

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MÁRIO DE OLIVEIRA REBOUÇAS NETO

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO, DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE
NITROGÊNIO E DE POTÁSSIO NA CULTURA DO TOMATEIRO**

FORTALEZA - CE

2014

MÁRIO DE OLIVEIRA REBOUÇAS NETO

MANEJO DA IRRIGAÇÃO, DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E
DE POTÁSSIO NA CULTURA DO TOMATEIRO

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

R241m Rebouças Neto, Mário de Oliveira.
 Manejo da irrigação, doses e formas de aplicação de nitrogênio e de potássio na cultura do
tomateiro / Mário de Oliveira Rebouças Neto. – 2014.
 128 f.: il. color., enc.; 30 cm.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,
Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola,
Fortaleza, 2014.

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientação: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo.

Coorientação: Dr Ebenezer de Oliveira Silva

1. Fertirrigação 2. Tomate 3. Irrigação e drenagem. I. Título.

CDD 630

MÁRIO DE OLIVEIRA REBOUÇAS NETO

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO, DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE
NITROGÊNIO E DE POTÁSSIO NA CULTURA DO TOMATEIRO**

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 24 de novembro de 2014

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo (Orientador)

Universidade Federal do Ceará

Pesquisador Dr. Ebenezer de Oliveira Silva (Coorientador)

Embrapa Agroindústria Tropical

Prof. Dra. Lilian Cristina Castro de Carvalho (Conselheira)

Instituto Federal do Ceará (Campus Sobral)

Prof. Dr. Luís Gonzaga Pinheiro Neto (Conselheiro)

Instituto Federal do Ceará (Campus Sobral)

Prof. Dr. Marco Antônio Rosa de Carvalho (Conselheiro)

Instituto Federal do Ceará (Campus Sobral)

Aos meus queridos pais Hugo e Marlene (*in memoriam*);

Aos meus irmãos Daniel e Daniely

Aos meus tios Abadias e Margarete

Aos meus cunhados Ana Flávia e Willian

As minhas avós Leocádia e Mocinha (*in memoriam*)

Aos meus avôs Mário e José (*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar a minha vida e por me conduzir nos caminhos de sabedoria e simplicidade.

Aos meus pais, por toda humildade, e por minha educação, formação, apoio e incentivo.

Diante de todas as dificuldades e força de vontade de concluir o curso de pós-graduação, eu não poderia deixar de agradecer de forma especial ao Prof. Benito, por me orientar e passar mais do que conhecimentos, me ensinado a persistir e superar obstáculos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, ao Departamento de Engenharia Agrícola e aos seus funcionários e professores;

Ao CNPq pela concessão da bolsa, imprescindível para realização do Doutorado;

Ao Prof. Thales Viana, pela sua amizade, ensinamentos e atenção;

Aos Professores Claudivan, Nonato, Albanise, Luís Neto, Renato, João Hélio e Luís Camboim.

Aos amigos Geocleber, José Bruno, Newdmar e André Henrique que me ajudaram a superar as dificuldades encontradas no curso, a vocês meus sinceros agradecimentos.

Ao pesquisador da Empresa Agroindústria Tropical, Dr. Ebenezer de Oliveira Silva, pelas valiosas sugestões.

À equipe de Pesquisa em Quimigação da UFC: Rodrigo, Newdmar, José Bruno, Geocleber, Lilian, Liliane, João Guilherme, Rufino, Thamiris, Carol Bayma, Thiago Mesquita, Aglodoaldo, Denise, Elayne e Jamille pela amizade e pelo apoio na condução dos experimentos.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

O manejo da irrigação e o uso das adubações potássica e nitrogenada pelo método convencional ou fertirrigada pode ser uma opção de incremento na produtividade dessa cultura. Nesse sentido, objetivou-se avaliar: os efeitos de lâminas e frequências de irrigação e de doses de nitrogênio e de potássio aplicadas de forma convencional e por fertirrigação na cultura do tomate. Os experimentos foram conduzidos em campo, solo Argissolo Vermelho Amarelo, na área experimental da Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará. O sistema de irrigação utilizado na condução do experimento foi do tipo gotejamento. O delineamento utilizado nos experimentos com lâminas e frequências de irrigação foi de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos com lâminas de irrigação foram: 30; 60; 90; 120; 150 e 180% da evapotranspiração de referência de Penman-Monteith; e os com frequências de irrigação foram: F2 (irrigação a cada dois dias); F3 (irrigação a cada três dias); F4 (irrigação a cada quatro dias); F5 (irrigação a cada cinco dias); F6 (irrigação a cada seis dias) e F7 (irrigação a cada sete dias), com lâminas acumuladas no período correspondente. Já, para os experimentos de doses e formas (convencional ou fertirrigação) de aplicação de nitrogênio e de potássio o delineamento experimental contou com oito tratamentos e quatro blocos. Os tratamentos foram: C₀ e F₀ (controle, nas duas formas de aplicação); C₅₀ (metade da dose recomendada aplicada de forma convencional); F₅₀ (metade da dose recomendada aplicada por fertirrigação); C₁₀₀ (dose recomendada aplicada de forma convencional); F₁₀₀ (dose recomendada aplicada por fertirrigação); C₂₀₀ (dobro da dose recomendada aplicada de forma convencional) e F₂₀₀ (dobro da dose recomendada aplicada por fertirrigação). No 20º dia após o transplantio (DAT), quando as plantas já estavam aclimatizadas no campo, foram iniciados os tratamentos dos quatro experimentos, conduzidos de maneira independente. A colheita se iniciou no 70º DAT e concluída aos 120 DAT. Foram analisadas as seguintes variáveis: comprimento do fruto (mm), diâmetro do fruto (mm), espessura do pericarpo (mm), massa do fruto (g), firmeza (N) e número de frutos por planta, foram ainda estimadas: a produção por planta (kg) e a produtividade (t ha⁻¹). Também, foi avaliada a qualidade dos frutos em relação: ao teor de sólidos solúveis (SS), à acidez titulável (AT), ao pH e à relação (SS/AT). No experimento com lâminas de irrigação, concluiu-se que lâminas maiores foram essenciais para o ótimo desempenho agrícola e que lâminas de irrigação moderadas podem ser usadas com sucesso para a produção de tomate para processamento na indústria, mantendo a qualidade dos frutos. A irrigação por gotejamento com nível de 180% da evapotranspiração de referência calculada com a metodologia de Penman-Monteith, proporcionou frutos dentro do padrão de qualidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para a comercialização “*in natura*”, sendo essa lâmina a que proporcionou maior rendimento em termos econômico. No Experimento com frequência de irrigação a maior produtividade do tomateiro, está associada à adoção de uma frequência de irrigação de dois dias. Essa frequência também proporcionou os melhores frutos quando da avaliação de suas qualidades físicas (diâmetro, comprimento e espessura do pericarpo dos frutos) sendo essa frequência a que proporcionou maior rendimento em termos econômico. Os experimentos de doses e formas de adubação nitrogenada indicaram que a adubação convencional foi mais promissora do que a fertirrigação, com melhores resultados proporcionados, com destaque para a produtividade. As diferentes formas de aplicação do potássio afetaram significativamente todas as variáveis, com resultados mais expressivos proporcionados pelas doses aplicadas de forma convencional, já para as demais variáveis o método fertirrigado foi mais promissor, com a dose recomendada, que expressou uma maior produtividade.

Palavras-chave: Penman-Monteith, *Lycopersicon esculentum*, Fertirrigação, Quimificação.

ABSTRACT

Considering this, we thought of irrigation management and of potassium and nitrogen fertilizing (both conventionally and by fertigation) as an option to increase tomato crop yield. Thus this study was performed, aimed at evaluating the effects of different irrigation levels and frequencies, and nitrogen doses and potassium doses, applied both conventionally and by fertigation on tomato crop. The experiment was conducted in the field, on Red Yellow Podzolic soil, in the experimental area of the weather station of the “Universidade Federal do Ceará” (Fortaleza, Ceará, Brazil). It was used a drip irrigation system, with an average emitter flow rate of 4Lh^{-1} . The design used in the experiments on irrigation level and frequency was that of randomized blocks with six treatments and four blocks. The irrigation level treatments were: 30, 60, 90, 120, 150 and 180 % of the reference evapotranspiration (E_{To} , mm day^{-1}) based on the Penman- Monteith reference evapotranspiration. As to the irrigation frequencies tested, they were: F2 = (irrigation every 2 days), F3 = (irrigation every 3 days), F4 = (irrigation every 4 days), F5 = (irrigation every 5 days), F6 = (irrigation every 6 days) and F7 = (irrigation every 7 days), all with accumulated levels. As to the experiment of fertilizing doses and application (fertigation or conventional) of nitrogen and potassium, the experimental design was also of randomized blocks, with eight treatments and four replications. The treatments were: T1 = Control (no fertilizer, T2 = 50 % of the recommended dose conventionally applied, T3 = 50 % of the recommended dose applied by fertigation, T4 = 100 % of the recommended dose (300 and 400 kg ha^{-1} of N and K, respectively) conventionally applied, T5 = 100 % of the recommended dose applied by fertigation, T6 = 200 % of the recommended dose conventionally applied and T7 = 200 % of the recommended dose applied by fertigation. At the 20th day after transplanting (DAT), when the plants were already acclimatized to the field, the treatments of the four independently conducted experiments were initiated. The harvest began on 70 DAT and was completed at 120 DAT. The following variables were analyzed: length (mm), diameter (mm), pericarp thickness (mm), mass (g), firmness (N), number of fruits per plant, production per plant (kg), and plant productivity (t ha^{-1}). Regarding fruit quality, were also analyzed: soluble solids (SS), titratable acidity (TA), pH and the ratio (SS/TA). In the experiment with irrigation it was concluded that higher irrigation levels are essential for optimal plant performance in agricultural terms, but moderate irrigation levels can be successfully used for tomato production for industrial processing, as well as maintaining fruit quality. Drip irrigation with an irrigation level of 180 % of the reference evapotranspiration (calculated with the Penman-Monteith method) yielded fruit within the quality standard of the Ministry of Agriculture, Cattle and Supply for the fresh fruit market. The frequency of irrigation that provided the best results for the physical analysis of fruits and yield, was the higher irrigation frequency, i.e., irrigation every two days. Considering the chemical and physico-chemical parameters of fruit quality, the irrigation frequencies between 3 and 4 days are ideal for tomato production for industrial processing, longer intervals being unfeasible, since yields fall considerably for longer intervals. Doses and methods of nitrogen fertilizing showed conventional nitrogen fertilizing as more promising than nitrogen fertigation, since conventional methods achieved the best results, particularly in terms of yield, where the best averages were achieved with the lowest fertilizer dose via conventional fertilization. As for doses and methods of potassium application, the different forms of potassium application significantly affected all variables, where the applied treatments significantly affected leaf potassium analysis, with the more significant results being achieved by conventionally applied doses, while for all other variables, the fertigation method was more promising, with the recommended dose expressing the highest yield.

Keywords: Penman-Monteith, Fertilization, Fertigation, Chemigation

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Localização e vista aérea da área experimental na Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, 2011.....	33
Figura 02	Visualização da cultura do tomateiro (A) e dos frutos (B), aos 76 e 96 DAT respectivamente, Fortaleza, Ceará, 2011.....	36
Figura 03	Desenho esquemático do cabeçal de controle com sistema de injeção de fertilizantes, Fortaleza, Ceará, 2011.....	37
Figura 04	Layout do sistema de irrigação utilizado nos experimentos, de acordo com o tratamento (T) e bordadura (B), Fortaleza, Ceará, 2011.....	38
Figura 05	Tensímetro instalado nos experimentos com tomateiro, Fortaleza, Ceará, 2011.....	40
Figura 06	Espaldeiras instaladas nos experimentos com tomateiro, Fortaleza, Ceará, 2011.....	41
Figura 07	Área experimental subdividida para instalação dos quatro experimentos com a cultura do tomateiro, Fortaleza, Ceará, 2011.....	42
Figura 08	Croqui dos blocos utilizados nos experimentos com lâminas e frequências de irrigação na cultura do tomateiro, Fortaleza, Ceará, 2011.....	44
Figura 09	Diâmetro dos frutos (DF) de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	52
Figura 10	Comprimento dos frutos (CF) de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	53
Figura 11	Firmeza dos frutos (FF) de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	54
Figura 12	Número de frutos por planta (FP) de tomateiro em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	56
Figura 13	Massa dos frutos (MF) de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	57
Figura 14	Produção por planta (PP) de tomateiro em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	58
Figura 15	Produtividade (PROD) do tomateiro em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	58
Figura 16	Sólidos solúveis (SS) em frutos de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	60
Figura 17	Acidez titulável (AT) em frutos de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	61
Figura 18	Receita líquida, em reais (R\$), obtida com a cultura do tomateiro em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	62
Figura 19	Diâmetro dos frutos (DF) de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	64
Figura 20	Comprimento dos frutos (CF) de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	64

Figura 21	Firmeza dos frutos (FF) de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	66
Figura 22	Espessura do pericarpo dos frutos (EP) de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	67
Figura 23	Número de frutos por planta (FP) de tomateiro em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	68
Figura 24	Massa dos frutos (MF) de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	69
Figura 25	Produção por planta (PP) de tomateiro em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	70
Figura 26	Produtividade (PROD) da cultura do tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	71
Figura 27	Sólidos solúveis (SS) em frutos de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	73
Figura 28	Acidez titulável (AT) em frutos de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	74
Figura 29	Relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em frutos de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	75
Figura 30	Receita líquida, em reais (R\$), obtida com a cultura do tomateiro em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	76
Figura 31	Firmeza dos frutos (FF) de tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011...	79
Figura 32	Nitrogênio foliar (FN) na cultura do tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	80
Figura 33	Número de frutos por planta (FP) de tomateiro em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	83
Figura 34	Massa dos frutos (MF) de tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011...	84
Figura 35	Produção por planta (PP) de tomateiro em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	86
Figura 36	Produtividade (PROD) da cultura do tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	87
Figura 37	Sólidos solúveis (SS) em frutos de tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	90
Figura 38	Potencial hidrogeniônico (pH) em frutos de tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	91
Figura 39	Acidez titulável (AT) em frutos de tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	92

