunha com o uso de doses crescentes (25; 50; 75 e 100%) de rejeito salino em 4,59; 15,82; 23,58; 28,72%, respectivamente.

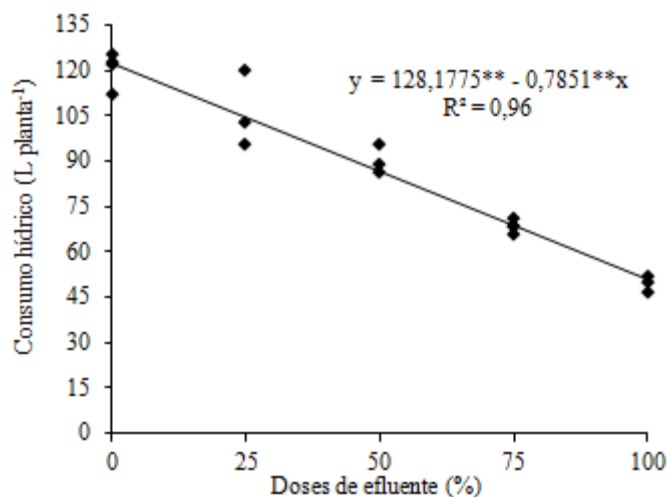


Figura 5. Consumo hídrico de tomate cereja hidropônico em função das diferentes doses de efluente

Efeitos sobre os parâmetros agronômicos

O estresse provocado pela existência de íons no efluente ocasionou reduções lineares significativas no peso das plantas, em termos de acúmulo na massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA) (Figura 6A e B).

A adição de efluente proporcionou redução crescente na MFPA, efeito observado quando foi comparado a SC com os demais tratamentos que receberam efluente complementado com nutrientes, sendo obtidas reduções de 9,86, 33,81, 62,89 e 66,63% para as doses com 25, 50, 75 e 100% de efluente complementado com nutrientes, respectivamente. Já era de se esperar que o tratamento com SC apresentasse maior desenvolvimento na parte aérea em virtude da menor competição de íons, principalmente cálcio e sódio existente em grande quantidade no efluente de sorvete, o que pode resultar em efeitos antagônicos e inibitórios na absorção de íons, e conseqüentemente, redução no crescimento das plantas. A massa fresca média, da parte aérea, do T6 foi de 10,36 g planta⁻¹.

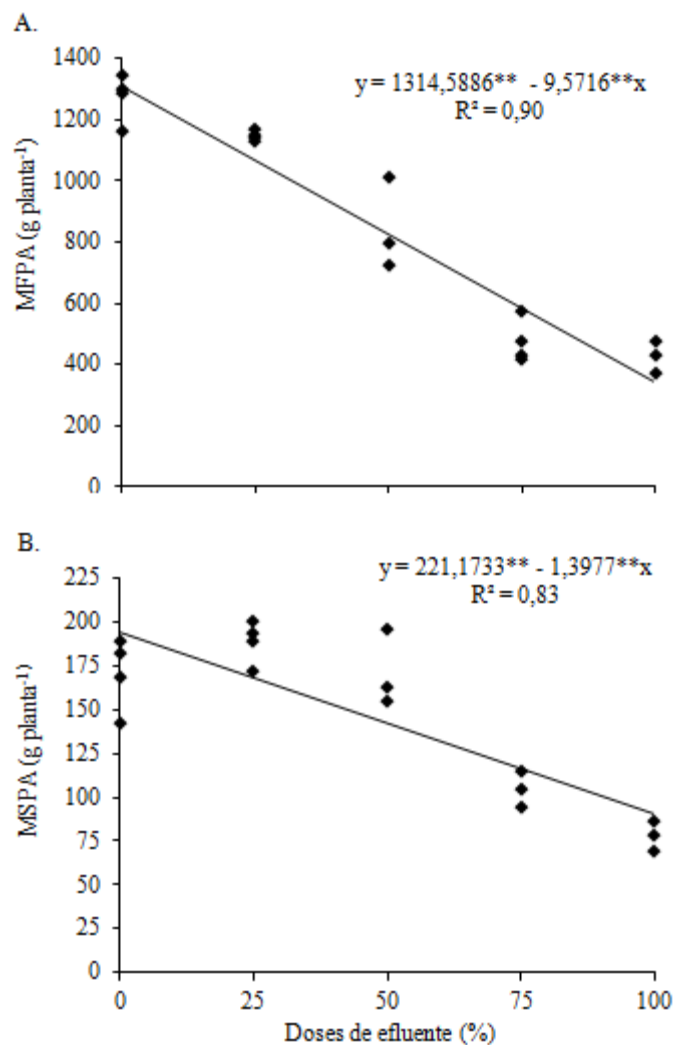


Figura 6. Matéria fresca (A) e massa seca (B) da parte aérea do tomate cereja em função de diferentes concentrações de efluente

A utilização do T6 acarretou plantas com nanismo e menor desenvolvimento na parte aérea quando comparado com o T2 (Figura 7). Esta inibição no crescimento das plantas se deve ao não desenvolvimento e alongamento das células, a existência de ramos atrofiados e menor área foliar, resultando em plantas com menor massa seca na raiz, 17,7 g planta⁻¹, e consequentemente, menor massa seca na parte aérea 2,42 g planta⁻¹. Além do efeito salino, resultado em CE média de 4,32 dS m⁻¹, a diminuição de nutrientes essenciais acarreta incapacidade da planta em desenvolver e consequentemente completar o seu ciclo de vida (LARCHER, 2004).

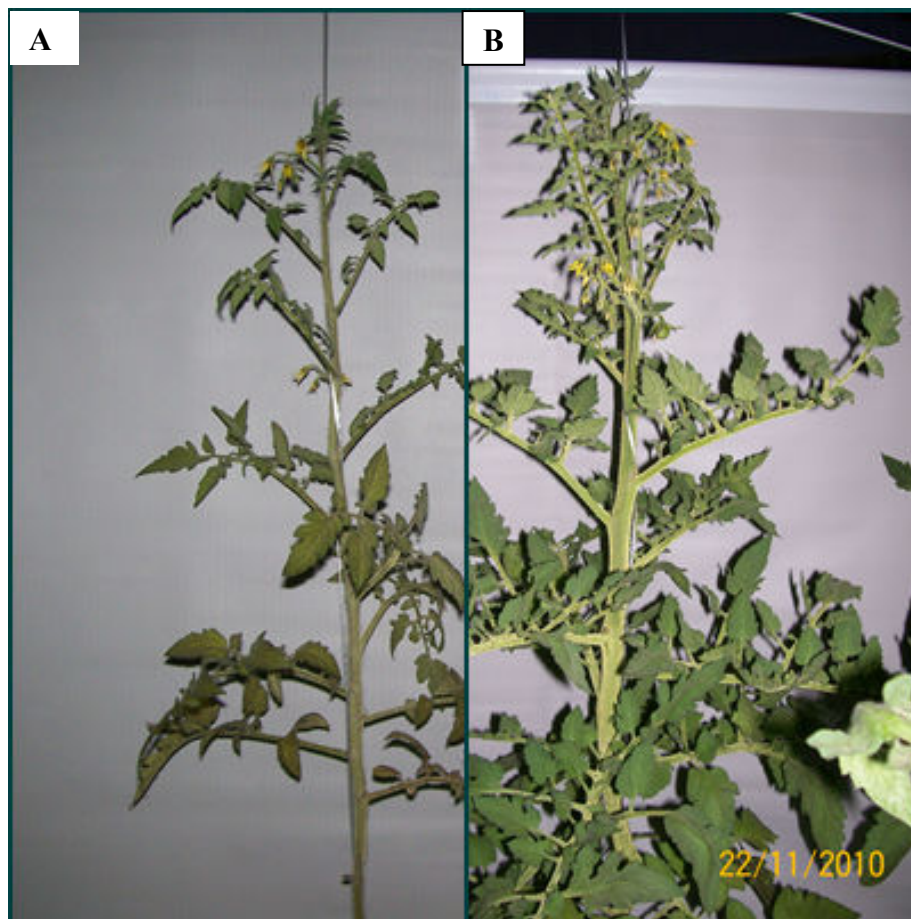


Figura 7. Comparação no crescimento entre o T6 (A) com o T2 (B), 30 DAT

Na variável MSPA, a dose com 25% (T2) obteve ganho de 10% quando comparado com a SC, devido à semelhança das composições químicas de ambas as soluções nutritivas e o menor efeito do estresse salino para esta diluição quando comparado com os outros tratamentos que receberam efluentes. Porém, a adição de efluente nas soluções nutritivas provocou o mesmo efeito linear decrescente encontrado na MFPA. A redução linear decrescente no peso das plantas em função do aumento salino das soluções nutritivas estão de acordo com os resultados obtidos por Cosme et al. (2011), Gomes et al. (2011) e Oliveira et al. (2007), quando verificaram a ocorrência de redução significativa linear decrescente na MFPA e, conseqüentemente, na MSPA em plantas de tomate.

O aumento das doses de efluente contribuiu para um menor crescimento das raízes. A dose 50% (T3) apresentou melhor ganho de massa dentre as soluções que continham efluente, quando comparada com a SC (Figura 8), enquanto que a utilização de efluente o T6 resultou na massa de $17,77 \text{ g planta}^{-1}$. O aumento da salinidade na água

de irrigação ocasiona inibição gradativa no crescimento radicular das plantas de tomate cereja (MEDEIROS et al., 2011).

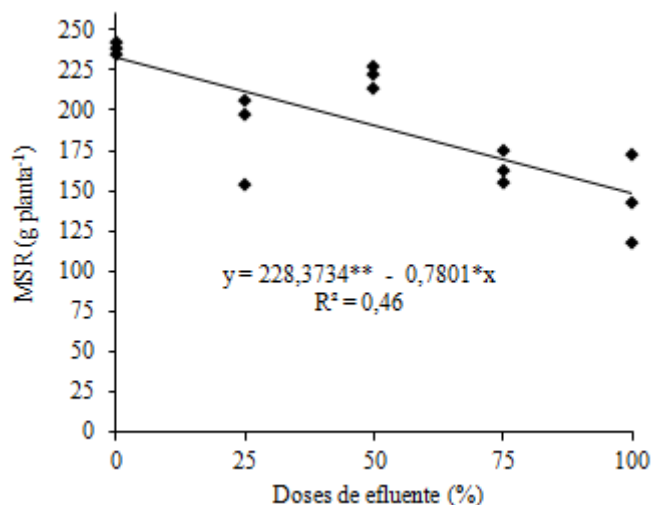


Figura 8. Matéria seca da raiz do tomate cereja em função de diferentes concentrações de efluente

Para as variáveis, (MFF) (Figura 9A), (MSF) (Figura 9B) e número de frutos (NF) (Figura 9C), a dose com 25% de efluente (T2) promoveu melhor produtividade, quando comparada com a SC, obtendo aumentos de 61,27, 24,01, e 70,71%, respectivamente. Em termos de produtividade os resultados obtidos foram semelhantes ao recomendado por Gomes et al. (2011), ao adicionar 25% de rejeito salino na solução nutritiva sem haver perda de produção no cultivo de tomate cereja hidropônico; enquanto que Al-Lahham et al. (2003) obtiveram melhor produtividade ao utilizar 100% de água residuária na irrigação do tomate.

A utilização de efluente tratado na irrigação possibilita melhor crescimento das plantas quando comparado com adubação convencional, devido à existência de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas (SOUZA et al., 2010), assim como, pode restringir a produção em relação à existência de salinidade, sodicidade e excesso de nutriente (SOUSA et al., 2005). No presente trabalho, verificou-se que adição de efluente com 25, 50 e 75%, respectivamente, nas composições volumétricas das soluções nutritivas, possibilitaram aumentos na produção de frutos em 61,27, 45,28 e 23,02%, respectivamente, quando comparados com a SC, o que corrobora com Soares et al. (2007) ao relatarem uma maior tolerância das plantas à salinidade quando cultivadas em sistemas hidropônicos, devido à inexistência do potencial mátrico,

possibilitando um aumento do potencial total da água e uma melhor absorção de água pelas plantas.

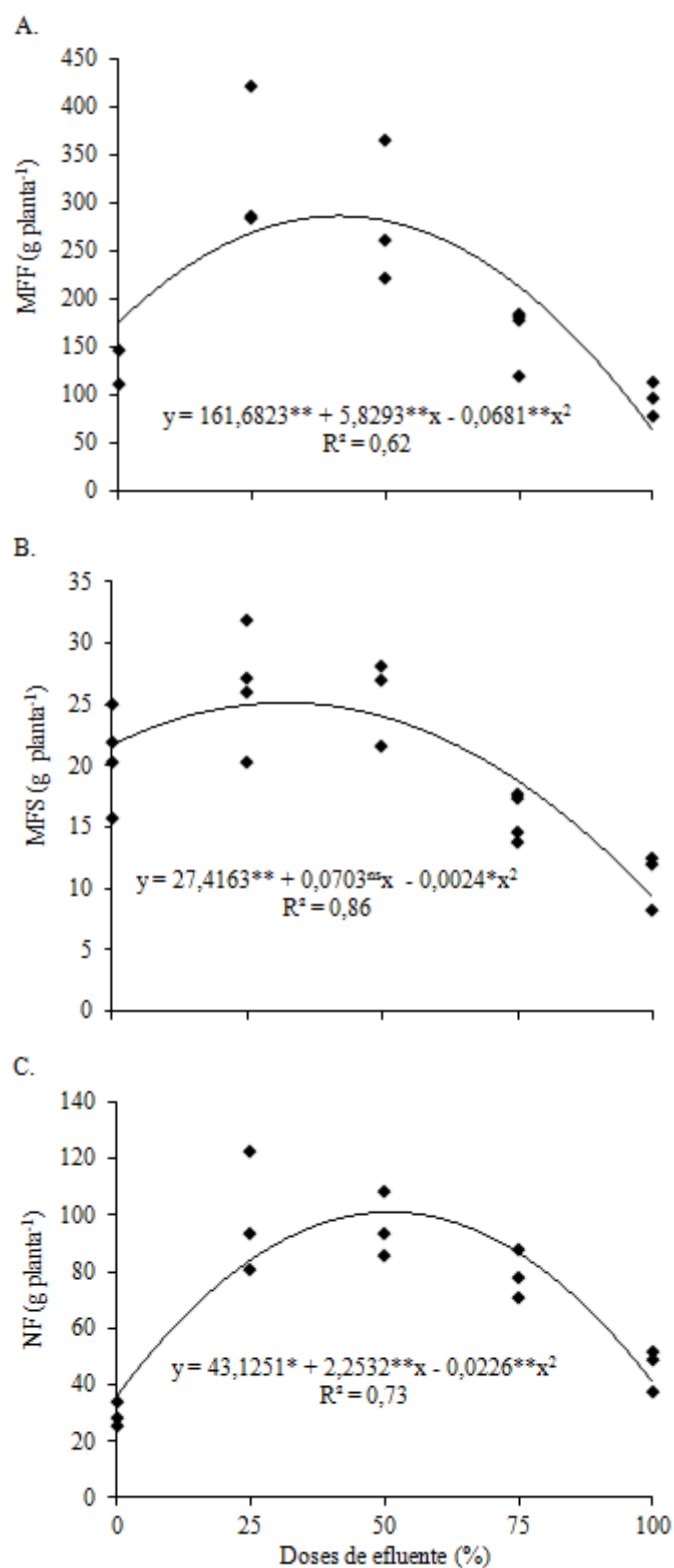


Figura 9. Massa fresca dos frutos (A), massa do fruto seco (B) e número de frutos (C) em função de diferentes concentrações de efluente adicionados a solução nutritiva

A utilização de doses crescentes de efluentes resultaram em condutividades elétricas crescentes ao longo do experimento, sendo obtido em média com o uso de 25%, 3,01 dS m⁻¹; com 50 %, 4,16 dS m⁻¹; com 75%, 4,89 dS m⁻¹ e com 100 % (T5), 5,82 dS m⁻¹, de efluente complementados com nutrientes.

Segundo Cosme et al. (2011) o aumento progressivo da CE na água utilizada para irrigação ocasiona perda na produção de frutos. No experimento foram obtidos ganhos na produtividade para todas as doses que receberam efluentes mais complementações de nutrientes, com exceção do T6 resultando em perda de 26% na (MSF) quando comparada com a SC.

Além da CE, as características climáticas, a aplicação constante de sal, a composição química da água e a cultivar utilizada em cultivos de tomate, resultam em diferentes respostas a salinidade, podendo o tomate passar de moderadamente sensível a moderadamente tolerante quando irrigados com água salina (ELOI et al., 2011).

Ao longo do ciclo da cultura, a SC apresentou plantas com deficiências nutricionais de cálcio, acarretando em podridão estilar e queda de flores e frutos, devido à morte da gema apical (SILVA et al., 2006). Logo, NF quantificados na SC foi inferior quando comparado aos demais tratamentos, com exceção do tratamento que recebeu apenas efluente; comprovando a viabilidade do uso do efluente tratado de indústria de sorvete como fonte de cálcio (Figura 10).