Figura 40	Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em frutos de tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	93
Figura 41	Receita líquida, em reais (R\$), da produtividade do tomateiro em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	94
Figura 42	Análise do K foliar (FK) na cultura do tomate em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	97
Figura 43	Massa dos frutos (MF) de tomate em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	100
Figura 44	Produção por planta (PP) de tomateiro em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011...	102
Figura 45	Produtividade (PROD) da cultura do tomate em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	103
Figura 46	Sólidos solúveis (SS) em frutos de tomate em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (Δ) e fertirrigado (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	106
Figura 47	Acidez titulável (AT) em frutos de tomate em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	107
Figura 48	Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em frutos de tomate em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011.....	108
Figura 49	Receita líquida, em reais (R\$), da produtividade do tomateiro em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Dados mensais de variáveis climáticas durante a condução dos experimentos, Fortaleza, Ceará, 2011.....	34
Tabela 02	Resultado da análise física do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,2 m, Fortaleza, Ceará, 2011.....	34
Tabela 03	Resultado da análise química do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,2 m, Fortaleza, Ceará, 2011.....	35
Tabela 04	Percentual da evapotranspiração de referência de Penman-Monteith (ET _o) e lâmina total de irrigação (Li) de cada tratamento, Fortaleza, Ceará, 2011.....	42
Tabela 05	Descrição dos tratamentos do experimento com doses e formas de aplicação de N, Fortaleza, Ceará, 2011.....	45
Tabela 06	Descrição dos tratamentos do experimento, doses e formas de aplicação de K ₂ O, Fortaleza, Ceará, 2011.....	46
Tabela 07	Resumo da análise de variância para: diâmetro dos frutos (DF); comprimento dos frutos (CF); firmeza dos frutos (FF) e espessura do pericarpo (EP), em plantas de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011....	51
Tabela 08	Resumo da análise de variância para o número de frutos por planta (FP), massa dos frutos (MF), produção por planta (PP) e produtividade (PROD), em plantas de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	55
Tabela 9	Resumo da análise de variância para sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e relação SS/AT, em plantas de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	59
Tabela 10	Resumo da análise de variância para o diâmetro dos frutos (DF), comprimento dos frutos (CF), firmeza dos frutos (FF) e espessura do pericarpo dos frutos (EP), em plantas de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	63
Tabela 11	Resumo da análise de variância para: número de frutos por planta (FP), massa dos frutos (MF), produção por planta (PP) e produtividade (PROD), em plantas de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	67
Tabela 12	Resumo da análise de variância para sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e relação SS/AT, em plantas de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	72
Tabela 13	Resumo da análise de variância para o diâmetro dos frutos (DF), comprimento dos frutos (CF), firmeza dos frutos (FF), espessura do pericarpo dos frutos (EP) e análise foliar de nitrogênio (FN), em função da dose de N aplicada de forma convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	77
Tabela 14	Valores médios das interações significativas da análise de variância referente à firmeza dos frutos (FF) submetida a diferentes doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹ de N) aplicadas pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT).....	78

Tabela 15	Valores médios significativos da análise de variância referentes ao nitrogênio foliar (FN) na cultura do tomate submetida a diferentes doses de nitrogênio (kg ha^{-1} de N) aplicadas pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT).....	80
Tabela 16	Resumo da análise de variância para o número de frutos por planta (FP), massa dos frutos (MF), produção por planta (PP) e produtividade (PROD) da cultura do tomate em função da dose de N aplicada de forma convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	81
Tabela 17	Valores médios das interações significativas da análise de variância referente ao número de frutos por planta (FP) no tomateiro submetido a doses de nitrogênio (kg ha^{-1} de N) aplicadas pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT).....	82
Tabela 18	Valores médios significativos da análise de variância referentes à produção por planta (PP) e produtividade (PROD) do tomateiro submetido a diferentes doses de nitrogênio (kg ha^{-1} de N) aplicadas pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT).....	85
Tabela 19	Resumo da análise de variância para os sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e relação SS/AT em frutos de tomateiro em função da dose de N aplicada de forma convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	88
Tabela 20	Valores médios das interações significativas da análise de variância referente aos sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT em frutos de tomateiro submetido a diferentes doses de nitrogênio (kg ha^{-1} de N) aplicadas pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT).....	89
Tabela 21	Resumo da análise de variância para o diâmetro do fruto (DF), comprimento do fruto (CF), firmeza do fruto (FF), espessura do pericarpo do fruto (EP) e análise do K foliar (FK) da cultura do tomate em função da dose de K_2O aplicada pelo método convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	95
Tabela 22	Valores médios das interações significativas da análise de variância referente à análise do K foliar (FK) no tomateiro em função da dose de K_2O (kg ha^{-1}) aplicada pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT).....	97
Tabela 23	Resumo da análise de variância para o número de frutos por planta (FP), massa dos frutos (MF), produção por planta (PP) e produtividade (PROD) em função da dose de K_2O aplicada pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT), Fortaleza, Ceará, 2011.....	98
Tabela 24	Valores médios significativos da análise de variância referente ao número de frutos por planta (FP), produção por planta (PP) e produtividade (PROD) da cultura do tomate submetida a doses de potássio aplicadas pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT).....	99
Tabela 25	Valores médios das interações significativas da análise de variância referente à massa do fruto (MF) do tomateiro em função da dose de K_2O (kg ha^{-1}) aplicada pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT).....	99

Tabela 26	Resumo da análise de variância para firmeza do fruto (FF), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e relação (SS/AT), em função da dose de K ₂ O aplicada pelo método convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011.....	104
Tabela 27	Valores médios das interações significativas da análise de variância referente aos sólidos solúveis (SS) do tomate em função da dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹) aplicada pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT).....	105

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 HIPÓTESES	18
3 OBJETIVO GERAL	18
3.1 Objetivos específicos	18
4 REVISÃO DE LITERATURA	19
4.1 A cultura do tomateiro	19
4.1.1 Origem e características da cultura.....	19
4.1.2 Importância econômica.....	21
4.1.3 Manejo da irrigação	22
4.1.3.1 Lâmina de irrigação.....	22
4.1.3.2 Frequência de irrigação.....	24
4.1.4 Manejo da adubação	25
4.1.4.1 Adubação nitrogenada	26
4.1.4.2 Adubação potássica.....	28
4.1.5 Quimigação	29
5 MATERIAL E MÉTODOS	33
5.1 Caracterizações da área experimental	33
5.1.1 Localização.....	33
5.1.2 Clima da região.....	33
5.1.3 Solo da área experimental.....	34
5.2 Cultura	35
5.3 Preparo da área	35
5.4 Sistema de irrigação	35
5.5 Instalação e condução dos experimentos	40
5.6 Área experimental	41
5.6.1 Delineamento experimental.....	41
5.7 Descrições dos experimentos	42
5.7.1 Experimento I: Lâminas de irrigação	42
5.7.2 Experimento II: Frequência de irrigação	43
5.7.2.1 Variáveis analisadas nos experimento de lâminas e frequência de irrigação	44
5.7.3 Experimento III: Doses e formas de aplicação de nitrogênio	45
5.7.4 Experimento IV: Doses e formas de aplicação de potássio	46
5.7.4.1 Variáveis analisadas nos experimentos de doses e formas de aplicação de nitrogênio e potássio	47
5.8 Análises estatísticas	47
5.9 Análise econômica	47
5.10 Análises pós-colheita	48

5.10.1 Avaliações Físicas	48
5.10.1.1 Espessura do pericarpo, comprimento e diâmetro dos frutos.....	48
5.10.1.2 Massa e número de frutos.....	49
5.10.1.3 Firmeza dos frutos	49
5.10.2 Avaliações físicas e químicas	49
5.10.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH).....	49
5.10.2.2 Sólidos solúveis.....	49
5.10.2.3 Acidez titulável	50
5.10.2.4 Relação SS/AT	50
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
6.1 Experimento I: Lâminas de irrigação.....	51
6.1.1 Características físicas dos frutos	51
6.1.2 Produtividade	54
6.1.3 Análises química e físico-química de frutos de tomate	59
6.1.4 Análise econômica.....	62
6.2 Experimento II: Frequência de irrigação	63
6.2.1 Características físicas dos frutos	63
6.2.2 Produtividade	67
6.2.3 Análise química e físico-química de frutos de tomates	72
6.2.4 Análise econômica.....	75
6.3 Experimento III: Doses e formas de aplicação de nitrogênio	77
6.3.1 Características físicas dos frutos e análise foliar	77
6.3.2 Produtividade	81
6.3.3 Análise química e físico-química de frutos de tomates	87
6.3.4 Análise econômica.....	93
6.4 Experimento IV: Doses e formas de aplicação de potássio.....	95
6.4.1 Características físicas dos frutos e análise foliar	95
6.4.2 Produtividade	98
6.4.3 Análise química e físico-química de frutos de tomates	103
6.4.4 Análise econômica.....	109
7. CONCLUSÕES.....	110
REFERÊNCIAS	112

1 INTRODUÇÃO

O contínuo crescimento da população mundial exige que a agricultura seja competitiva e tecnificada ao ponto de possibilitar a produção de alimentos de melhor qualidade e em maior quantidade. Na região Nordeste do Brasil, em especial no Ceará, a agricultura irrigada vem aumentando bastante a produção agrícola, possibilitando suprir a demanda por alimentos, e nesse âmbito, ganha destaque o setor da horticultura. Neste setor, a cultura do tomateiro apresenta grande importância, pois, além de apresentar excelente valor nutricional, com seus frutos podendo ser comercializados na forma *in natura* para o consumo de mesa ou processado, na forma de molhos, extratos, sucos, polpas, ketchups, entre outras, contribuindo assim para a melhoria da saúde da população, bem como para a geração de emprego e renda e para fixação do homem ao campo.

O Brasil ocupa o oitavo lugar no *ranking* da produção, com 4,4 milhões de toneladas obtidas em 2011 em 72 mil hectares plantados (FAO, 2013). Esses valores significam uma média de 61,3 t/ha ou seja, o dobro da média da produtividade mundial, que chega a 27 t/ha.

No Nordeste, a cultura é explorada, principalmente, por pequenos produtores rurais. Dessa forma, a atividade possui grande importância socioeconômica para a região, com ênfase para os Estados de Pernambuco, Bahia e Ceará (BANCO DO NORDESTE, 2010). O Ceará, na região, é o terceiro maior produtor (18,4%). Entretanto, em termos de valor da produção, ocupou em 2011 o segundo lugar, contribuindo com 24,4% do total regional (IBGE, 2013).

Entretanto, a produção de tomate ainda está, em muitos casos, associada ao manejo inadequado da irrigação e da adubação e ao emprego de sistemas de irrigação pouco eficientes, que afetam negativamente a produção. Sistemas de irrigação que pulverizam a água sobre as folhas da cultura favorecem o aparecimento e a proliferação de patógenos, intensificando o uso de agrotóxicos. Já, as lâminas de água deficitárias acarretam maiores riscos de salinização do solo, enquanto que as excessivas podem provocar a lixiviação de nutrientes, a contaminação de mananciais e o aumento do desperdício. Da mesma maneira, doses de nutrientes em excesso ou em déficit tornam as plantas mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças, elevam os custos com insumos e favorecem a salinização do solo e a contaminação de fontes de água.

Considerando as consequências do manejo inadequado, fica claro que o produtor, o consumidor e o ambiente são afetados negativamente. Assim sendo, o cultivo torna-se mais

oneroso e a produção limitada, uma vez que a cultura não consegue expressar o seu máximo potencial genético, conseqüentemente o produto torna-se mais caro e com a qualidade nutricional comprometida, além da contaminação por agrotóxicos. O ambiente, por seu turno, pode ter seus recursos hídricos e pedológicos contaminados. Isso ainda é mais grave considerando que, no Nordeste, água e bons solos agricultáveis são recursos escassos.

Em qualquer sistema de produção, o que se deseja é otimizar o emprego dos recursos produtivos para se alcançar altas produtividades e a redução dos custos de produção, sempre, contudo, de maneira sustentável. Para tanto, o uso de sistemas de irrigação mais eficientes e o correto manejo da irrigação e da adubação são imprescindíveis.

O sistema de irrigação por gotejamento apresenta-se com, o uso da fertirrigação, uma ótima maneira de aplicar os nutrientes. Por meio do adequado manejo da irrigação e da adubação, é possível atender às reais necessidades hídricas e nutricionais da cultura, de modo que a água e os nutrientes podem ser bem quantificados, aplicados no momento ideal e da melhor forma. Com isso, poderá haver redução de custos, menor desperdício de água e nutrientes, maximização da produção e diminuição de impactos ambientais negativos. Portanto, produtores, consumidores e ambiente serão beneficiados.

2 HIPÓTESES

O uso de técnicas e aplicação de lâmina de irrigação adequada, nas condições climáticas da região litorânea de Fortaleza-CE, otimizará a produtividade e a qualidade dos frutos da cultura do tomateiro para consumo “in natura”.

O uso de técnicas e manejo adequado da irrigação como a redução da frequência de irrigação, nas condições climáticas da região litorânea de Fortaleza-CE, otimizará a produtividade e a qualidade dos frutos da cultura do tomateiro.

A otimização da dose recomendada da adubação nitrogenada e potássica e sua forma de aplicar: pelo método convencional ou por fertirrigação maximizará a produtividade e a qualidade dos frutos da cultura do tomateiro.

3 OBJETIVO GERAL

Avaliar a produtividade e a qualidade dos frutos do tomateiro sob os efeitos da lâmina, da frequência de irrigação e das doses de nitrogênio e de potássio aplicadas pelo método convencional ou por fertirrigação na cultura do tomateiro, nas condições climáticas da região litorânea de Fortaleza-CE.

3.1 Objetivos específicos

Avaliar a produtividade e a qualidade dos frutos do tomateiro cultivado sob diferentes lâminas de irrigação baseadas na evapotranspiração de Penman-Monteith nas condições climáticas da região litorânea de Fortaleza-CE;

Identificar a frequência de irrigação que pode propiciar a maior produtividade e melhor qualidade dos frutos do tomateiro para o processamento na indústria nas condições edafoclimáticas da região litorânea Fortaleza-CE;

Estimar a melhor dose de nitrogênio, bem como sua forma de aplicação (convencional ou fertirrigação), para maximizar os aspectos produtivos e qualitativos dos frutos do tomateiro.

Estimar a melhor dose de potássio, bem como sua forma de aplicação (convencional ou fertirrigação), para maximizar os aspectos produtivos e qualitativos dos frutos da cultura do tomate.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A cultura do tomateiro

4.1.1 Origem e características da cultura

Segundo Fontes e Silva (2002), o tomateiro é originário da América do Sul, mais precisamente na faixa costeira andina onde estão Chile, Peru e Equador. Essa cultura é explorada em quase todo o mundo, e a sua produção global nos últimos 20 anos duplicou, sendo o crescimento do consumo um dos principais fatores para a expansão da cultura.

Entre 1983/85 e 2003/05, a produção mundial *per capita* de tomate cresceu 36%, passando de 14 kg para 19 kg per capita por ano, de acordo com dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO/ONU) (HORTIFRUTI BRASIL, 2007).

O Brasil ocupa o oitavo lugar no *ranking* da produção, com 4,4 milhões de toneladas obtidas em 2011 em 72 mil hectares plantados (FAO, 2013). Na região Nordeste, a produção foi de 611,7 mil toneladas, com destaque para o estado do Ceará que ficou com a terceira maior produção entre os estados da região Nordeste, tendo uma produção de 114,5 mil toneladas em área plantada de 2,2 mil hectares (IBGE, 2012).

O tomateiro é uma planta perene, de porte arbustivo, sendo cultivado anualmente. A planta pode desenvolver-se de forma rasteira, semiereta ou ereta. O crescimento é limitado nas variedades de crescimento determinado e ilimitado nas de crescimento indeterminado, podendo chegar, nesse caso, a 10 m em um ano (ALVARENGA, 2004, p.18).

Segundo Goto e Rossi (1997), a classificação do tomate pode ser quanto à forma do fruto e quanto ao hábito de crescimento. Quanto ao crescimento podem ser indeterminados ou determinados. As variedades de crescimento indeterminado são mais apropriadas para cultivo com período de colheita prolongado, e continuam a desenvolver-se após a florescência. E, por esta característica denomina-se: 'indeterminada', embora, sob condições tropicais, o desenvolvimento possa parar devido a doenças ou ataques de insetos (NAIKA *et al.*, (2006). Segundo Alvarenga (2004), a compreensão desse hábito passa pela anatomia da planta e da fisiologia do seu crescimento. O caule ou ramo principal cresce mais que as ramificações laterais, apresentando dominância apical. A cada três folhas lançadas, há emissão de um ramo floral, constituindo a unidades de fonte e dreno.

De acordo com Fontes e da Silva (2002), nas cultivares de crescimento determinado, aparece uma inflorescência determinando o crescimento, neste hábito de

crescimento o ponto de crescimento termina em cacho, havendo, portanto, limites para o crescimento. Porém, a diferença entre os dois tipos de crescimento é dada pela variação na intensidade pela qual o padrão espacial e temporal do desenvolvimento simpodial é expresso.

Para Alvarenga (2004), a principal característica é que cada haste ou ramificação apresenta um ramo floral apical, o qual limita o seu desenvolvimento vegetativo. Segundo Naika *et al.* (2006), os tipos determinados param o seu desenvolvimento depois da florescência. Como as suas necessidades de mão-de-obra são mais reduzidas, o seu uso é comum nos cultivos comerciais. Têm uma frutificação relativamente concentrada dentro de, apenas, duas ou três semanas e os seus frutos amadurecem com muito maior rapidez do que os dos tipos indeterminados.

O tomateiro é uma planta herbácea, perene, mas cultivada como anual, de hábito de crescimento prostrado ou estendido, folhas compostas (ou segmentadas), caule organizado em seqüência de duas ou três folhas por simpódio, e duas ou três folhas entre cachos (MELO, 2007).

O tomateiro possui sistema radicular constituído de raiz principal, raízes secundárias e raízes adventícias. A raiz principal ou pivotante pode alcançar 1,5 m de profundidade, desde que não haja interrupções, como ocorre nos transplantes de mudas. Quando isso acontece, as raízes secundárias desenvolvem-se rapidamente, tornando-se mais ramificadas e superficiais. Nesse caso, as raízes podem desenvolver superficialmente até um diâmetro de 1,5 m e alcançar uma profundidade superior a 0,50 m. Geralmente 70% das raízes localizam-se a menos de 20 cm da superfície (ALVARENGA, 2004, p. 18)

O tomateiro adapta-se melhor a climas amenos, com temperatura diurna variando de 22 a 26°C e temperatura noturna variando de 13 a 16°C. Temperaturas acima de 35°C prejudicam a frutificação, com queda acentuada de flores e frutos novos. Quanto à umidade relativa do ar, a faixa mais favorável para o tomateiro situa-se em torno de 50% a 70% (MIRANDA *et al.*, 2011).

A temperatura ideal para a maioria das variedades situa-se entre 21 e 24°C. Segundo Naika *et al.* (2006) as amplitudes de temperaturas requeridas para as diferentes fases do desenvolvimento da cultura do tomate são: germinação (16 a 29°C), desenvolvimento de plântulas (21 a 24°C), frutificação (20 a 24°C) e no desenvolvimento da coloração vermelha (20 a 24°C).

Para Alvarenga (2004), as faixas de temperaturas ótimas são: germinação (15 a 25°C), formação de mudas (20 a 25°C), florescimento (18 a 24°C), pegamento de frutos (14 a 17°C durante a noite e 19 a 24°C durante o dia) e na fase de maturação (de 20 a 24°C).

4.1.2 Importância econômica

A cultura do tomate de mesa é a terceira hortaliça com maior volume de produção no Brasil (SANTOS; NORONHA, 2001). O tomate é uma das culturas mais comuns do mundo, sendo fonte importante de vitaminas, e uma cultura comercial importante para pequenos e médio agricultores. No Brasil, esta cultura está entre as principais hortaliças cultivadas com produção anual de 3,3 milhões de toneladas (safra 2006/2007) destinados ao mercado de tomate fresco e para processamento industrial, o cultivo ocorreu em uma área de aproximadamente 58 mil hectares. Deste total, 27% da produção foram destinados à indústria e 73% ao consumo “*in natura*” (SILVEIRA *et al.*, 2008).

Com um crescimento acima da média mundial, o Brasil é atualmente o 9º maior produtor de tomate do mundo. Segundo dados da FAO, enquanto na Europa e nos Estados Unidos o crescimento médio foi de 30% e 45%, respectivamente, a produção brasileira de tomate quase duplicou em 20 anos. A posição do País foi conquistada, principalmente, devido ao aumento de produtividade. Atualmente, o Brasil ocupa o 3º lugar nesse ranking, atrás apenas dos Estados Unidos e da Espanha (HORTIFRUTI BRASIL, 2007).

Segundo dados do IBGE, no decêndio 2002-2011 a produção de tomate no Brasil aumentou de 3,6 para 4,4 milhões de toneladas. O Nordeste ocupa a quarta posição com uma produção de 0,6 milhões de toneladas por ano, ficando acima apenas da região Norte. Já as regiões Sudeste e Centro-Oeste ocupam a primeira e segunda posição, com uma produção de 1,67 e 1,49 milhões de toneladas, respectivamente. Dos estados que compõe a região Nordeste, o Ceará ocupa a terceira posição com uma produção de 114.564 toneladas, ficando atrás dos estados da Bahia e Pernambuco com uma produção de 339.532 e 115.123 toneladas respectivamente (IBGE, 2012).

O comércio de tomate fresco é bastante regionalizado e dificilmente ocorre entre continentes. Estudos revelam que mais de 90% das hortaliças frescas (não só tomate) do mundo são consumidas em um raio de até 1.000 km do local de onde foram produzidas. Se o Brasil passasse a investir mais no setor de exportações do fruto fresco, o mercado seria restrito à América do Sul e, mesmo assim, a distribuição para muitas das importantes cidades de países vizinhos seria complicada. Buenos Aires, por exemplo, fica a mais de 2.000 km de São Paulo. Produtores de Santa Catarina poderiam ser favorecidos pela menor distância até a Argentina, mas a colheita nesse estado é quase toda concentrada no verão, quando aquele país também colhe (HORTIFRUTI BRASIL, 2007, p. 9).

4.1.3 Manejo da irrigação

O significado do termo “Manejo da Irrigação” é complexo, e tem permitido várias interpretações. Para se alcançar o êxito na agricultura irrigada, é fundamental o manejo adequado de todos os fatores que interferem no desenvolvimento da cultura. Sendo necessárias pesquisas para gerar dados específicos sobre o cultivo irrigado, disponibilizando informações confiáveis aos técnicos e operadores de sistema de irrigação (MANTOVANI; BERNADO; PALARETTI, 2007).

4.1.3.1 Lâmina de irrigação

Sabe-se que o manejo correto da água possibilita o suprimento adequado das necessidades hídricas das plantas, ao mesmo tempo em que evita a lixiviação profunda e as restrições ao suprimento de oxigênio para as raízes. Para este fim, as plantas devem ser corretamente irrigadas antes que a tensão da água no solo aumente a ponto de causar prejuízos ao desenvolvimento das mesmas. A ideia é simples, porém para que o objetivo de irrigar adequadamente seja atingido, o agricultor requer parâmetros instrumentais bem definidos para estabelecer o momento, a lâmina e a taxa de irrigação (CALBO *et al.*, 2008).

Na visão integrada, o conceito de manejo de irrigação amplia-se para manejo da agricultura irrigada, [...] considerando outros pontos importantes [...]: avaliação e ajuste do sistema de irrigação, verificação da eficiência de irrigação, possibilidades, etapas e cuidados na implantação da quimigação (fertirrigação e demais aplicações de produtos químicos via água de irrigação), cultura (variedades com altos potenciais de produção, espaçamento, tratos culturais, época de plantio, programação da colheita), utilização ampla das informações climáticas, previsão de produtividade etc. (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2007, p. 294).

O ponto chave no manejo da irrigação é decidir quando e quanto de água aplicar. A quantidade de água a ser aplicada é calculada com base na quantidade de água a ser consumida pela cultura. A quantidade consumida pela cultura pode ser estimada por meio da evapotranspiração real ou da variação do teor de umidade no solo, já a questão de quando irrigar é um dos momentos mais importantes no manejo da irrigação, pode ser determinado de diferentes modos: pela medição da deficiência de água na planta, pela disponibilidade de água no solo, pela evapotranspiração real, pelo turno de rega e pelo balanço de água no solo (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2009).

O conhecimento de como os fatores de meio ambiente e fisiológico influenciam a evapotranspiração (ET) ajuda a explicar o requerimento diário de água de uma cultura em condições de campo. Os estômatos abrem em resposta à luz solar e, com isso, a ET ocorre e aumenta à proporção que se elevam a radiação solar, a

temperatura do ar e o déficit de pressão de vapor do ar. Se a demanda atmosférica não exceder a habilidade das plantas de suprir água para as folhas, os maiores valores de ET serão geralmente registrados durante o período da tarde, ocasião em que são verificadas maiores demandas evaporativas da atmosfera (baixa umidade relativa do ar e elevadas radiação solar e temperaturas do ar). (GOMIDE; MAENO, 2008, p. 236).

A quantidade de água que uma cultura utiliza durante o ciclo é denominada “demanda sazonal de água” e, para uma mesma cultura, varia conforme as condições climáticas da região. Cada cultura apresenta uma demanda sazonal específica por água. Em regiões semiáridas, em geral, as plantas requerem maior quantidade de água por ciclo (ANDRADE; BORGES JUNIOR, 2008).

As olerícolas são culturas muito sensíveis à deficiência hídrica, principalmente a grandes variações do nível de água no solo, refletindo num desenvolvimento precário e desuniforme dos frutos. Dentre as olerícolas, nesse sentido, destaca-se o tomate, para o qual a irrigação é um fator de aumento de produtividade e diminuição de riscos, influenciando a qualidade e quantidade de frutos, além de outros aspectos de produção (DOORENBOS; KASSAM, 1994).

O tomateiro é uma das hortaliças mais exigentes em água, com consumo acima da média. No fruto maduro do tomateiro, a água participa com 93 a 95% de sua constituição (SANTANA *et al.*, 2011). A cultura precisa em torno de 25,4 a 38,1 mm de água por semana, aplicados via sistema de irrigação ou por chuva. Uma aplicação de água uniforme reduz a podridão apical e resulta em rendimentos mais elevados e melhor qualidade dos frutos (SANDERS, 2001).

De acordo com Azevedo e Bezerra (2008), pesquisar diferentes lâminas de irrigação constitui uma maneira bastante prática para se estimar as necessidades hídricas de uma espécie, para que a cultura possa crescer e produzir de maneira adequada. Desta forma, alguns pesquisadores vêm pesquisando, estudando e registrando os aspectos positivos de se aplicar diferentes lâminas de irrigação em várias espécies agrícolas. Silva *et al.* (2011) testaram diferentes lâminas de irrigação na cultura da cenoura, Braga Filho *et al.* (2011) em bananeira e Silva *et al.* (2011) em girassol, nas condições edafoclimáticas de Pentecoste, Ceará, e obtiveram resultados positivos na produtividade dessas culturas. Sousa *et al.* (2010), em melão, nas condições edafoclimáticas de Fortaleza, Ceará, relata que a produtividade foi influenciadas significativamente com o aumento das lâminas de irrigação na produtividade do melão.

As necessidades hídricas totais, após o transplântio, para a cultura do tomate são de 400 a 600 mm, dependendo do clima (SILVA *et al.*, 2000). Ainda conforme os mesmos

autores, a quantidade de água aplicada por irrigação deve ser suficiente para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, na camada correspondente a profundidade efetiva do sistema radicular que, de modo geral, é de 40 cm.

De acordo com Oliveira *et al.* (2011), a aplicação excessiva ou deficitária de água é um dos fatores mais limitantes para a obtenção de elevadas produtividades. Sob déficit hídrico, as plantas utilizam-se de mecanismos, como o fechamento dos estômatos, no intuito de restringir a perda de água, reduzindo a transpiração, a taxa fotossintética e, conseqüentemente, à absorção de CO₂ (LACHER, 2006). Além de reduções da área foliar e antecipação da senescência e abscisão das folhas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O estresse hídrico excessivo associado ao manejo errado da irrigação e a baixa umidade do solo provocam abortamento de flores, queda dos botões florais e, conseqüentemente, redução no número de frutos na planta (ALVARENGA, 2004; GUANG-CHENG *et al.*, 2008; PATANÉ e COSENTINO, 2010).