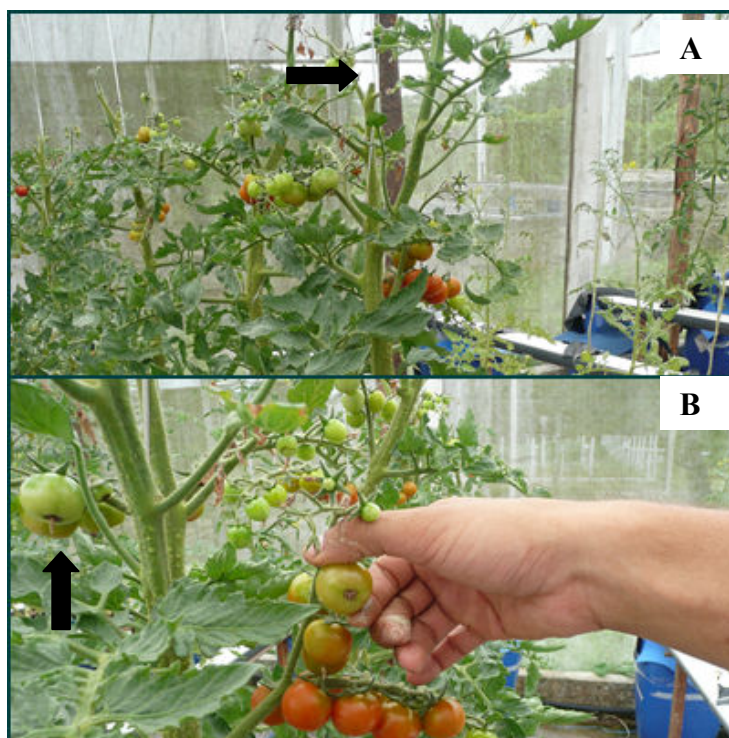


Figura 10. Deficiência de cálcio: morte da gema apical (A) e podridão estilar nos frutos (B)

A dose (composta por efluente com complementação de nutrientes) ótima foi estimada em 42,79% para a MFF, o que resultaria em uma produção máxima de 286,42 g planta⁻¹. Para o NF, a dose ótima foi de 49,82% resultando em 99,28 frutos por planta.

Em geral, o consumo hídrico e as variáveis biométricas decresceram com o aumento das doses de efluente, existindo diferenças significativas em todas as variáveis analisadas (Tabela 3) fato também observado por Cosme et al. (2011) e Oliveira et al. (2007) ao avaliarem o efeito de diferentes níveis de salinidade para MSPA, MFPA e MFF. A CE da água de irrigação utilizada pelos autores, citados anteriormente, foram superiores quando compradas com a CE utilizada, o que evidencia provavelmente um maior estresse salino sofrido pela cultura.

Avaliando os tratamentos que receberam doses de efluentes comparados com a SC, o uso com 25% de efluente complementada com nutrientes proporcionou um maior consumo hídrico, ganho em massa na parte aérea e maior produtividade (Tabela 3).

A produtividade, expressa pela MFF e MFS, obtida nas doses com 25 e 50% de efluente, respectivamente, foram superiores a SC, portanto o uso de efluente da indústria de sorvete pode ser uma alternativa de uso e substituição parcial dos nutrientes existentes na SC. O uso de concentrações de efluente acima de 50% podem acarretar em perdas na produtividade do tomate cereja sob condições hidropônicas do tipo NFT. Os efeitos deletérios provocados pela adição de sais nas soluções nutritivas ocasionaram redução em 51% na produtividade do tomateiro conforme observado por Cosme et al. (2011).

Tabela 3. Contraste entre a solução comercial (SC) e os tratamentos com doses de efluentes sobre o consumo hídrico, MFPA, MSPA, MSR, MFF, MFS e NF

	Consumo hídrico	MFPA	MSPA	MSR	MFF	MFS	NF
	L planta ⁻¹	g planta ⁻¹					
T1	120,8	1270,89	170,57	238,63	128,83	20,8	29,2
T2	106,40**	1145,57**	189,13 ^{ns}	185,63**	330,54**	26,33**	99,03**
T3	90,46**	841,10**	171,53 ^{ns}	221,32 ^{ns}	282,70**	25,59 ^{ns}	95,80**
T4	68,60**	471,56**	104,82**	163,97**	166,30 ^{ns}	15,87*	78,66**
T5	49,50**	424,10**	78,04**	144,34**	95,91 ^{ns}	10,94**	46,20 ^{ns}
T6	15,00**	10,36**	2,42**	17,77**	1,19*	0,47**	0,40*
CV (%)	7,62	10,43	11,9	10,61	27,05	18,92	18,90

ns, *, **, representam, respectivamente, não significância e significância a 5% e a 1% de probabilidade.

Análise da eficiência do uso da água

Houve diferença significativa, com comportamento linear, para a eficiência do uso da água (e.u.a) na produção de matéria seca da parte aérea (Figura 11A) e na produtividade (Figura 11B), em função do aumento das doses de efluente na solução nutritiva.

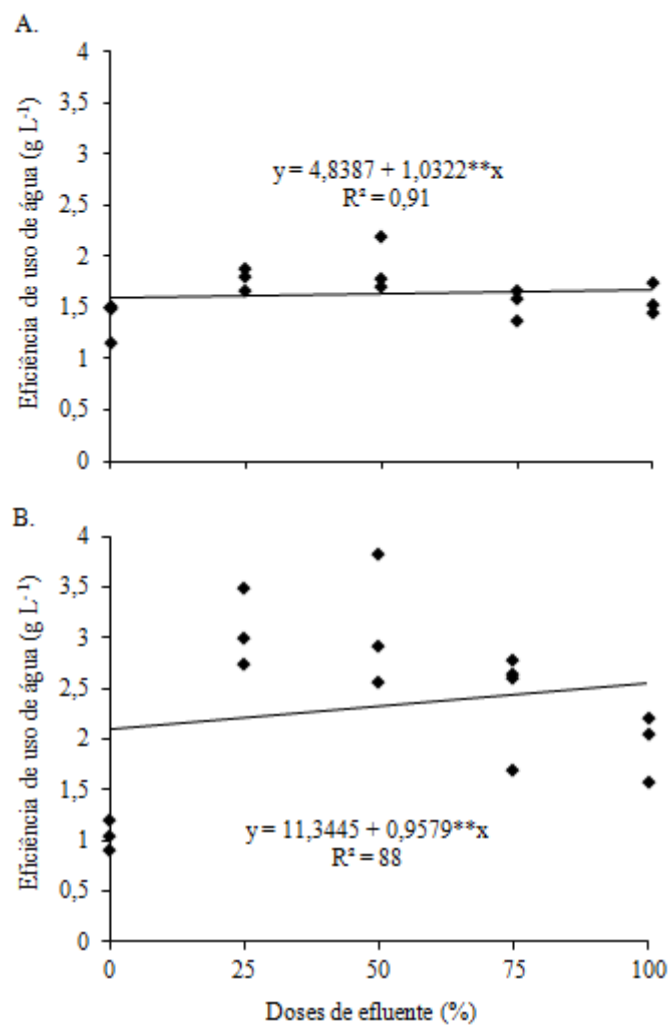


Figura 11. Eficiência de uso de água na produtividade de massa seca parte aérea (A) e produtividade (B) em função de diferentes concentrações de efluente adicionado a solução nutritiva

A produção de massa seca na parte aérea por unidade de água aplicada possibilitou uma e.u.a de 1,41; 1,78; 1,9; 1,54 e 1,57 g L⁻¹ ao utilizar T1; T2; T3; T4 e T5, respectivamente. Ao comparar os tratamentos que receberam efluentes com a solução comercial (SC) houve ganho na massa seca de 0,37; 0,35; 0,09 e 0,12 g ao utilizar doses de efluente com 25; 50; 75 e 100% de efluente complementado com

nutrientes, respectivamente (Figura 11A). O uso de efluente de sorvete a 100% sem complementação de nutrientes (T6) produziu para cada unidade de água consumida durante o cultivo 0,16 g de MSPA.

A e.u.a sobre a produção de frutos variou significativamente em função da diluição de efluente na solução nutritiva, sendo obtido com as doses 0; 25; 50; 75 e 100% de efluente complementado com nutrientes produtividades de 1,05; 3,08; 3,10; 2,43 e 1,94 g L⁻¹, respectivamente. A diferença entre as doses de efluente com a SC possibilitou ganho de 2,03; 2,05; 1,38 e 0,89 g ao para o T2; T3; T4 e T5 (Figura 11B). O uso do T6 resultou em 0,09 g L⁻¹ na e.u.a.