4.1.3.2 Frequência de irrigação

No manejo da irrigação surge a palavra frequência de irrigação ou turno de rega, que nada mais é do que o número de dias decorridos entre uma irrigação e outra, de modo a não comprometer as necessidades hídricas das plantas nos seus diferentes estágios fisiológicos. A frequência de irrigação poder ser fixa ou variável, dependendo da necessidade do irrigante. A frequência de irrigação fixa traz consigo a vantagem da possibilidade da programação das atividades ligadas à irrigação das culturas, uma vez que se sabe por antecipação o quando irrigar, ficando apenas a definição de quanto irrigar. Por outro lado, com uma frequência de irrigação variável, não se sabe exatamente quando se praticará a irrigação, mas é possível ter em mãos uma aproximação bastante boa de quanto de água aplicar (HERNANDEZ, 2012).

De acordo com Monte *et al.* (2009), a adoção de turno de rega variável para fins de manejo de água envolve custos como a aquisição de sensores de umidade e uso de mão de obra para a leitura dos mesmos.

Silva e Marouelli (1998) acreditam que os métodos mais comumente usados para se determinar a frequência de irrigação são: balanço e tensão de água no solo, turno de rega pré-calculado e turno de rega fixo, todos com suas vantagens (precisão, facilidade de manejo,

mão-de-obra reduzida, etc.) e desvantagens (monitoramento constante, mão-de-obra abundante, necessidade de dados e instrumentos, etc...).

De acordo com Vermeiren e Jobling (1997), a irrigação baseada no método de frequência fixa é aquela na qual a água é aplicada em intervalos constantes de tempo para satisfazer às necessidades hídricas da cultura. Silva e Marouelli (1998) escrevem que a adoção de um turno de rega fixo é extremamente conveniente para fins de controle de irrigação, uma vez que facilita sobremaneira as programações da irrigação, da pulverização e de outros tratamentos culturais.

A frequência de irrigação é um fator mais importante para a evapotranspiração da cultura do que a quantidade de água aplicada via irrigação. O esgotamento de água no solo diminui com a redução do número de irrigações, ou seja, com o aumento do intervalo entre as irrigações; esse método deve ser adotado quando se deseja economia de água. A produtividade da cultura é diretamente relacionada à frequência de irrigação (FERNANDES, 2008).

Irrigações pouco frequentes e com lâminas maiores acabam favorecendo a lixiviação de nutrientes e o surgimento de doenças, que podem causar o “*dampingoff*” (tombamento). Já, irrigações muito frequentes e com lâminas reduzidas também não são adequadas, pois costumam molhar somente alguns centímetros da camada superficial do substrato, facilitando maior perda de água pelo processo de evaporação (WENDLING; GATTO, 2002). No caso do tomateiro, Naika *et al.* (2006) recomendam regar as plantas com maior frequência, particularmente, durante a florescência e a frutificação. Nesse sentido, Marouelli e Silva (2005), visando estabelecer um critério de manejo de água do tomateiro nas condições climáticas de Brasília, Distrito Federal, testaram os efeitos de diferentes frequências fixas de rega (1, 2, 4, 8, 16 dias) sobre a produtividade da cultura. Os autores observaram que, para o melhor desempenho do tomateiro, as irrigações deveriam ser realizadas a cada 2 dias. Assim sendo, turnos de rega inferiores e superiores provocaram, respectivamente, problemas relacionados à deficiência e ao excesso de água.

4.1.4 Manejo da adubação

Antes de realizar uma adubação, seja em qual for a cultura, recomenda-se fazer uma análise química do solo, retirando amostras da camada arável (de 0 a 20 cm) e seguir as recomendações de adubação, evidenciando sempre a relação custo/benefício, que poderá ser obtida com a prática da adubação.

Em síntese, a coleta de amostras representativas do solo é essencial para a avaliação precisa das necessidades de corretivos e fertilizantes, o que possibilita a obtenção de melhores rendimentos econômicos. A amostra representativa é aquela que melhor reflete as condições de fertilidade de uma área específica (CHITOLINA *et al.*, 2009).

Segundo Anghinoni e Bayer (2004), o manejo da adubação é um conjunto de práticas ou ações planejadas e aplicadas de forma organizada, com a finalidade de dispor eficiente e economicamente a recomendação de fertilizantes às culturas.

Com o conhecimento de nutrição é possível melhorar a produção e a qualidade do produto para a saúde humana. Para atingir tal objetivo, é preciso conhecer as funções e sintomas de deficiência nutricional na planta, os níveis de extração pela planta e no solo, além das formas químicas que são absorvidas pela planta (CARVALHO *et al.*, 2004, p.63)

De acordo com Carvalho *et al.* (2004), outro fator importante, para o manejo da adubação, é a correção da acidez do solo, que é de fundamental importância para o desenvolvimento e produção da cultura, uma vez que a acidez elevada afeta a disponibilidade de nutrientes no solo, influenciando a assimilação deles pela planta.

Sousa; Miranda; Oliveira (2007) enfatizam que a maioria dos solos brasileiros apresenta limitações ao estabelecimento e ao desenvolvimento dos sistemas de produção de grande parte das culturas, em decorrência dos efeitos da acidez. Esses autores relatam ainda, que a correção da acidez do solo faz-se necessária para promover maior eficiência de absorção de água e nutrientes pelas plantas e para obter melhores produtividades das culturas.

4.1.4.1 Adubação nitrogenada

O nitrogênio é constituinte de vários compostos em plantas, destacando-se os aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila. Assim, as principais reações bioquímicas em plantas e microrganismos envolvem a presença do N, elemento empregado em grandes quantidades na agricultura moderna na forma de fertilizante (CANTARELLA, 2007).

O N é o nutriente mais necessitado pela maioria das plantas. Seu efeito mais visível é na vegetação verde e vigorosa, pois o mesmo estimula a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas, o maior perfilhamento e o aumento do teor de proteínas. Silva *et al.* (2003) afirmam que o nitrogênio ocupa posição de destaque no cultivo do tomateiro, tanto no que diz respeito às quantidades e fontes requeridas, quanto a problemas de lixiviação.

A aplicação excessiva de N proporciona um crescimento exagerado do caule e folhas, podendo contribuir para o acamamento da planta, especialmente em cultivares de crescimento determinado. O excesso de N também contribui para

tornar a planta menos resistente à falta de água, mais susceptível ao ataque de doenças, além de contribuir para o aparecimento de doenças fisiológicas, tais como a podridão-apical, frutos ocos e frutos com ombro verde e uma maturação mais tardia dos frutos (CARVALHO *et al.*, 2004, p.63).

O N é absorvido fundamentalmente pelas plantas na forma de NO_3^- e NH_4^+ . A forma com que é absorvido não é indiferente, uma vez que o íon NH_4^+ reduz a absorção de outros cátions, como os de Ca e Mg. A absorção inicial do N pela planta se dá na forma de NO_3^- e NH_4^+ , entretanto a forma oxidada do N deve sofrer redução para a entrada no metabolismo vegetal, sendo, por isso, necessária a redução do NO_3^- a NH_4^+ , processo este que ocorre tanto nas folhas como nas raízes. No caso do tomateiro, a maior parte do nitrato é reduzida nas folhas a amônio (CASTRO *et al.*, 2005).

O N é facilmente redistribuído na planta via floema e, conseqüentemente, as plantas deficientes em N apresentam os sintomas primeiramente nas folhas velhas, onde ocorre decréscimo no teor de clorofila. A longevidade das folhas pode ser modificada pela falta de N, que é um elemento móvel e desloca-se para as partes novas da planta, provocando senescência precoce das partes mais velhas (BUSATO, 2007).

De acordo com Marengo e Lopes (2005), a deficiência de N em plantas de tomateiro pode também ser expressa pelo acúmulo de antocianina (arroxamento) nos caules, pecíolos e folhas inferiores.

A exigência do nitrogênio no tomateiro é maior nos primeiros estádios de crescimento. Em geral, sugere-se a aplicação de 80 a 120 kg ha⁻¹ de N. Entretanto, ressalta-se que as doses devem ser ajustadas de acordo com o solo a ser fertilizado, observando que a dose de N pode ser menor que 80 kg ha⁻¹ se o solo for rico em matéria orgânica (EMBRAPA, 2003).

Farias *et al.* (1996), avaliando doses e parcelamentos de nitrogênio aplicado em tomateiros, com os tratamentos consistindo em quatro doses de N (50; 100; 150 e 200 kg ha⁻¹) e três níveis de parcelamento do N: um terço no plantio e dois terços aos 25 dias; um terço aplicado no plantio, um terço aos 25 dias e um terço aos 50 dias; metade aos 25 dias e a outra metade aos 50 dias depois do plantio concluindo, observaram que o parcelamento se mostrou mais eficiente foi divisão em aplicações e que a melhor dose estimada foi de 184 kg ha⁻¹ de N, com produtividade de 63,7 t ha⁻¹.

Ferreira e Fontes (2011) testaram, na cultura do tomate, cinco doses de N (0, 110, 220, 440 e 880 kg ha⁻¹), para avaliar o efeito do acúmulo do nutriente na folha do tomateiro, e observaram que o aumento da dose resultou em maiores teores de NO_3^- na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N-total na matéria seca do limbo de folhas da cultura.

Almeida (2011) considera que a adubação dos tomateiros com nitrogênio deve ser realizada observando a necessidade da planta, produtividade almejada e o solo a ser cultivado. No sentido de otimizar o uso do nitrogênio pela cultura, minimizar o custo com fertilizante nitrogenado e evitar a poluição ambiental.

4.1.4.2 Adubação potássica

O potássio é o sétimo elemento mais abundante na crosta terrestre, podendo atingir concentrações de 0,3 a 30 g kg⁻¹, sendo elas um pouco menores nas regiões tropicais. O K constitui 2,6% das rochas ígneas da crosta terrestre, sendo encontrado no solo em minerais primários e intemperizados, bem como nas formas trocável, não trocável e solúvel em água (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

O K tem inúmeras funções na planta, destacando-se, principalmente, a ativação de vários sistemas enzimáticos, muitos deles participantes dos processos de fotossíntese e respiração. O K não só atua na síntese de proteínas, de carboidratos e da adenosina trifosfato (ATP), mas também na regulação osmótica, na manutenção de água na planta por meio do controle da abertura e fechamento dos estômatos, na resistência da planta à incidência de pragas e doenças por meio do efeito na resistência e na permeabilidade das membranas plasmáticas (ERNANI *et al.*, 2007, p. 552).

De acordo com Prado (2008), após a absorção, o K é transportado com facilidade e rapidez, via xilema, para a parte aérea, podendo ser considerado o mais móvel dos nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera. Para esse autor, a redistribuição interna do K é alta, tendo em vista a sua alta concentração no floema, dirigindo-se das folhas mais velhas para as mais novas.

Vários autores ressaltam a importância do K para a cultura do tomate, que, além de aumentar em até 30% a produção, melhora a qualidade comercial dos frutos, podendo influenciar a síntese de carotenoides, de modo especial o licopeno, que é responsável pela cor vermelha do tomate, além de frutos bem formados, sem a presença de espaços vazios no seu interior, os frutos são presos mais firmemente à planta, não sofrendo queda durante os estádios de formação e amadurecimento (CARVALHO; BASTOS; ALVARENGA, 2004).

Segundo França (2007), o K é o nutriente mais extraído pelo tomateiro. A deficiência desse nutriente torna lento o crescimento das plantas, nas folhas provoca afinamento das mais novas e o amarelecimento nas bordas das mais velhas, podendo deixar as folhas amarronzadas e necrosadas. A falta de firmeza do fruto, em muitos casos, é também devida à deficiência de potássio (AQUINO *et al.*, 1993).

Quando aplicado em excesso, o potássio, segundo Prado (2008), provoca sintomas que se confundem com os danos causados pela salinidade. Outro agravante desse excesso é o

antagonismo existente com outros nutrientes como o Ca^{2+} e o Mg^{2+} , chegando muitas vezes a causar a deficiência desses dois nutrientes, com a conseqüente queda de produção (MEURER, 2006).

Yurtseven; Kesmez; Unlukara, (2005), testando níveis de potássio na cultura do tomate, avaliaram a produção, o tamanho do fruto, os sólidos solúveis e o pH, observando que os efeitos só foram estatisticamente significativos sobre a produtividade.

Zhao-Hui *et al.* (2008), cultivando olerícolas em ambiente protegido por três anos, testaram três doses de K na cultura do tomate, e encontraram uma tendência de aumento de açúcares solúveis e acidez em resposta a aplicação crescente de K. Em relação a produção, eles observaram que houve um incremento nos três anos de cultivo.

Blanco e Folegatti. (2008), testando doses de K na cultura do tomate sob estresse salino, concluíram que a dose intermediária de K (16 g planta^{-1} de K_2O) promoveu aumento da massa seca da parte aérea. Os autores afirmam ainda que a dose mais elevada (24 g planta^{-1} de K_2O) pode ter reduzido a produção de massa seca da parte aérea devido ao efeito tóxico aditivo de $\text{KCl}+\text{NaCl}$.

Schwarz *et al.* (2012), testando porta enxerto de tomate com um baixo fornecimento de K, relataram que ocorreu uma clara redução do crescimento radicular das plantas e uma diminuição significativa da produção. A concentração de K nos frutos não foi significativamente reduzida com o déficit de K testado, mas ocorreram mudanças de várias características qualitativas dos frutos.

4.1.5 Quimigação

Com os avanços das técnicas de irrigação, principalmente com os métodos de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão), cujas uniformidades e eficiências de aplicação da água ultrapassam 90%, é possível a aplicação de produtos químicos via água de irrigação, prática conhecida como quimigação (SOCCOL, 2008).

A quimigação consiste em aplicar uma solução, ou calda, de agroquímicos (fertilizante, inseticida, fungicida, herbicida ou nematicida) por meio do sistema de irrigação. Quando se trata de produtos que atuam no solo, a aplicação, em princípio, pode ser feita por meio de qualquer método de irrigação: gravitacional, aspersão ou localizado. Porém, aplicação de produtos com atividade foliar somente é viável nos sistemas de irrigação por aspersão: laterais portáteis (convencional), pivô central, rolão e outros (ANDRADE; BRITO, 2006, p.9).

Para Lobo Junior (2012), a quimigação é o processo de aplicação de substâncias químicas agrícolas para o solo ou para a superfície das plantas com um sistema de irrigação, sendo injetada a substância química na água de irrigação.

De acordo com Soccol (2008), a quimigação é uma técnica que tem se tornado indispensável nos projetos de irrigação de frutíferas e olerícolas, devido às vantagens em relação aos métodos tradicionais de aplicação de produtos químicos.

A quimigação requer que os produtos usados estejam em solução, ou que possam ser disponibilizados em forma líquida ou fluida. Portanto, se os materiais usados não forem originalmente fluidos, é necessário preparar a solução desejada, antes de proceder à injeção (BRITO, 2002).

Uma vez que a calda estará misturada à água de irrigação, a uniformidade de aplicação de fertilizantes e agrotóxicos praticamente se confunde com a aplicação da água e, portanto, é necessário que essa uniformidade seja elevada, para que se obtenha uma boa uniformidade de aplicação do produto. Como a irrigação gravitacional (sulcos, bordas, bacias em nível, etc.) normalmente requerem maior rigor no preparo do terreno e manejo para atingir boa uniformidade de distribuição, esse método tem sido pouco recomendado para a quimigação, ficando a mesma praticamente restrita aos métodos pressurizados (VIANA *et al.*, 2002, p.1).

SILVA *et al.*, 2003 afirmam que o gotejamento tem se revelado bastante interessante tanto para a irrigação como para o uso da fertirrigação do tomateiro, seja para consumo in natura ou para a indústria, principalmente se comparado com sistemas tradicionais de sulcos ou aspersão.

A irrigação por gotejamento em tomateiro, quando associada à quimigação (fertirrigação), pode gerar um aumento de produtividade e uma economia de água de até 30% em relação aos outros sistemas de irrigação (COLLA *et al.*, 1999). Além disso, por ter a água aplicada diretamente no solo, sem entrar em contato com a parte aérea, ajuda a diminuir a incidência de doenças nas folhas e nos frutos, colaborando para a redução do uso de agrotóxicos em até 60% (MAROUELLI; SILVA, 2002 *apud* MAROUELLI; SILVA, 2005). Outras vantagens são: economia de mão-de-obra, quando comparada à aplicação convencional, boa uniformidade de aplicação, pouco contato do operador com os agrotóxicos, possibilidades de aplicação em qualquer fase do ciclo da cultura, menor dano físico ao solo pela menor compactação, a cultura também sofre menos danos, maximização do uso dos equipamentos de irrigação, redução dos custos e melhor cobertura da superfície do solo (VIEIRA, 1994).

Soccol (2008) relata as seguintes limitações do uso da quimigação: custo inicial de infraestrutura do sistema; necessidade de pessoal treinado para manuseio dos produtos e sistemas de injeção; necessidade de conhecimentos técnicos dos produtos, cálculos de dosagens e épocas de aplicação, principalmente quando relacionados à fertirrigação, o que, de acordo com Boas *et al.* (2008), é preciso calcular o tempo de lavagem do sistema de irrigação,

pois é uma forma de melhorar a uniformidade de distribuição do fertilizante no campo e diminuir os riscos de entupimento do sistema de irrigação.

Os fertilizantes aplicados via água de irrigação podem ser fornecidos parceladamente, a fim de atender as necessidades das plantas, o que permite manter a fertilidade no solo próxima ao nível ótimo durante todo o ciclo do tomateiro, possibilitando ganhos de produtividade e reduzindo as perdas de nutrientes. Os nutrientes mais usados na fertirrigação são aqueles de maior mobilidade no solo, como o nitrogênio e o potássio (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2012).

Um grande número de fertilizantes pode ser utilizado na aplicação via água de irrigação, sendo os mais apropriados ou recomendados os que apresentam alta solubilidade. Carrijo *et al.* (2004) citam que os nutrientes mais utilizados na fertirrigação são aqueles com maior mobilidade, como o nitrogênio e o potássio. Os mesmos autores finalizam explicando que o uso dessa técnica no cultivo de hortaliças tem acarretado acréscimos na produtividade e melhoria das características comerciais dos produtos.

Ernani; Almeida; Santos (2007) citam pelos menos três fontes de potássio que apresentam essas características: KCl (60% de K_2O), com 340 g L^{-1} de solubilidade; o sulfato de potássio (50% de K_2O) com uma solubilidade de 111 g L^{-1} e o nitrato de potássio (40% de K_2O) com uma solubilidade de 320 g L^{-1} .

Segundo Marouelli; Silva e Silva (2012, p.19),

Quanto à frequência da fertirrigação, podem ser feitas tantas vezes quanto às aplicações de água, muito embora isso não seja prático ou econômico. Uma ou no máximo duas aplicações semanais são suficientes. Mesmo em solos arenosos, a fertirrigação semanal é recomendada, a menos que em condições com alto potencial de lixiviação.

Desde que os fertilizantes potássicos não apresentem problemas para a aplicação via água de irrigação, o ponto crucial é definir em que condições deve-se fazer o parcelamento desse nutriente. Neste sentido, dois aspectos devem ser levados em consideração: o potencial de perdas por lixiviação em função de sua mobilidade nos diferentes tipos de solos e as exigências das culturas em relação à curva de absorção (COELHO, 1994, p. 214).

Estudos que comprovam a eficiência desse método, testando a aplicação de diferentes doses de adubos potássicos no solo por sistema de irrigação, foram registrados por Albuquerque (2010) em videira, Melo *et al.* (2010) em banana, Feitosa (2011) em girassol.

De acordo Nobre *et al.* (2010), testando doses de potássio aplicadas via fertirrigação na cultura da mamoneira, concluíram que doses influenciaram o peso de 100 sementes e dos racemos de 2ª e 3ª ordem e as produtividades de racemos de 2ª e 3ª ordem, bem como a produtividade total da mamoneira da cultivar IAC Guarani.

Sobreira *et al.* (2011), testando quatro doses de adubação nitrogenada e potássica na cultura do café, concluíram que a aplicação dos adubos via fertirrigação é mais adequada do que de forma convencional.

Nascimento Neto (2011), testando doses e formas de aplicação de nitrogênio e potássio na cultura do meloeiro amarelo, concluiu que as diferentes formas de aplicação do nitrogênio afetaram significativamente a espessura da casca, a produtividade comercial e o teor de sólidos solúveis dos frutos, e que as diferentes formas de aplicação do potássio afetaram significativamente a produtividade comercial dos frutos. O autor indica ainda que a fertirrigação foi mais promissora que a adubação convencional, devido aos melhores resultados observado.

Mesquita (2010), avaliando o manejo das adubações: nitrogenada e potássica, aplicando os fertilizantes por fertirrigação, em um Argissolo Vermelho Amarelo de textura franco arenosa, concluiu que a dose de nitrogênio e de potássio que maximizou a produtividade da cultura do gergelim (*Sesamum indicum L.*) foi de 183,76 e 170,7 kg ha⁻¹, proporcionando uma produtividade de 889,47 e 656,26 kg ha⁻¹, respectivamente.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterizações da área experimental

5.1.1 Localização

Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Estação Agrometeorológica, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola (DENA), da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, Brasil, tendo as coordenadas geográficas de $3^{\circ}44'45''\text{S}$, $38^{\circ}34'55''\text{W}$ e 20 m de altitude acima do nível médio do mar (Figura 01).

Figura 01 – Localização e vista aérea da área experimental na Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, 2011

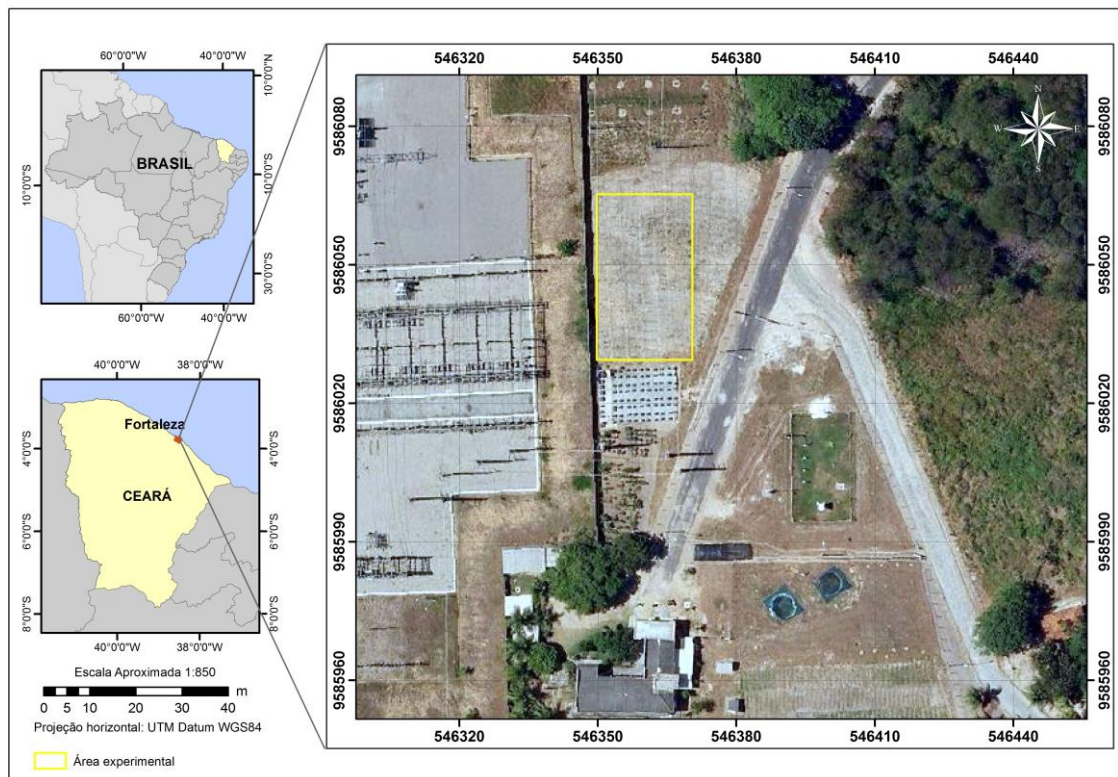


Foto adaptada, pelo autor, do Google Earth.

5.1.2 Clima da região

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw' , caracterizado por ser tropical chuvoso, com precipitação de verão-outono e temperatura média em todos os meses superior a 18°C . Os valores médios anuais, respectivamente, de

precipitação, temperatura e umidade relativa do ar são: 1.564 mm, 27 °C e 80%, de acordo com dados fornecidos pela Estação Meteorológica (DENA/UFC) situada adjacente à área dos experimentos. Os dados mensais das variáveis climáticas coletados durante os experimentos encontram-se na Tabela 01.

Tabela 01 – Dados mensais de variáveis climáticas durante a condução dos experimentos, Fortaleza, Ceará, 2011

Mês	Temperatura do ar (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (m s ⁻¹)	Precipitação (mm)
Agosto	26,6	71	4,1	51,0
Setembro	27,0	67	4,5	0,0
Outubro	27,1	72	4,2	23,8
Novembro	27,4	73	3,8	7,3
Dezembro	27,7	71	3,7	6,7

Fonte: Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará.

5.1.3 Solo da área experimental

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo de textura franco arenosa (EMBRAPA, 2006). Antes da instalação dos experimentos, foram coletadas amostras compostas na camada de 0,0 a 0,2 m de profundidade, com auxílio de um trado do tipo holandês. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas e submetidas a análises laboratoriais para estimativa das características físico-hídricas (Tabela 02) e químicas (Tabela 03), conforme Embrapa (1997).

Tabela 02 – Resultado da análise física do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,2 m, Fortaleza, Ceará, 2011

Característica	Profundidade (m)
	0,0 a 0,2
Areia grossa (g kg ⁻¹)	405
Areia fina (g kg ⁻¹)	386
Silte (g kg ⁻¹)	96
Argila (g kg ⁻¹)	113
Característica textural	Franco arenosa
Massa específica do solo (g cm ⁻³)	1,43
Massa específica das partículas (g cm ⁻³)	2,57
Capacidade de campo (g 100g ⁻¹)	7,52
Ponto de murcha permanente (g 100g ⁻¹)	4,52
CE (dS m ⁻¹)	0,20

Fonte: Laboratório de Solos do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará. 2011
CE: Condutividade elétrica.

Tabela 03 – Resultado da análise química do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,2 m, Fortaleza, Ceará, 2011

Profundidade	Característica										
	cmol _c kg ⁻¹						g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		
(0,0 a 0,2 m)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ²⁺	K ²⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	N	C	MO	P	pH
	1,7	1,2	0,06	0,11	1,65	0,1	0,52	5,94	10,24	6	5,8

Fonte: Laboratório de Solos do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará. 2011
P, K, Na: extrator Melich 1; Al, Ca, Mg: extrator KCl; pH em água.

5.2 Cultura

No experimento, utilizou-se a cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill) caqui, híbrido dominador F1 da empresa Topseed, que apresenta hábito de crescimento indeterminado (Figura 02A).

Esse híbrido apresenta um elevado vigor e bom enfolhamento até o ponteiro, fruto tipo salada, uniforme e de excelente coloração e formato, firme e com bom padrão em todo ciclo (Figura 02B). Outro fator importante na escolha desse híbrido, é que ele apresenta resistência no período de chuva a varias doenças, como: Fusarium, Meloidogyne, Mosaico e Verticillium.

5.3 Preparo da área

Antes do transplântio das mudas de tomateiro, foi realizada uma aração profunda na área com um aprofundamento de aproximadamente 30 cm, seguida de duas gradagens cruzadas. Posteriormente, procedeu-se a limpeza com ciscador, objetivando retirar os restos culturais que ficavam sobre solo, que pudessem interferir na instalação do sistema de irrigação e na aplicação dos tratamentos. Em seguida, foi realizado o nivelamento manual do terreno e a formação de camalhão com 20 cm de altura e 30 cm de largura, para possibilitar o aprofundamento das raízes da cultura.

5.4 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi localizado, tipo gotejamento com emissor inserido na tubulação de polietileno, após perfuração da mesma. O conjunto motobomba trabalhava de forma afogada tendo como reservatório quatro caixas d'água, uma de cinco mil litros e três de mil litros totalizando oito mil litros. Esses reservatórios eram abastecidos com

água proveniente de um poço profundo por um conjunto motobomba instalado submerso, próximo à área do experimento.

Figura 02 – Visualização da cultura do tomate (A) aos 76 Dias Após o Transplântio (DAT) e dos frutos (B) aos 96 DAT, Fortaleza, Ceará, 2011



Foto do autor.

No início da área experimental, estavam o cabeçal de controle e o sistema de injeção de fertilizante (Figura 03). O cabeçal de controle era constituído por um filtro de discos de 7", registro de gaveta, manômetro de glicerina, calibrado em kgf cm^{-2} . O sistema de

injeção de fertilizantes era operado por meio de um sistema by-pass, contendo um injetor Venturi e uma motobomba auxiliar, com a função de acelerar o fluxo da calda de fertilizantes.