A e.u.a pode variar em função de grupos ou cultivares de tomate, tipo de irrigação, condições climáticas e qualidade da água. Abrahão (2011) verificou diferentes eficiências de uso de água nas cultivares de tomate cereja Swett Milion (29,1 Kg m⁻³) e com a Sweet Grape (22,3 Kg m⁻³). No presente trabalho a melhor e.u.a foi com a adição de 50% de efluente na composição da solução nutritiva, uma vez que necessitou de menor reposição de água quando comparada com a solução comercial e com o uso de 25% de efluente; mantendo-se a produtividade superior ao tratamento com solução comercial e igual estatisticamente ao tratamento com 25% de efluente, resultando em um ganho de 31 Kg m⁻³.

CONCLUSÕES

1. O aumento das doses de efluente promoveu redução linear decrescente no consumo hídrico das plantas;
2. O uso de 25% de efluente na solução nutritiva proporcionou a maior produtividade de frutos por planta;
3. A adição de 50% de efluente na solução nutritiva possibilitou maior substituição parcial dos adubos químicos sem comprometer a produtividade, como também obteve a maior eficiência do uso da água, tanto para fruto como para matéria seca da parte aérea;
4. A utilização das doses com 75% de efluente acrescido com nutrientes e 100% com ou sem efluente ocasionou maiores efeitos de salinidade, reduzindo progressivamente a parte aérea e a produtividade do tomate cereja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, C. **Relação K:Ca:Mg na solução nutritiva para o cultivo de mini tomate em substrato**. Botucatu: FCA/UNESP. 2011. 86p. Dissertação Mestrado.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2009. 497p.

AL-LAHHAM, O.; EL ASSI, N. M.; FAYYAD, M. Impact of treated wastewater irrigation on quality attributes and contamination of tomato fruit. **Agricultural Water Management**, v.61, p. 51-62, 2003.

ARRUDA JÚNIOR, S. J.; BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P.; RESENDE, L. V. Podridão apical e produtividade do tomateiro em função dos teores de cálcio e amônio. **Revista Caatinga**, v.24, n.4, p. 20-26, 2011.

COSME, C. R.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; OLIVEIRA, E. M. M.; SOUSA NETO, O. N. Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.499-504, 2011.

ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; MIRANDA, J. H. Rendimento comercial do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertirrigação em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n.5, p.471-476, 2011.

FAGAN, E. B.; PETTER, S. L.; SIMON, J.; BORCIONI, E.; LUZ, J. L.; MANFRON, P. A. Eficiência do uso de água do meloeiro hidropônico. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 2, p. 37-45, 2009.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FREIRE, A. L. O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P.; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, suplemento 1, p. 1113-1114, 2010.

GOMES, J. W. S.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; BLANCO, F. F.; SOUSA NETO, O. N. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.850-856, 2011.

LAMEPE – Laboratório de Meteorologia de Pernambuco.
<http://www.itep.br/LAMEPE.asp>, 10 Jul, 2011.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2004. 531p.

LOOS, R. A.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; PICANÇO, M. C. Identificação e quantificação dos componentes de perdas de produção em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n.2, p.281-286, 2008.

MARTINEZ, H. E. P. **Hidroponia**. In: Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. Viçosa: MG, 5º Ed., 1999. 359p.

MEDEIROS, R. F.; CAVALCANTE, L. F. MESQUITA, F. O.; RODRIGUES, R. M. SOUSA, G. G.; DINIZ, A. A. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.505-511, 2011.

MORAES, C. A. G.; FURLANI, P. R. **Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido**. In: Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n. 200/201, p. 105-113, 1999.

NAVARRO, J. M.; GARRIDO, C.; MARTINEZ, V.; CARVAJAL, M. Water relations and xylem transport of nutrients in pepper plants grown under two different salts stress regimes. **Plant Growth Regulation**, v.41, n.3, p. 237-245, 2003.

OLIVEIRA, B. C.; CARDOSO, M. A. A.; OLIVEIRA, J. C.; OLIVEIRA, F. A. DE; CAVALCANTE, L. F. Características produtivas do tomateiro submetido a diferentes níveis de sais, na água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.11-16, 2007.

PAGANINI, W. S. **Reúso de água na agricultura**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água. Barueri, SP: Manole, p. 339-401, 2003.

PILAU, F. G.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; BIANCHI, S. A. Influência do intervalo entre irrigações na produção e nas variáveis fisiológicas da alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.20, n.2, p. 237-244, 2002.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. S.; FRANÇA, F. H.; VILLAS BOAS, G. L. V.; BRANCO, M. C.; MEDEIROS, M. A.; MAROUELLI, W.; LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C.; NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, W. **Cultivo de tomate para industrialização. Embrapa hortaliças**, Sistemas de produção, 2ª ed. 2006. (versão eletrônica).

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; BONFIM-SILVA, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v.12, n.2, p.235-248, 2007.

SOUSA, J. T.; VAN HAANDEL, A. C.; CAVALCANTI, P. F. F.; FIGUEIREDO, A. M. F. Tratamento de esgoto para uso na agricultura do semiárido nordestino. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.10, n.3, p. 260-265, 2005.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; FERREIRA, P. A. Parâmetros de crescimento de tomateiros produzidos com água residuária de suinocultura. **Engenharia Ambiental**, v.7, n.2, p. 97-109, 2010.

TUNA, A. L.; KAYA, C.; ASHRAF, M.; ALTUNLU, H.; YOKAS, I.; YAGMUR, B. The effects of calcium sulphate on growth membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.59, n.2, p. 173-178, 2007.

**CAPÍTULO III - NUTRIÇÃO MINERAL E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA
DO TOMATE CEREJA UTILIZANDO ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA
DE SORVETE**

Nutrição mineral e qualidade microbiológica do tomateiro cereja utilizando água residuária da indústria de sorvete

Resumo - O objetivo foi avaliar o efeito do uso de diferentes doses de efluente oriundo de indústria de sorvete na cultura do tomate cereja em relação ao consumo hídrico e desenvolvimento vegetativo em sistema hidropônico tipo NFT. O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na área experimental do Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE, em Recife. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. A testemunha foi representada pelo uso de efluente a 100% de efluente sem complementação de solução nutritiva; os demais tratamentos foram formados a partir das diferentes doses (0, 25, 50, 75 e 100%) de efluente complementado com solução nutritiva para a cultura do tomate. Como principais resultados, a adição de 50% de efluente possibilitou maior substituição parcial dos adubos químicos sem comprometer a produtividade. A ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes na raiz foi: $K > Ca > N > P > Mg$. A adição de 25% de efluente de sorvete propiciou os melhores acúmulos de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea quando comparado com a SC. Nos frutos o acúmulo de macronutrientes foi de acordo com a seguinte ordem: $K > N > P > Ca > Mg$. O acúmulo de sódio na raiz, bem como na parte aérea e nos frutos ocorreu com o uso das doses com 100 e 75% de efluente complementado por nutrientes, respectivamente. Os frutos produzidos apresentaram níveis de coliformes bem abaixo do recomendado pelas normas sanitárias brasileiras.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, solução nutritiva, absorção de nutrientes, coliformes

Production and absorption of nutrients in tomato irrigated with effluent of ice cream in a hydroponic system

Abstract - The aim was to evaluate the effect of using different doses of effluent coming from ice cream industry in the cultivation of tomato in relation to water consumption and plant growth in hydroponic system type NFT. The experiment was conducted in a greenhouse located in the experimental area of Department of Rural Technology UFRPE in Recife. The experimental design was completely randomized design with six treatments and four replications. The witness was represented by the use of wastewater effluent to 100% without supplementation of nutrient solution; the other treatments were formed from different doses (0, 25, 50, 75 and 100%) effluent supplemented with nutrient solution culture of tomato. As main results, the addition of 50% of effluent allowed greater partial replacement of chemical fertilizers without compromising productivity. The order of accumulation of macronutrients in the roots was $K > Ca > N > P > Mg$. The addition of 25% of effluent of the ice cream provided the best accumulations of N, P, K, Ca and Mg in shoots compared with the SC. In fruit the accumulation of macronutrients was in accordance with the following order: $K > N > P > Ca > Mg$. The accumulation of sodium in the root and shoot and fruit occurred with the use of doses of 100 and 75% effluent supplemented with nutrients, respectively. The fruits produced showed coliform levels well below the standards recommended by the sanitary Brazilian norms.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, nutrient solution, plant nutrition, coliform

INTRODUÇÃO

A cultura do tomate agrega alto valor comercial no Brasil, resultando o plantio em 60.292 ha e uma produção de 3,7 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2009). Em termos de produção e consumo, ocupa a segunda posição dentre as hortaliças, sendo que, a maior parte da colheita destina-se à mesa e o restante para a agroindústria (FILGUEIRA, 2008).