Figura 03 – Desenho esquemático do cabeçal de controle com sistema de injeção de fertilizantes, Fortaleza, Ceará, 2011

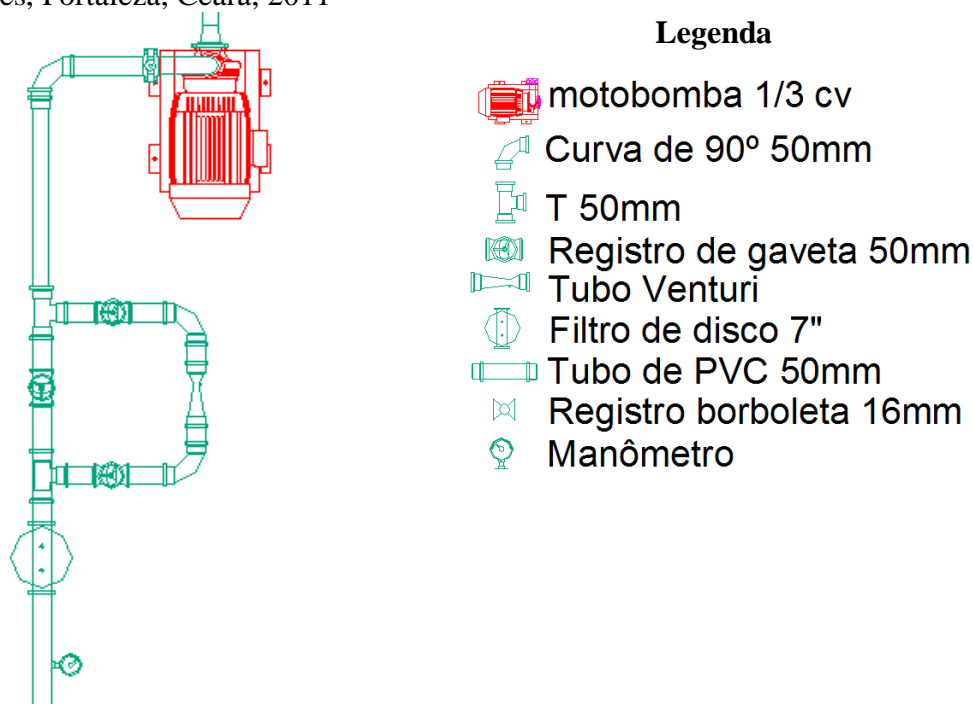


Figura do autor.

A linha principal era de PVC, com diâmetro nominal de 50 mm e 15 m de comprimento. As linhas de derivação eram de polietileno, com diâmetro nominal de 1" e 36 m de comprimento para os experimento de lâmina e frequência de irrigação e 40 m de comprimento para os experimentos de doses e formas de aplicação de nitrogênio e potássio. No início de cada linha de derivação, foi instalado um registro tipo esfera de 1" com o objetivo de controlar a lâmina de irrigação e as doses de fertilizantes para cada tratamento do experimento correspondente.

Foram instaladas 36 linhas laterais ao longo das linhas de derivação nos experimentos com lâminas e frequências de irrigação e 40 linhas laterais ao longo das linhas de derivação para os experimentos com doses e formas de aplicação de nitrogênio e potássio, com diâmetro nominal de 16 mm e comprimento de 3 m. As linhas laterais foram espaçadas em 1,0 m entre si em todos os experimentos, e nelas foram instalados gotejadores *on line* autocompensantes, espaçados de 0,5 m, com vazão individual de 4,0 L h⁻¹ a uma pressão de serviço de 1,0 kgf cm⁻² (Figura 04).

Figura 04 – Layout do sistema de irrigação utilizado nos experimentos, de acordo com os tratamentos (T) e bordaduras (B), Fortaleza, Ceará, 2011

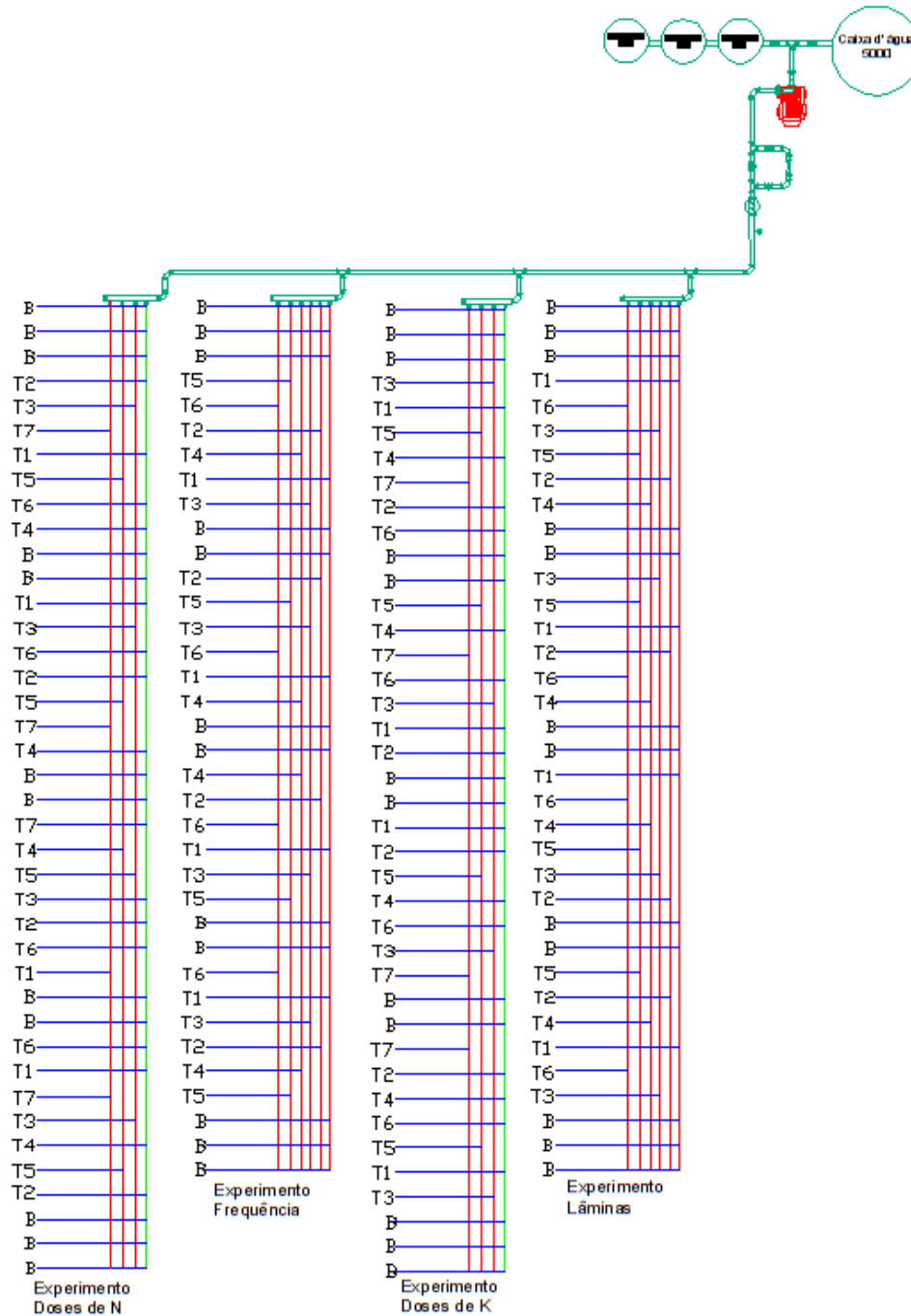


Figura do autor.

Uma vez instalado o sistema de irrigação, foi realizado o teste de uniformidade do sistema, por meio do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), estabelecido por Christiansen (1942), descrito na equação 01.

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right) \cdot 100 \tag{01}$$

Em que:

- *CUC* - coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);
- X_i - precipitação coletada no pluviômetro de ordem *i* (cm);
- \bar{X} - média das precipitações coletadas nos pluviômetros (cm);
- *n* - número de pluviômetros.

O manejo da irrigação dos experimentos de lâminas e de doses de nitrogênio e de potássio foi realizado com base na reposição da lâmina de água evapotranspirada diariamente.

O experimento de frequência de irrigação foi manejado de acordo com a lâmina acumulada, que variava, com o turno de rega de cada tratamento.

O tempo de irrigação de cada tratamento foi calculado conforme a equação 02.

$$Ti = \frac{Li * E_L * E_g * F_C}{Ei * q_g} \quad (02)$$

Em que:

- T_i - tempo de irrigação (h);
- L_i - lâmina de irrigação a ser aplicada (mm dia^{-1});
- E_L - espaçamento entre linhas laterais (m);
- E_G - espaçamento entre gotejadores (m);
- F_C - fator de cobertura do solo (adimensional);
- E_i - eficiência de irrigação (adimensional);
- q_g - vazão do gotejador (L h^{-1}).

A lâmina de irrigação (L_i) foi estimada através da evapotranspiração de referência de Penman-Monteith (E_{To}), obtida com os dados de uma estação meteorológica automatizada, provida de sensores e equipamentos necessários para sua estimativa, de acordo com a recomendação de Allen et al. (1998).

O valor do coeficiente de cultivo (K_c) igual a 1,0 foi utilizado durante a condução dos experimentos.

O fator de cobertura foi estabelecido em 30% para as fases de estabelecimento e desenvolvimento vegetativo (até 15 Dias Após Transplântio (DAT)); 50 a 70% na floração e formação dos frutos (16 até 45 DAT); 80 a 100% na fase de maturação (46 até 90 DAT) e 100% na fase de colheita (91 até 120 DAT), de acordo com adaptação realizada de Macêdo e Alvarenga (2005).

Como forma de monitorar a tensão de água no solo através dos efeitos dos tratamentos no experimento com lâminas e frequência de irrigação, foram instalados tensímetro de punção a 30 cm de profundidade no bulbo molhado do gotejador, com três repetições em cada um dos tratamentos (Figura 05).

Figura 05 – Tensímetro de punção instalado nos experimentos com tomateiro, Fortaleza, Ceará, 2011



Foto do autor.

5.5 Instalação e condução dos experimentos

A sementeira foi realizada manualmente em bandejas de isopor de 128 células, em 15 de julho de 2011. Após 26 dias da sementeira, foi realizado o transplante das mudas para o campo no espaçamento de 0,5 m entre plantas e de 1,0 m entre linhas.

No 20º DAT, quando as plantas já estavam aclimatizadas no campo, foram iniciados os tratamentos dos quatro experimentos, que foram conduzidos independentemente.

Na adubação das plantas, nos experimentos I e II, foi aplicado em fundação um terço do nitrogênio e do potássio, na forma de ureia e cloreto de potássio, correspondentemente a 11,11 g de ureia e 11,11 g de cloreto de potássio por cova, correspondendo a 300 e 400 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente de acordo com a recomendação de Horino *et al.* (1984).

Os dois terços restantes de N e de K₂O foram parcelados em 11 aplicações, via fertirrigação. Já, o fósforo foi aplicado em sua totalidade (56 g por cova) em fundação, na forma de superfosfato simples, correspondendo a 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, segundo indicação de Alvarenga (2004).

Para a condução da cultura, foi montado um sistema de espaldeiras com estacas de 2,5 m de altura, sendo enterrados 0,5 m e ficando 2 m acima da superfície, no espaçamento de

0,5 x 8,0 m (Figura 06). Em seguida, passou-se um arame de uma estaca para outra, possibilitando a fixação dos fitilhos, com objetivo de tutorar as plantas.

Figura 06 – Espaldeiras instaladas nos experimentos com tomateiro, Fortaleza, Ceará, 2011



Foto do autor.

Durante o cultivo do tomateiro, foram realizados os seguintes manejos: desbrota - eliminação dos brotos laterais que surgem nas axilas de cada folha, sendo os brotos eliminados quando apresentavam de 2 a 6 cm de comprimento. Essa prática foi realizada uma vez por semana durante toda a fase de desenvolvimento da cultura; poda ou capação - eliminação do broto terminal da haste do tomateiro, de maneira que fosse interrompido o crescimento apical da planta, prática realizada quando a cultura se encontrava com altura de 1,7 a 1,8 m, na poda eliminavam-se as folhas velhas, que se encontravam abaixo dos cachos já colhidos; seis capinas, com intuito de eliminar as ervas daninha; e tratamentos fitossanitários necessários, ao aparecerem os primeiros sintomas de pragas e doenças.

5.6 Área experimental

A área experimental (680 m²) cultivada com tomateiro foi subdividida em áreas menores de 120 m² para a instalação de quatro distintos experimentos, conforme consta na Figura 07.

5.6.1 Delineamento experimental

O delineamento dos experimentos foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições para os experimentos com lâminas e frequências irrigação, já nos experimentos de doses e formas de aplicação de nitrogênio e potássio o delineamento foi em

bloco aos acaso no esquema fatorial com oito tratamentos e quatro repetições. Em cada bloco, num total de quatro, havia seis ou oito parcelas, de acordo com cada experimento, com área individual de $3,0 \text{ m}^2$ ($1 \text{ m} \times 3 \text{ m}$), contendo seis plantas. As três primeiras fileiras de plantas do primeiro e do último bloco, as duas fileiras entre blocos e a primeira e a última planta de cada parcela foram utilizadas como bordadura. Portanto, cada parcela possuía quatro plantas úteis, que foram utilizadas nas análises. Em cada bloco, os tratamentos foram totalmente casualizados.

Figura 07 – Área experimental subdividida para instalação dos quatro experimentos com a cultura do tomateiro, Fortaleza, Ceará, 2011

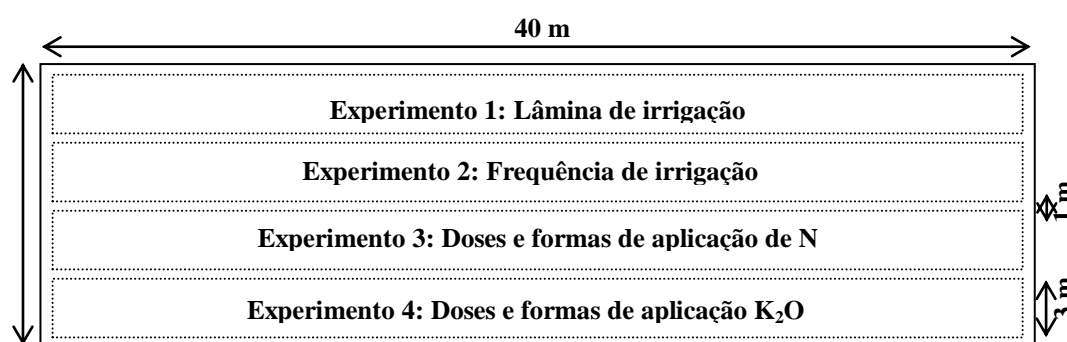


Figura do autor.

5.7 Descrições dos experimentos

5.7.1 Experimento I: Lâminas de irrigação

As lâminas de irrigação aplicadas foram estabelecidas com base na evapotranspiração de referência (E_{To}), obtida pela metodologia de Penman-Monteith. Os tratamentos foram iniciados no 20º DAT, e as lâminas totais aplicadas estão apresentadas na Tabela 04. Os seis tratamentos, com suas quatro repetições, foram correspondentes aos níveis de irrigação de: 30, 60, 90, 120, 150 e 180% da E_{To} de Penman-Monteith (E_{To} , mm dia^{-1}).

Tabela 04 – Percentual da evapotranspiração de referência de Penman-Monteith (E_{To}) e lâmina total de irrigação (Li) de cada tratamento, Fortaleza, Ceará, 2011

Tratamento	E_{To} (%)	Li total (mm)
Li ₃₀	30	112,14
Li ₆₀	60	224,28
Li ₉₀	90	336,42
Li ₁₂₀	120	448,56
Li ₁₅₀	150	560,70
Li ₁₈₀	180	672,84

No monitoramento da umidade do solo, os valores das leituras nos tensímetros foram convertidos em potencial matricial de água no solo (kPa), sendo obtidos os seguintes valores, em kPa: -18,1 para o tratamento Li₃₀; -13,8 para o tratamento Li₆₀; -12,8 para o tratamento Li₉₀; -11,3 para o tratamento Li₁₂₀; -8,1 para o tratamento Li₁₅₀ e -5,7 para o tratamento Li₁₈₀.

O cálculo da ETo foi realizado de acordo com a padronização proposta pela FAO (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997), devido sua grande aceitação e maior facilidade de aplicação. Os dados foram coletados na estação meteorológica automática da UFC, situada anexa à área experimental (Equação 03).

$$ETo = \frac{s}{s \cdot \gamma^*} \cdot (Rn - G) \cdot \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{(s + \gamma^*) \cdot (T + 273)} \cdot U_2 \cdot (e_s - e_e) \quad (03)$$

Em que:

- ETo - evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);
- S - declividade da curva de pressão de vapor d'água (kPa °C⁻¹);
- γ - coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹);
- γ^* - constante psicrométrica modificada (kPa °C⁻¹);
- Rn - saldo de radiação (MJ m⁻² dia⁻¹);
- G - fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹);
- λ - calor latente de evaporação (2,45 MJ kg⁻¹);
- T - temperatura média do ar diária (°C);
- U₂ - velocidade do vento a 2 m da superfície do solo (m s⁻¹);
- e_s - pressão de saturação de vapor d'água (kPa);
- e_a - pressão parcial de vapor d'água (kPa).

Os resultados foram submetidos à análise de regressão e, quando verificada significância ao nível de 5%, foram testados os modelos: linear, logarítmico, exponencial e polinomial quadrático, para verificar o que mais se ajustava aos dados, de acordo com a equação que apresentou melhor ajuste aos dados, com base no maior valor apresentado para o coeficiente de determinação (R²).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Microsoft Office Excel (2007) e do software ASSISTAT 7.6.

5.7.2 Experimento II: Frequência de irrigação

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, composto de seis tratamentos com frequências de irrigação equivalentes a: dois (F₂), três (F₃), quatro (F₄), cinco (F₅), seis (F₆) e sete (F₇) dias, com quatro repetições (Figura 08).

Figura 08 – Croqui dos blocos utilizados nos experimentos com lâminas e frequências de irrigação na cultura do tomateiro, Fortaleza, Ceará, 2011



B-Bordadura P-planta útil

Figura do autor.

A aplicação de água foi realizada com lâminas acumuladas no período. No monitoramento da umidade, os valores das leituras nos tensímetros de punção foram convertidos em potencial matricial de água no solo (kPa), sendo obtidos os seguintes valores, em kPa: -21,3 para o tratamento F₂; -25,8 para o tratamento F₃; -28,1 para o tratamento F₄; -37,5 para o tratamento F₅; -51,1 para o tratamento F₆ e -57,5 para o tratamento F₇.

As irrigações efetuadas foram com base na ETo de Penman-Monteith (Equação 02), e os tratamentos foram iniciados no 20º DAT.

Os resultados foram submetidos à análise de regressão e, quando verificada significância ao nível de 1%, foram testados os modelos: linear, logarítmico, exponencial e polinomial quadrático. A equação que melhor se ajustou aos dados foi selecionada com base no coeficiente de determinação (R²).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Microsoft Office Excel (2007) e do software ASSISTAT 7.6.

5.7.2.1 Variáveis analisadas nos experimento de lâminas e frequência de irrigação

A colheita manual foi realizada do 70º ao 90º DAT. Após a colheita, os frutos foram colocados em sacos plásticos, que foram acondicionados em caixas e transportados para a estação de agrometeorologia da UFC e para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia de Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical. Os frutos foram analisados quanto às suas características físicas: comprimento (mm); diâmetro (mm); espessura do pericarpo (mm); massa do fruto (g) e firmeza (N), além do número de frutos por planta, produção por planta (kg) e produtividade (Mg ha⁻¹). A qualidade dos frutos foi avaliada de acordo com o teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH e relação SS/AT.

5.7.3 Experimento III: Doses e formas de aplicação de nitrogênio

No experimento foram avaliadas diferentes doses de nitrogênio, utilizando-se ureia, 45% de N, aplicada de duas formas: via sistema de irrigação (fertirrigação) e de forma convencional, nas quantidades de: 0 (correspondente ao controle); 150; 300 e 600 kg ha⁻¹, o que corresponde, respectivamente, a: sem aplicação de nitrogênio; metade da dose recomendada; dose recomendada e o dobro da dose recomendada por Horino *et al.*, (1984) para a cultura do tomate.

Na adubação convencional, as três doses foram aplicadas da seguinte maneira: um terço na fundação, antes do transplante e dois terços em cobertura, no 40º DAT. Já nos tratamentos com fertirrigação, todas as doses foram parceladas em onze aplicações, realizadas de acordo com a marcha de absorção da cultura, com a primeira aplicação no 14º DAT, e as demais doses aplicadas, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126, 140 e 154 DAT, de acordo com a recomendação proposta pelo fabricante.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em um esquema fatorial (3x2) com um tratamento adicional para cada uma das formas de aplicação, correspondente ao tratamento controle (Tabela 05).

Tabela 05 – Descrição dos tratamentos do experimento com doses e formas de aplicação de N, Fortaleza, Ceará, 2011

Tratamento	Dose de N (kg ha ⁻¹)	Forma de aplicação
C ₀	0	Controle
F ₀	0	Controle
C ₁₅₀	150	Convencional
F ₁₅₀	150	Fertirrigação
C ₃₀₀	300	Convencional
F ₃₀₀	300	Fertirrigação
C ₆₀₀	600	Convencional
F ₆₀₀	600	Fertirrigação

Os tratamentos, baseados na dose recomendada (300 kg ha⁻¹) por Horino *et al.* (1984), consistiram em três doses de N, mais o controle, com duas formas de aplicação: C₀ e F₀ (controle, nas duas formas de aplicação); C₁₅₀ (metade da dose recomendada aplicada de forma convencional); F₁₅₀ (metade da dose recomendada aplicada por fertirrigação); C₃₀₀ (dose recomendada aplicada de forma convencional); F₃₀₀ (dose recomendada aplicada por fertirrigação); C₆₀₀ (dobro da dose recomendada aplicada de forma convencional) e F₆₀₀ (dobro da dose recomendada aplicada por fertirrigação), conforme descrito na Tabela 05.

5.7.4 Experimento IV: Doses e formas de aplicação de potássio

Nesse experimento, foram avaliadas doses de potássio, tendo como fonte o cloreto de potássio branco (60% de K_2O), aplicadas de duas formas: via sistema de irrigação (fertirrigação) e de forma convencional, nas quantidades de: 0; 200; 400 e 800 $kg\ ha^{-1}$, o que corresponde, respectivamente, aos tratamentos: controle; metade da dose recomendada, dose recomendada e o dobro da dose recomendada por Alvarenga (2000) para a cultura do tomate.

Na adubação convencional, as três doses foram aplicadas da seguinte maneira: um terço na fundação, antes do transplante e dois terços em cobertura, no 40º DAT. Já nos tratamentos com fertirrigação, todas as doses foram parceladas em onze aplicações, realizadas de acordo com a marcha de absorção da cultura, com a primeira aplicação no 14º DAT, e as demais doses aplicadas, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126, 140 e 154 DAT, de acordo com a recomendação proposta pelo fabricante.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em um esquema fatorial (3x2) com um tratamento adicional para cada uma das formas de aplicação, correspondente ao tratamento controle (Tabela 06).

Tabela 06 – Descrição dos tratamentos do experimento, doses e formas de aplicação de K_2O , Fortaleza, Ceará, 2011

Tratamento	Dose de K_2O ($kg\ ha^{-1}$)	Forma de aplicação
C ₀	0	Controle
F ₀	0	Controle
C ₂₀₀	200	Convencional
F ₂₀₀	200	Fertirrigação
C ₄₀₀	400	Convencional
F ₄₀₀	400	Fertirrigação
C ₈₀₀	800	Convencional
F ₈₀₀	800	Fertirrigação

Os tratamentos, baseados na recomendação de (ALVARENGA, 2000), consistiram em três doses K_2O , mais o controle, da seguinte maneira: C₀ e F₀ (controle, nas duas formas de aplicação); C₂₀₀ (metade da dose recomendada aplicada de forma convencional); F₂₀₀ (metade da dose recomendada aplicada por fertirrigação); C₄₀₀ (dose recomendada aplicada de forma convencional); F₄₀₀ (dose recomendada aplicada por fertirrigação); C₈₀₀ (dobro da dose recomendada aplicada de forma convencional) e F₈₀₀ (dobro da dose recomendada aplicada por fertirrigação), conforme descrito na Tabela 06.

5.7.4.1 Variáveis analisadas nos experimentos de doses e formas de aplicação de nitrogênio e potássio

A colheita se deu do 70° ao 90° DAT, quando os frutos foram colhidos manualmente. Após a colheita, os frutos foram colocados em sacos plásticos, acondicionados em caixas e transportados para o Laboratório da Estação de Agrometeorologia da UFC e de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, onde os frutos foram analisados quanto às suas características físicas: comprimento (mm), diâmetro (mm), espessura do pericarpo (mm), peso do fruto (g), firmeza (N), número de frutos por planta, produção por planta (kg) e produtividade (Mg ha^{-1}). Também, foi analisada a qualidade dos frutos quanto: ao teor de sólidos solúveis (SS), à acidez titulável (AT), o pH e a relação SS/AT.

Quando todos os tratamentos de adubação estavam finalizados, foram realizadas análises das folhas, sendo colhidas folhas maduras para estimar o teor de N no experimento com nitrogênio e de K no experimento com potássio presente nas folhas. As referidas análises foram realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará.

5.8 Análises estatísticas

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a 1 e a 5% de probabilidade. Para os quatro experimentos, quando verificado efeito significativo na análise de variância, os dados de natureza qualitativa foram comparados usando o teste de Tukey em nível de 1 e 5% de probabilidade e os de natureza quantitativa foram submetidos ao estudo de regressão, buscando-se ajustar equações com os modelos matemáticos que apresentaram melhores níveis de significância e maior valor de coeficiente de determinação (R^2), utilizando-se para isso o software para análises estatísticas da Universidade Federal de Campina Grande ASSISTAT 7.6 e o Microsoft Office Excel (2007).

5.9 Análise econômica

Para realização da análise econômica, foram levantados os preços dos insumos em lojas agropecuárias de Fortaleza, em setembro de 2011. Considerou-se o preço do quilograma da caixa de 25 kg de tomate de mesa praticado na compra pelos comerciantes da CEASA – Ceará. Para o custo referente à eletricidade, foi utilizado o preço do kW h^{-1} rural.

A partir da produtividade de cada tratamento, calculou-se a respectiva receita líquida, utilizando a planilha eletrônica adaptada de Souza (2006), a fim de se verificar o retorno econômico para o produtor. E, o custo cultural (CC, em R\$ ha⁻¹) foi calculado pela seguinte fórmula:

$$CC = SE + FE + AG + EE + OME + OMA \quad (04)$$

Onde:

SE – sementes (R\$ ha⁻¹);

FE – fertilizantes (R\$ ha⁻¹);

AG – agrotóxicos (R\$ ha⁻¹);

EE - energia elétrica (R\$ ha⁻¹);

OME - operação mecanizada (R\$ ha⁻¹);

OMA - operação manual (R\$ ha⁻¹).

Posteriormente, calculou-se o custo total (CT) com a Equação 06.

$$CT = CC + CA + EI + JC \quad (05)$$

Onde:

CA - custos administrativos (R\$ ha⁻¹);

EI - equipamento de irrigação (R\$ ha⁻¹);

JC - juros sobre custeio anual (R\$ ha⁻¹).

Por fim, com as Equações 07 e 08, calculou-se a receita bruta (RB, em R\$ ha⁻¹) e a receita líquida (RL, em R\$ ha⁻¹).

$$RB = PC \times \text{PREÇO} \quad (06)$$

$$RL = RB - CT \quad (07)$$

Onde:

PC - produtividade comercial (R\$ ha⁻¹);

PREÇO – preço (R\$ ha⁻¹);

CT - custo total (R\$ ha⁻¹).

5.10 Análises pós-colheita

5.10.1 Avaliações Físicas

5.10.1.1 Espessura do pericarpo, comprimento e diâmetro dos frutos

Em operação realizada com auxílio de um paquímetro digital, com medida subdividida em até centésimo de milímetro, avaliou-se: a espessura do pericarpo, o

comprimento e o diâmetro dos frutos. Foram selecionados aleatoriamente doze frutos de cada tratamento, sendo comprimento medido da porção inferior à superior, o diâmetro e a espessura do pericarpo medido na linha equatorial do fruto.

5.10.1.2 Massa e número de frutos

Uma balança semianalítica com precisão de um décimo de grama foi utilizada para se estimar a massa dos frutos amostrados. O número de frutos por planta foi calculado por contagem em cada uma das plantas úteis durante todo o período de colheita. A produtividade foi estimada contabilizando-se a massa dos frutos por planta e a densidade de plantio para cada uma das repetições.