Dentre os nutrientes essenciais responsáveis diretamente pela qualidade e quantidade nos frutos de tomate destaca-se o cálcio, sendo comum a ocorrência de deficiência, em cultivos comerciais, ocasionando frutos com podridão apical (LOOS et al., 2008) resultando em perdas que podem atingir 50% na produtividade (FILGUEIRA, 2008).

Em alguns municípios, diante da existência da escassez hídrica, a utilização de efluentes tratados torna-se uma alternativa viável para suprirem as plantas com água e nutrientes, possibilitando o uso em diversas culturas agrícolas e aumento na produtividade até mesmo superior quando comparada com a utilização de adubação convencional, possibilitando além dos ganhos agrícolas, menor impacto ambiental, uma vez que os lançamentos de efluentes nos corpos hídricos seriam minimizados (SOUZA et al., 2010).

Souza et al. (2010) utilizaram efluente proveniente da suinocultura no cultivo de tomate e verificaram bons teores 480, 139 e 162 mg L⁻¹ para nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente. No cultivo hidropônico de tomate, os teores de N e P seriam suficientes e o potássio supriria em média com 46,33% do recomendado para o cultivo hidropônico de tomate (MORAES & FURLANI, 1999).

Porém, existem algumas limitações e restrições ao utilizar águas residuárias, como: existência de nutrientes em excesso, podendo resultar em toxidez para as plantas e a ocorrência de salinidade (METCALL & EDDY, 2003).

A interação de íons no meio de cultivo pode acarretar efeitos negativos na produção, na absorção e na distribuição de outros nutrientes. Em geral os cátions e os ânions monovalentes são absorvidos de forma mais rápida que os bivalentes; altas concentrações de Ca⁺² competem pelos mesmos sítios do carregador para cruzar a membrana, reduzindo a absorção de K⁺ e Mg⁺²; e o Ca⁺² tende a reduzir a disponibilidade de Mg⁺² devido à alta energia de hidratação e pelo maior tamanho do raio iônico (MALAVOLTA, 2006).

A absorção de nutrientes pelo tomate em ambiente protegido pode variar em função da espécie, da idade e da parte da planta. Os macronutrientes absorvidos na parte aérea, em ordem decrescente, são: K, N, Ca, S, Mg e P (FAYAD et al., 2002).

A utilização de efluentes industriais na agricultura pode ter restrições devido à possibilidade de contaminação por microrganismos patogênicos, seja pelo contato direto ou pelo consumo de alimentos, principalmente hortaliças ingeridas cruas, causando riscos para a saúde pública. Como medidas disciplinadoras, existem recomendações da Agência Ambiental Norte Americana (USEPA), da Organização Mundial de Saúde (OMS) e do Programa de Saneamento Básico (PROSAB) quanto à quantidade de microrganismos em efluentes e as recomendações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) quanto aos valores microbiológicos máximos em amostras de hortaliças.

Objetivou-se, neste trabalho avaliar a distribuição de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e Na) na raiz, na parte aérea e nos frutos do tomate cereja e a qualidade microbiológica dos frutos em cultivos hidropônicos utilizando água residuária da indústria de sorvete.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Tecnologia Rural (DTR), situada no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife, PE, cujas coordenadas geográficas no sistema SAD 69 (South American Datum) são 08° 10' 52' de latitude Sul e 34° 54' 47' de longitude Oeste e altitude de 5 m.

O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é As (tropical úmido), com temperatura média de 24 °C e precipitação pluvial de 1750 mm (LAMEPE, 2011).

Infraestrutura experimental

A condução do experimento foi feita em casa de vegetação do tipo arco simples, medindo 7,0 x 24 m, com pé direito com 3,0 m. As paredes laterais são constituídas por telas, com rodapé de 20 cm em alvenaria. A cobertura da casa de vegetação é feita com filme agrícola de polietileno, com 150 µm de espessura e tratamento antiultravioleta. O piso foi revestido com manta geotêxtil (bidim, cor cinza), com o objetivo de melhorar as condições fitossanitárias, bem como minimizar os efeitos da poeira sobre a casa de vegetação (Figura 12).



Figura 12. Área experimental

Cada parcela experimental foi constituída dos seguintes componentes: um reservatório plástico azul com capacidade para 40 L; uma eletrobomba de circulação; um perfil hidropônico feito em polipropileno com aditivo antiultravioleta com diâmetro de 150 mm, comprimento de 2,5 m e orifícios com 2,5 cm de raio. O espaçamento adotado foi de 0,50 m entre plantas e 0,90 m entre perfis, com 5 plantas por perfil.

Os perfis foram instalados a uma altura média de 0,50 m da superfície de solo, possuindo quatro pontos de apoio e uma inclinação de 3%. Foi instalado um sistema de injeção/retorno em tubos de PVC de 20 mm. O sistema de captação sai do reservatório através de uma mangueira e segue até a eletrobomba de circulação, a qual impulsiona a solução até a parte mais alta da bancada. Em seguida, parte da solução é captada por dois emissores (microtubo flexível de 4 mm de diâmetro, conectado a tubulação por um conector tipo borboleta e com vazão de 2 L min^{-1} , por microtubo) e o restante da solução retorna até o reservatório.

Produção de mudas

As mudas de tomate cereja, variedade Dellycia, foram produzidas em bandejas de isopor com 120 células, contendo pó de coco como substrato. Antes da semeadura o substrato foi lavado abundantemente com água corrente, para retirar o excesso de tanino, a fim de otimizar a germinação das sementes. Em cada célula da bandeja foram colocadas três sementes, deixando-as em ambiente sombreado. Após o período de germinação, houve o desbaste, deixando uma plântula por célula e foram transferidas para a casa de vegetação para passarem por um período de aclimatização, sendo irrigadas com solução nutritiva a 50% da concentração iônica, conforme sugestão de Moraes & Furlani (1999). Quando as plantas apresentaram cinco folhas definitivas, foram transplantadas para os perfis, sendo submetidas aos tratamentos predefinidos (Figura 13).



Figura 13. Transplântio de tomate cereja 30 dias após a semeadura

Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. T1= 100% AA (solução nutritiva comercial); T2 = 75% AA + 25% EI com complementação de nutrientes; T3 = 50% AA + 50% de EI com complementação de nutrientes; T4 = 75% de efluentes com complementação de nutrientes; T5 = 100% EI com complementação de nutrientes e T6 = 100% EI sem complementação de nutrientes. A complementação de nutrientes nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 foram calculadas com base na formulação proposta por Moraes &

Furlani et al. (1999). O tratamento T6, em todas as fases, não foi suplementado com nutrientes, sendo apenas utilizados os nutrientes que existiam no efluente de sorvete.

Preparo das soluções nutritivas

Foram utilizadas no experimento duas fontes de águas, a água do abastecimento (AA) proveniente do campus do Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE, e o efluente industrial (EI) proveniente de uma indústria de sorvetes localizada na Região Metropolitana de Recife, PE.

Antes do preparo das soluções nutritivas foram analisadas as características físico-químicas das referidas águas, sendo o efluente analisado no Laboratório de Engenharia Ambiental e da Qualidade (LEAQ/UFPE) e a água analisada no Laboratório de Análise de Plantas, Ração e Água (LAPRA/IPA) (Tabela 4).

Tabela 4. Características físicas e químicas da água e do efluente.

Parâmetros	Água de abastecimento	Efluente industrial		
		Fase A	Fase B	Fase C
pH	5,5	6,88	6,71	7,32
CE (dS m ⁻¹)	0,07	4,23	4,27	5,68
Fósforo (mg L ⁻¹)	-	13	258,3	170,8
Cloretos (mg de L ⁻¹)	11,01	753,6	326,6	527,5
Sódio (mg L ⁻¹)	2,53	568,5	585,3	580
Potássio (mg L ⁻¹)	1,17	31,2	23,8	25,4
Sulfato (mg L ⁻¹)	4,67	43,2	110,6	54,8
Nitrogênio total Kjeldhal (mg L ⁻¹)	-	11,3	6,9	-
Nitrogênio amoniacal (mg L ⁻¹)	-	2,81	-	-
Cálcio (mg L ⁻¹)	0,8	1456	80,6	370,2
Magnésio (mg L ⁻¹)	1,94	78,6	28,9	61,4
- não analisado				

O preparo das soluções nutritivas foi feito com base na recomendação de nutrientes adequadas para a cultura do tomate hidropônico (Tabela 5) ajustado de acordo com as fases vegetativas e reprodutivas, conforme Moraes & Furlani (1999).

Tabela 5. Composição da solução nutritiva (mg L^{-1}) para cultivo de tomate cereja hidropônico

Nutrientes	Fase A	Fase B	Fase C
Macronutrientes		mg L^{-1}	
NO ₃	135	150	164
N-NH ₄	35	37	38
P	52	52	52
K	314	326	409
Ca	152	190	209
Mg	40	40	40
S	70	70	70
Micronutrientes		mg L^{-1}	
B	0,5	0,5	0,5
Cu	0,05	0,05	0,05
Fe	2,4	2,4	2,4
Mn	0,75	0,75	0,75
Mo	0,06	0,06	0,06
Zn	0,11	0,11	0,11

Condução do Experimento

Devido à ausência da capacidade tampão e a ocorrência de alterações no ambiente radicular em curtos intervalos de tempo, as soluções nutritivas foram monitoradas diariamente, sendo corrigido o volume de água e o pH, e quantificada a condutividade elétrica (CE) diariamente (MARTINEZ, 1997).

O pH foi mantido na faixa compreendida entre 5,5 a 6,5 e a CE era quantificada para diagnosticar a concentração de sais na solução nutritiva, tendo como limites mínimos: 1 dS m^{-1} na fase (A) e $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ nas fases B e C (MORAES & FURLANI, 1999). Quando a CE atingia valores abaixo dos recomendados, eram feitas as trocas das soluções nutritivas (no início de cada mudança de fase) e reposição de nutrientes (dentro de cada fase). As trocas das soluções nutritivas foram feitas por duas vezes, sendo há primeira um mês após o início do experimento, compreendendo o início da fase B, e a segunda troca foi feita um mês após o início da segunda fase, representando a fase C. As trocas das soluções foram feita a cada início de fase (três vezes), e toda vez que a CE atingia valores mínimos dentro das respectivas fases, ocorria a reposição de nutrientes. Além de corrigir os nutrientes, a renovação da solução nutritiva era realizada a fim de remover materiais orgânicos (restos de plantas, exsudatos de raízes e crescimento de

algas) que poderiam servir como substrato para o desenvolvimento de microrganismos maléficos (FURLANI et al., 1999).

Foi realizada a reposição de água para regular a demanda evapotranspirométrica através da reposição diária com água de abastecimento nos reservatórios.

As plantas foram tutoradas verticalmente, com o auxílio de fitilho e foram conduzidas em haste única. Os frutos eram colhidos duas vezes por semana quando ocorria o início da mudança de coloração, de verde para vermelho. Houve eliminação de todos os ramos laterais e foram aplicados produtos fitossanitários recomendados para o controle de pragas e doenças (ARAUJO et al., 1999).

Parâmetros avaliados

Teores de nutrientes na raiz, parte aérea e frutos

Ao completar 126 dias de experimento, as plantas foram separadas em raiz, parte aérea e frutos. Para determinar as concentrações dos nutrientes, as amostras foram postas para secar em estufa, de circulação forçada, a 65°C por 72 horas. Após a secagem, as amostras foram trituradas em moinho tipo Willey e, posteriormente, foram preparados os extratos específicos para a determinação dos nutrientes, segundo metodologia descrita por Bezerra Neto & Barreto (2004). Os nutrientes determinados na raiz, parte aérea e frutos foram: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio e cloreto.

Qualidade microbiológica nos frutos de tomate cereja

Após o término do experimento, foram determinadas as características microbiológicas dos frutos, a fim de verificar o quantitativo microbiológico em cada um dos tratamentos avaliados. A amostragem nos frutos foi realizada a partir de uma amostra composta de seis frutos por tratamento. Os frutos foram acondicionados em sacos plásticos, identificados e esterilizados e enviados para o Laboratório de Alimentos do Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE, para determinação de coliformes totais e termo tolerantes, conforme metodologia proposta por Silva et al. (2010). Na Figura 14, apresenta-se as etapas da determinação de coliformes.



Figura 14. Técnica dos tubos múltiplos: coleta de frutos (A), preparo dos extratos (B), diluição seqüencial (C), incubação (D) e resultado (+ ou – através da produção ou não de gás) (E)

Análise estatística

Os teores nutricionais obtidos foram contrastados entre a solução comercial com cada tratamento composto por efluente, mediante comparação de médias a nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SAS.

Para os teores de coliformes fecais e totais nos frutos, foi realizada análise descritiva com base na comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor nutricional das raízes, da parte aérea e do fruto

Nitrogênio

Foi verificado efeito significativo no acúmulo de nitrogênio na massa seca das raízes e na parte aérea. Nos frutos, as doses de efluente não apresentaram diferenças significativas em relação à solução comercial. Na raiz, a dose que mais acumulou nitrogênio foi com o T4 (75% de efluente de sorvete), acumulando 44,51% do total de nitrogênio absorvido pelas plantas. Na parte aérea o maior acúmulo ocorreu na solução comercial (Tabela 6), comprovando que houve efeito das doses de efluente na absorção de nitrogênio na parte aérea, uma vez que, as quantidades acumuladas estão aquém do encontrado por Soares et al. (2005) (51,2 a 55,3 g Kg⁻¹) indicando que este elemento sofreu influência com o aumento da salinidade.

Tabela 6. Contraste entre a solução nutritiva e teores de nitrogênio na raiz, na parte aérea e nos frutos das plantas testemunha (SC) e das plantas cultivadas com efluente de sorvete.

Tratamentos	Raiz	PA	Frutos
	g Kg ⁻¹		
T1	27,77	26,10	22,20
T2	33,30**	24,30 ^{ns}	24,60 ^{ns}
T3	30,10 ^{ns}	19,80**	24,60 ^{ns}
T4	34,90**	20,50**	23,00 ^{ns}
T5	25,4 ^{ns}	20,60**	20,80 ^{ns}
T6	15,2**	9,7**	-
CV (%)	8,69	9,24	11,30

No presente trabalho, o efluente utilizado apresentava altas concentrações de cloreto (Tabela 4) e essa situação pode afetar a absorção de nitrato, ocorrendo entre esses dois íons efeitos antagônicos, em condições de salinidade (BARD & TALAAB, 2008). Como alternativa para minimizar o efeito de íons na absorção de nitrogênio, aumenta-se o teor de nitrogênio, contribuindo para uma melhor tolerância em condições salinas. Porém, Blanco & Folegatti (2008) verificaram que mesmo

aumentando doses de N e K, não houve contribuição para o aumento da tolerância do tomateiro a salinidade.

Fósforo

Os teores de fósforo foram significativos nas raízes, na parte aérea e nos frutos de tomate cereja, decrescendo com o aumento da salinidade (Tabela 6).

A dose com 25% de efluente (T2) possibilitou o melhor incremento de fósforo, porém com reduções quando comparado com o T1 (SC) na raiz, parte aérea e frutos em 79,23, 76,6 e 17,72%, respectivamente. Em termos de acumulo, o maior acumulo de fósforo foi de 43,92% na raiz, seguido dos frutos com 42,83% e na parte aérea com de 13,24%. Porém, o acumulado na parte aérea ficou aquém do considerado ideal por Soares et al. (2005) 4,9 a 5,6 g Kg⁻¹ e Abrahão (2011) 6,3 g Kg⁻¹ em folhas de tomate cereja, cultivado em sistema hidropônico.

Tabela 7. Contraste entre a solução nutritiva e teores de fósforo na raiz, na parte aérea e nos frutos das plantas testemunha (SC) e das plantas cultivadas com efluente de sorvete.

Tratamentos	Raiz	PA	Frutos
	g kg ⁻¹		
T1	25,24	6,75	6,21
T2	5,24**	1,58**	5,11**
T3	1,84**	1,11**	3,22**
T4	3,32**	0,86**	3,39**
T5	3,07**	0,81**	2,76**
T6	1,09**	0,13**	2,62**
CV (%)	10,96	4,72	12,89

O fósforo favorece o desenvolvimento do sistema radicular em tomateiros. Em condições de estresse salino, Oliveira et al. (2010) e Lacerda et al. (2006) observaram redução no teor de fósforo na massa seca das raízes com o aumento da salinidade, porém ao utilizar adubações crescentes de fósforo, possibilitaram incrementos de fósforo nas raízes das plantas e minoraram o efeito da salinidade. Gratan e Grieve (1999) relatam que a interação entre a salinidade e a nutrição fosfatada nas plantas é bastante complexa e depende da espécie vegetal ou cultivar, do estado de

desenvolvimento, composição e concentração de fósforo no meio de cultivo. No presente estudo a concentração de fósforo não foi suficiente para reduzir o efeito da salinidade, principalmente na parte aérea do tomateiro.

Potássio

Em relação ao potássio houve redução com a elevação das doses de efluente, nas raízes e na parte aérea; e aumento nos frutos (Tabela 8). Os resultados obtidos na parte aérea divergem do verificado por (Freire et al., 2010) os quais verificaram aumento da absorção de potássio nas folhas de tomate, com uso de água salina, sendo a cultivar Meia Estaca a que mais absorveu potássio em 115% ao comparar o tratamento controle com o mais alto nível de salinidade (CE 6 dS m⁻¹). No presente trabalho o acúmulo de potássio do tratamento com maior índice salino (T5) comparado com a SC, representou redução 24,76%.

Tabela 8. Contraste entre a solução nutritiva e teores de potássio na raiz, na parte aérea e nos frutos das plantas testemunha (SC) e das plantas cultivadas com efluente de sorvete.

Tratamentos	g Kg ⁻¹		
	Raiz	PA	Frutos
T1	760,38	387,79	325,40
T2	365,22**	327,28**	363,03*
T3	483,39**	293,71**	350,38 ^{ns}
T4	134,77**	305,19**	343,76 ^{ns}
T5	159,95**	291,75**	341,71 ^{ns}
T6	12,23**	197,19**	396,72**
CV (%)	5,26	2,66	5,69

O potássio é requerido em grandes quantidades por frutos de tomate, sendo considerado o macronutriente mais absorvido (PRADO et al., 2011; FERNANDES, et al., 2002).

Altas concentrações de sódio podem inibir a absorção de potássio pelas plantas. O fato da salinidade afetar ou não na absorção do potássio é variável em função da existência de alguns fatores como a capacidade seletiva da variedade utilizada e as concentrações existentes de sais no meio de cultivo (TESTER & DAVENPAT, 2003).

Bosco et al. (2009) também observaram reduções na parte aérea e nas raízes com o uso de soluções salinas na absorção de potássio. A redução da absorção de potássio é influenciada pela existência de sódio, competindo pelo mesmo sítio de absorção. Outro nutriente essencial que pode afetar a absorção de potássio é o cálcio (MALAVOLTA, 2006). Ao comparar os teores de K^+ (Tabela 8) com os de Ca^{+2} (Tabela 9) e Na^+ (Tabela 11) nos frutos de tomate, verificou-se que não houve redução no acúmulo de K^+ em função da existência de Na^+ ou Ca^{+2} no efluente competindo pelo mesmo sítio de absorção

Cálcio

Houve efeito significativo do aumento das doses de efluente no teor de cálcio nas raízes, na parte aérea e nos frutos. Nas raízes, o teor de cálcio aumentou a partir do uso da dose com 75% de efluente (Tabela 9).

Segundo Furlani (2004), a salinidade pode causar a substituição do cálcio por potássio nas membranas das raízes, porém este efeito não foi observado provavelmente devido à existência de cálcio no efluente acima do recomendado para o cultivo de tomate cereja hidropônico.

Tabela 9. Contraste entre a solução nutritiva e teores de cálcio na raiz, na parte aérea e nos frutos das plantas testemunha (SC) e das plantas cultivadas com efluente de sorvete.

Tratamentos	g Kg ⁻¹		
	Raiz	PA	Frutos
T1	45,64	37,49	3,75
T2	27,85 ^{ns}	54,91 ^{**}	4,41 ^{**}
T3	14,78 [*]	43,60 ^{**}	4,69 ^{**}
T4	59,01 ^{ns}	46,59 ^{**}	4,40 ^{**}
T5	126,22 ^{**}	40,28 ^{ns}	4,35 ^{**}
T6	341,78 ^{**}	45,63 ^{**}	3,54 ^{ns}
CV (%)	16,01	6,46	5,71

A ocorrência de cálcio nos frutos é menor quando comparado com o quantitativo nas raízes e na parte aérea (folhas e caule) conforme relatado por Malavolta (2006).

Para minimizar os efeitos do estresse salino, tendo como principal íon a existência de Na^+ , aplica-se sulfato de cálcio (5 mM) na solução nutritiva, uma vez que, as plantas supridas por cálcio tem uma melhor proteção na membrana celular, sendo possível reduzir a concentração de sódio nas folhas de tomate em 72,09% (TUNA et al., 2007).

Os teores de cálcio existentes nos tratamentos que receberam efluentes estão acima do recomendado por Silva (1999) que é de 14-40 g Kg^{-1} em folhas de tomateiro.

Magnésio

O teor de magnésio decresceu com o aumento das doses de efluente nos frutos e na parte aérea e aumentou até a dose com 100% de efluente (T5) na parte aérea (Tabela 10).

Bosco et al. (2009) observaram diminuição da absorção de magnésio em condições salinas. A diminuição na absorção de magnésio, do ponto de vista fisiológico, é devido à alta energia de hidratação e ao maior tamanho do raio iônico do íon Mg^{+2} quando comparado com o íon Ca^{+2} , podendo resultar em plantas com deficiência em magnésio e preferência na absorção por Ca^{+2} (MARCHENER, 1995).

Tabela 10. Contraste entre a solução nutritiva e teores de magnésio na raiz, na parte aérea e nos frutos das plantas testemunha (SC) e das plantas cultivadas com efluente de sorvete.

Tratamentos	g Kg^{-1}		
	Raiz	PA	Frutos
T1	2,79	4,78	1,29
T2	3,31 [*]	4,71 ^{ns}	1,38 ^{ns}
T3	2,49 ^{ns}	4,35 [*]	1,32 ^{ns}
T4	3,78 ^{**}	2,44 ^{**}	1,18 ^{ns}
T5	3,97 ^{**}	3,46 ^{**}	1,21 ^{ns}
T6	1,89 ^{**}	4,48 ^{ns}	2,89 ^{**}
CV (%)	9,26	6,71	6,26

Em condições não salinas, Soares et al. (2005) observaram teor médio de magnésio em folhas de tomate cereja com 5,3 a 6,9 g Kg^{-1} e Abrahão obteve teor médio de 5,2 g Kg^{-1} . No presente experimento, a melhor absorção de Mg^{+2} foi com o uso da

solução nutritiva (T1) em 4,78 g Kg⁻¹; e a menor absorção de 2,44 g Kg⁻¹ (T4), representando uma redução de 48,96% quando comparado com a solução comercial.

Sódio

Houve aumento significativo do sódio com o aumento da salinidade nas raízes, na parte aérea e nos frutos (Tabela 11).

As plantas de tomate acumularam maiores concentrações de sódio nas raízes, seguido da parte aérea e conseqüentemente houve menor translocação para os frutos. O aumento crescente da absorção de sódio se deu em virtude do aumento da concentração deste elemento na solução nutritiva.

Tabela 11. Contraste entre a solução nutritiva e teores de sódio na raiz, na parte aérea e nos frutos das plantas testemunha (SC) e das plantas cultivadas com efluente de sorvete.

Tratamentos	Raiz			PA			Frutos		
	g Kg ⁻¹								
T1	52,20			16,51			4,12		
T2	126,16 ^{**}			33,78 ^{ns}			13,31 ^{**}		
T3	132,36 ^{**}			37,73 [*]			15,96 ^{**}		
T4	115,22 ^{**}			161,35 ^{**}			20,73 ^{**}		
T5	140,83 ^{**}			69,84 ^{**}			23,14 ^{**}		
T6	64,46 ^{ns}			127,90 ^{**}			14,86 ^{**}		
CV (%)	7,25			22,79			17,77		

O cultivo de tomate com águas salinas pode causar a substituição na absorção de nutrientes pelas raízes, sendo possível a substituição de cálcio por potássio e sódio (FURLANI, 2004). Freire et al. (2010) observaram redução de cálcio nas folhas de tomate, enquanto que as concentração de sódio cresceram com o aumento da salinidade.

Características microbiológicas do efluente

O efluente de sorvete tratado apresentou baixo valor de coliformes termotolerantes quando comparado com os limites máximos preconizados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (Tabela 12).

De acordo com as diretrizes da OMS (WHO, 1989), os valores de coliformes fecais (média geométrica) devem ser menores que 1000 NMP por 100 mL⁻¹ quando ocorre a utilização de águas na irrigação de culturas a serem consumidas cruas. Logo, o efluente tratado da indústria de sorvete não apresentou restrições ao uso para irrigação de culturas a serem consumidas cruas.

Tabela 12. Valores médios de parâmetros microbiológicos determinados no efluente

Parâmetro	Efluente
Coliformes termotolerantes (NMP 100 mL ⁻¹)	< 1,1
Coliformes totais (NMP 100 mL ⁻¹)	< 1,1

Características microbiológicas do fruto

Não houve variação de coliformes termotolerantes (CTERM) e coliformes totais (CT) ao utilizar diferentes percentuais de efluente nas soluções nutritivas, com exceção para o tratamento composto por água + nutrientes químicos (Tabela 13).

Todos os tratamentos apresentaram qualidade sanitária aceitável para o consumo humano, sem ocasionar riscos à saúde humana, uma vez que, de acordo com as diretrizes da ANVISA (2001) o valor máximo permitido de coliformes fecais (média geométrica) existentes em hortaliças frescas in natura é de $1,0 \times 10^2$ NMP g⁻¹.

Tabela 13. Características microbiológicas de tomate cereja hidropônico coletado em diferentes tratamentos

Parâmetro	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Coliformes termotolerantes (NMP g ⁻¹)	23	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Coliformes totais (NMP g ⁻¹)	9,2	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0

Na irrigação, a depender do método a ser utilizado, poderá proporcionar níveis de contaminação diferenciados, como observado por Oron et al. (1991) ao utilizarem o método de irrigação por gotejamento houve um menor índice de contaminação

microbiológica nas plantas, enquanto que a utilização de irrigação por aspersão pode representar maiores riscos de contaminação devido ao contato direto do efluente com a parte comestível (SANDRI, 2003).

CONCLUSÕES

1. O acúmulo de macronutrientes na raiz decresceu na seguinte ordem: $K > Ca > N > P > Mg$ e nos frutos foi $K > N > P > Ca > Mg$;
2. A adição de 25% de efluente de sorvete propiciou maior acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea quando comparado com a SC;
3. A maior absorção de sódio na raiz ocorreu com o uso de 100% de efluente complementado por nutrientes, enquanto que na parte aérea e nos frutos o uso de 75% de efluente proporcionou maior acúmulo;
4. O efluente da indústria sorvete pode ser utilizado na composição da solução nutritiva, em sistemas hidropônicos, sem ferir as diretrizes preconizadas pela legislação sanitária Brasileira para o consumo humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, C. **Relação K:Ca:Mg na solução nutritiva para o cultivo de mini tomate em substrato**. Botucatu: FCA/UNESP. 2011. 86p. Dissertação Mestrado.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2009. 497p.

ANVISA. Resolução nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.

ARAÚJO, J. A. C.; MARTINEZ, H. E. P.; JÚNIOR, A. B.; SCOTTI, C. A.; SILVA, M. L. J.; MEYER, A. R. K. **Cultivo hidropônico do tomateiro**. Brasília: SENAR, 1999. 112p.

BARD, M. A.; TALAAB, A. S. Response of tomatoes to nitrogen supply through drip irrigation system under salt stress conditions. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.2, n.1, p. 149-156, 2008.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos em análises químicas de plantas**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2004. 148p.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: III. Produção e qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p. 122-127, 2008.

BOSCO, M. R. O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, G. F. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.2, p. 157-164, 2009.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n.1, p. 90-94, 2002.

FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p. 564-570, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FREIRE, A. L. O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P.; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina: Ciência Agrárias**, v.31, suplemento 1, p.1133-1144, 2010.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.40-75, 2004.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Estruturas para o cultivo hidropônico. In: Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p. 72-80, 1999.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 78, n. 01/04, p. 127-157, 1999.

LACERDA, C. F.; MORAIS, H. M. M.; PRISCO, J. T.; FILHO, E. G.; BEZERRA, M. A. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.2, p.258-263, 2006.

LAMEPE – Laboratório de Meteorologia de Pernambuco.
<http://www.itep.br/LAMEPE.asp>, 10 Jul, 2011.

LOOS, R. A.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; PICANÇO, M. C. Identificação e quantificação dos componentes de perdas de produção em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n.2, p.281-286, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

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

MARTINEZ, H. E. P.; BRACCINI, M. C. L.; BRACCINI, A. L. Cultivo hidropônico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Revista Unimar**, v. 19, n.3, p.721-740, 1997.

METCALF e EDDY. Inc. **Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse**. 4 ed. New York, McGraw – Hill Book, 1815p. 2003.

MORAES, C. A. G.; FURLANI, P. R. **Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido**. In: Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n. 200/201, p. 105-113, 1999.

OLIVEIRA, F. R. A.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; SOUSA, V. F. L.; FREIRE, A. G. Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.4, p. 519-526, 2010.

ORON, B. G.; DEMALACH, J.; HOFFMAN, Z.; SHELEF, G. Residual contamination of crops irrigated with effluent. **Journal of irrigation and drainage engineering**, v.117, n.1, p.115-126. 1991.

PRADO, R. M.; SANTOS, V. H. G.; GONDIM, A. R. O.; ALVES, A. V.; FILHO, A. B. C.; CORREIA, M. A. R. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.1, p.19-30, 2011.

SANDRI, D. **Irrigação da cultura da alface com água residuária tratada com leitos cultivados com macrófita**. Campinas, SP. Unicamp: 207p. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola).

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p. Comunicação para transferência de tecnologia.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e de água**. 4º ed. São Paulo: Varela, 2010. 133p.

SOARES, I.; SOUZA, V. S.; CRISOSTOMO, L. A.; SILVA, L. A. Efeito do volume de solução nutritiva na produção e nutrição do tomateiro tipo cereja cultivado em substrato. **Revista Ciência Agrônômica**, v.36, n.2, p. 152-157, 2005.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; FERREIRA, P. A. Parâmetros de crescimento de tomateiros produzidos com água residuária de suinocultura. **Engenharia Ambiental**, v.7, n.2, p. 97-109, 2010.

TESTER, M.; DAVENPAT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, n.5, p. 503-527, 2003.

TUNA, A. L.; KAYA, C.; ASHRAF, M.; ALTUNLU, H.; YOKAS, I.; YAGMUR, B. The effects of calcium sulphate on growth membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.59, n.2, p. 173-178, 2007.

WHO (World Health Organization). **Health guideline for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Report of a WHO Scientific group. Geneva: Who technical report series n.778, 1989. 72p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho objetivou de forma geral avaliar, de forma pioneira, o cultivo de tomate cereja em sistema hidropônico com efluente proveniente de uma indústria de sorvete, na Região Metropolitana de Recife, PE. A escolha do efluente deu-se ao bom quantitativo de cálcio, nutriente este de suma importância no cultivo de tomate. Porém, o efluente em questão apresentou algumas desvantagens como o alto teor de sódio (Na), cloreto (Cl) e do próprio cálcio (Ca) contribuindo para aumentar o nível salino. A fim de otimizar e avaliar o uso de efluente na solução nutritiva, o mesmo foi inserido de forma diluída até a totalidade (25%, 50%, 75% , 100%) e 100% sem complementação com nutrientes com o intuito de substituir parcial ou totalmente os nutrientes quando comparado com a solução nutritiva comercial.

Os resultados apresentados nesta dissertação fornecerão informações importantes a serem consideradas em futuras pesquisas, sendo possível recomendar o quantitativo de efluente na solução nutritiva para o cultivo de tomate cereja em sistema hidropônico, de modo a obter máxima eficiência agrônômica e melhor destino ambiental para os efluentes. Sendo assim, nas condições em que foi realizada a pesquisa, sugere-se aplicar até 50% do efluente na composição nutricional e volumétrica da solução nutritiva utilizada pelos produtores de tomate cereja em sistema hidropônico, tipo NFT. Além disso, foi verificado que o uso de doses acima de 50% representou decréscimo linear em função do aumento da salinidade, comprometendo a absorção de água, o crescimento e conseqüentemente a produtividade, além de proporcionar a absorção elevada de sódio nos tecidos vegetais, possível de acarretar toxicidade.

Do ponto de vista nutricional, a salinidade influenciou na absorção de nutrientes (N, P e Mg). Quanto aos aspectos sanitários, o uso pode ser utilizado sem qualquer restrição na irrigação de hortaliças consumidas sem cozimento. A produção de tomate cereja é viável com a aplicação de efluente de sorvete, principalmente devido ao teor de Ca, evitando a ocorrência de frutos com podridão negra e possibilitando uma menor reposição de nutrientes na solução nutritiva ao longo das fases fenológica desta cultura.

Como objetivo para nortear futuras pesquisas no aproveitamento de águas residuárias no cultivo de tomate cereja em sistema hidropônico, algumas questões devem ser consideradas e pesquisadas tais como, interação entre nutrientes; avaliar outras variedades/híbridos; uso de outros tipos de efluentes na mesma área experimental ou em outras condições de cultivo (fertirrigação e hidroponia com uso de substrato) de modo a complementar ou consolidar as informações obtidas neste experimento.