5.10.1.3 Firmeza dos frutos

A firmeza dos frutos foi medida, na porção equatorial de frutos íntegros, por meio de um penetrômetro automático com ponta de 6 mm de diâmetro, após a retirada com uma faca de uma pequena porção da periderme do fruto. A firmeza, força necessária para romper a resistência da polpa, foi expressa em Newtons (N).

5.10.2 Avaliações físicas e químicas

Para as avaliações físicas e químicas, os frutos de tomate foram triturados previamente em um multiprocessador, para extração do suco, que foi armazenado em potes de plásticos de 25 mL, para serem posteriormente analisados.

5.10.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi medido diretamente no suco das amostras de cada uma das repetições, correspondentes a seus respectivos tratamentos, utilizando-se um potenciômetro digital modelo DMPH-2 Digimed com membrana de vidro, aferido com soluções tampões de pH 7 e 4, conforme a AOAC (1992).

5.10.2.2 Sólidos solúveis

O procedimento de medida dos sólidos solúveis (SS) consistiu em misturar e homogeneizar completamente a polpa dos frutos amostrados, em seguida foi realizado a filtragem de uma parcela do suco em papel de filtro, colocando-se duas gotas da mistura em

um refratômetro digital ATAGO PR-101, com escala de medida de 0 a 45 °Brix, com subdivisão em escala decimal (AOAC, 1992).

5.10.2.3 Acidez titulável

A acidez titulável (AT) foi medida em duplicata, diluindo-se um 1,0 g da polpa em 50 mL de água destilada. Em seguida, foi realizada titulação com NaOH (0,1 N) até atingir pH 8,1, com auxílio de um titulador potenciométrico digital automático com membrana de vidro, Mettler DL12. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985).

5.10.2.4 Relação SS/AT

Essa relação é representada pelo quociente entre os sólidos solúveis (SS) e a acidez titulável (AT).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento I: Lâminas de irrigação

6.1.1 Características físicas dos frutos

As lâminas de irrigação influenciaram ($p < 0,01$) o diâmetro dos frutos (DF), o comprimento dos frutos (CF), firmeza dos frutos (FF) e a espessura do pericarpo dos frutos (EP), (Anova, Tabela 07).

Tabela 07 – Resumo da análise de variância para: diâmetro dos frutos (DF); comprimento dos frutos (CF); firmeza dos frutos (FF) e espessura do pericarpo (EP), em plantas de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

FV	GL	Quadrado médio			
		DF	CF	FF	EP
Tratamentos	5	37,49**	55,23**	3,08**	0,43 ^{ns}
Blocos	3	7,81 ^{ns}	3,00 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,28 ^{ns}
Resíduos	15	7,60	2,82	0,62	0,66
CV(%)		5,97	4,29	12,43	16,64

FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação, ** = Significativo a 1%,

* Significativo a 5% e ^{ns} = não significativo.

O efeito da irrigação em função da lâmina de água aplicada sobre o diâmetro dos frutos de tomate é apresentado na Figura 09. A regressão linear mostrou-se significativa ($p < 0,01$) com coeficiente de determinação de 0,94. A média do diâmetro dos frutos foi de 46,2 mm e o coeficiente de variação (CV) de 5,97 %. O maior diâmetro dos frutos (49,9 mm) foi obtido no nível de irrigação (Li_{180} - 180% da ET_o), enquanto o menor (41,6 mm) para uma (Li_{30} - 30% da ET_o). Conforme se pode observar na Figura 09, o aumento da lâmina de água proporcionou um aumento no diâmetro do fruto do tomateiro. Dessa forma, caso seja necessário um fruto com diâmetro diferenciado no mercado, pode-se obtê-lo aplicando-se maior ou menor quantidade de água.

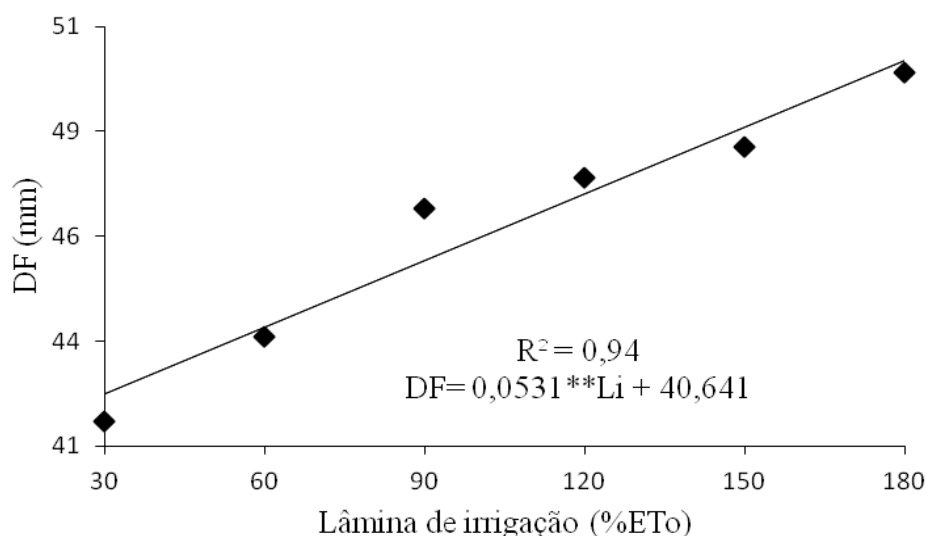
De acordo com a Portaria 5553/1995 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), os frutos são classificados de acordo com o seu diâmetro, sendo considerado fruto não comercial aquele com diâmetro inferior a 40 mm. Os valores para o diâmetro dos frutos obtidos nesse trabalho foram superiores ao mínimo exigido pelo MAPA para ser comercializado.

De forma semelhante, Koetz *et al.* (2010) ao estudarem quatro níveis de lâminas de irrigação, 50, 75, 100 e 125% da lâmina necessária para a reposição de água no solo até a condição de capacidade de campo, encontraram uma tendência linear crescente do diâmetro do fruto de tomate com o aumento da lâmina aplicada,

Ozbahce *et al.* (2010) também concluíram que o aumento da disponibilidade de água na cultura do tomate aumentou o diâmetro do fruto.

Trabalhos semelhantes em que o aumento da lâmina da água de irrigação afetou o diâmetro dos frutos de tomate, foram obtidos por Sanders *et al.* (1989), Branthome *et al.* (1994), Cetin *et al.* (2002), e Patané e Cosentino (2010).

Figura 09 – Diâmetro dos frutos (DF) de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



O comprimento dos frutos aumentou linearmente com o acréscimo da lâmina de irrigação. Quando a taxa de reposição de água variou de Li₃₀ para Li₁₈₀ houve incremento de 32% no comprimento dos frutos. Os valores absolutos do comprimento dos frutos variaram de 33,1 a 43,7 mm, com média de 39,1 mm. Koetz *et al.* (2010) verificaram, estudando a qualidade de frutos de tomateiro híbrido ‘Heinz 9498’, incrementos médios de apenas 5% sob o comprimento do fruto nos níveis de reposição da irrigação entre 50 e 125% da lâmina necessária para elevar a umidade do solo até a capacidade de campo.

O modelo de regressão linear para o comprimento dos frutos de tomate (Figura 10) em função da lâmina de irrigação aplicada ao solo foi significativo ($p < 0,01$) com coeficiente de determinação de 0,91.

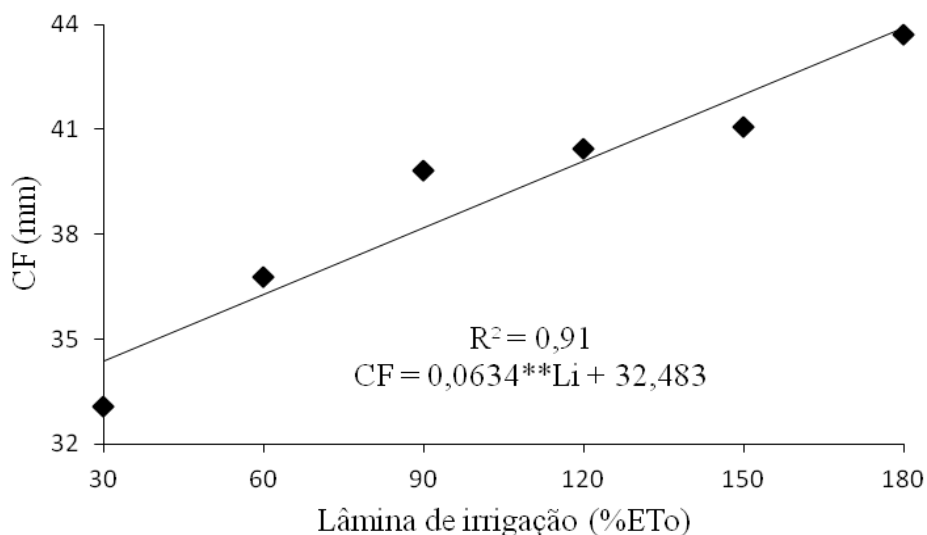
Loos *et al.* (2009) mencionaram que diversos fatores, tanto bióticos quanto abióticos, podem interferir na qualidade dos frutos de tomateiro, ressaltando, entre esses, o déficit hídrico.

É pertinente ressaltar que a escassez de água durante o período de frutificação reduz o tamanho de frutos (SOARES *et al.*, 2011). Loos *et al.* (2009) também relataram que o déficit hídrico pode interferir de forma negativa no tamanho dos frutos de tomateiro.

De acordo, Silva *et al.* (2013), avaliando a qualidade de frutos de tomateiro com diferentes lâminas (33, 66, 100, 133 e 166% da ETc), observaram um ajuste linear crescente para o comprimento do fruto entre o menor e o maior nível de água aplicado.

Segundo esses pesquisadores, referido estresse reduz a pressão de turgescência na célula, notadamente pela diminuição do conteúdo de água resultando em menor expansão da parede celular, esta afirmativa confirma os resultados encontrados nesta pesquisa, sobremaneira nas plantas cultivadas sob 30% da ETo.

Figura 10 – Comprimento dos frutos (CF) de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



A firmeza dos frutos é um dos mais importantes atributos da qualidade do tomate para consumo *in natura* e para a indústria (BERNADI *et al.*, 2007). Para Ahrens *et al.* (1990), esta é uma característica de conservação pós-colheita essencial durante o transporte e comercialização dos frutos, também relacionada com a capacidade de armazenamento ou “vida de prateleira”.

Observou-se uma tendência de resposta linear decrescente entre os resultados da firmeza dos frutos em função da lâmina de água aplicada, com coeficiente de determinação de

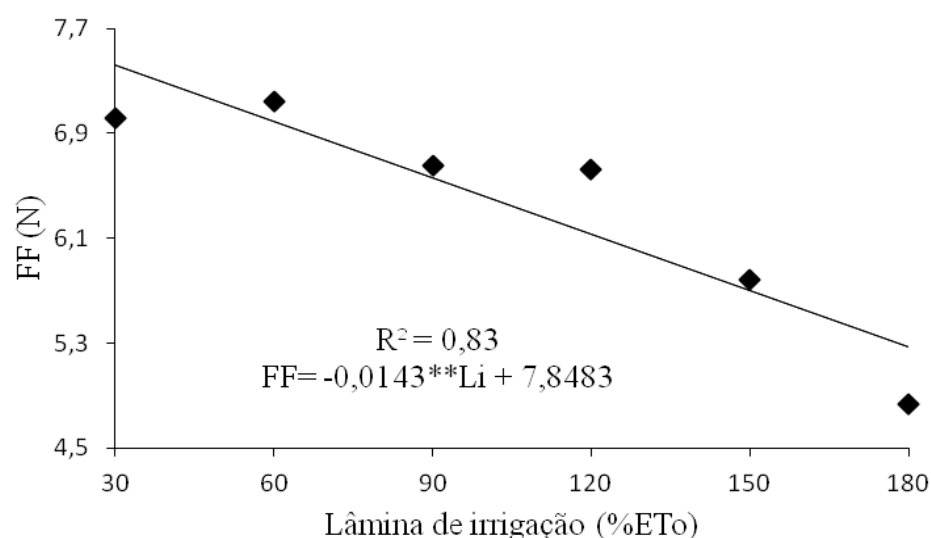
0,83 (Figura 11). Os valores de firmeza variaram de 7,0 N (Li₃₀) a 4,8 N (Li₁₈₀) representando uma amplitude de variação de 70%. Os frutos mais firmes ocorreram nos tratamentos em que a disponibilidade de água era menor.

O aumento da firmeza dos frutos associado ao aumento de deficit de água no solo pode estar relacionado com a diminuição da turgescência interna, que pode levar a uma menor pressão sobre as paredes das células e, em seguida, para uma maior elasticidade da epiderme (GUICHARD *et al.*, 2001).

Para Rosa *et al.* (2013), a firmeza está fortemente correlacionada com o conteúdo e tipo de pectina presente nas frutas e hortaliças. As substâncias pécicas são as principais responsáveis pela mudança de textura nestes alimentos (CAVASSA *et al.*, 2004)

Patané *et al.* (2011), testando diferentes regimes de irrigação na cultura do tomate, encontraram resposta semelhante aos deste trabalho. Resultados próximos aos deste trabalho foram encontrados por Rosa *et al.* (2011), testando diferentes acessos de tomate, que obtiveram firmeza variando de 4,81 a 10,6 N.

Figura 11 – Firmeza dos frutos (FF) de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



6.1.2 Produtividade

Conforme a análise de variância, apresentada na Tabela 08, as diferentes lâminas de irrigação testadas influenciaram positivamente o número de frutos por planta (FP), a massa dos frutos (MF), produção por planta (PP) e a produtividade (PROD), ao nível de significância de 1% pelo teste F.

Tabela 08 – Resumo da análise de variância para o número de frutos por planta (FP), massa dos frutos (MF), produção por planta (PP) e produtividade (PROD), em plantas de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

FV	GL	Quadrado médio			
		FP	MF	PP	PROD
Tratamentos	5	329,35**	636,26**	2,33**	931,76**
Blocos	3	30,58 ^{ns}	43,71 ^{ns}	0,02 ^{ns}	8,16 ^{ns}
Resíduo	15	11,59	48,57	0,11	34,84
CV(%)		9,84	13,47	18,76	15,23

FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação, ** = Significativo a 1%

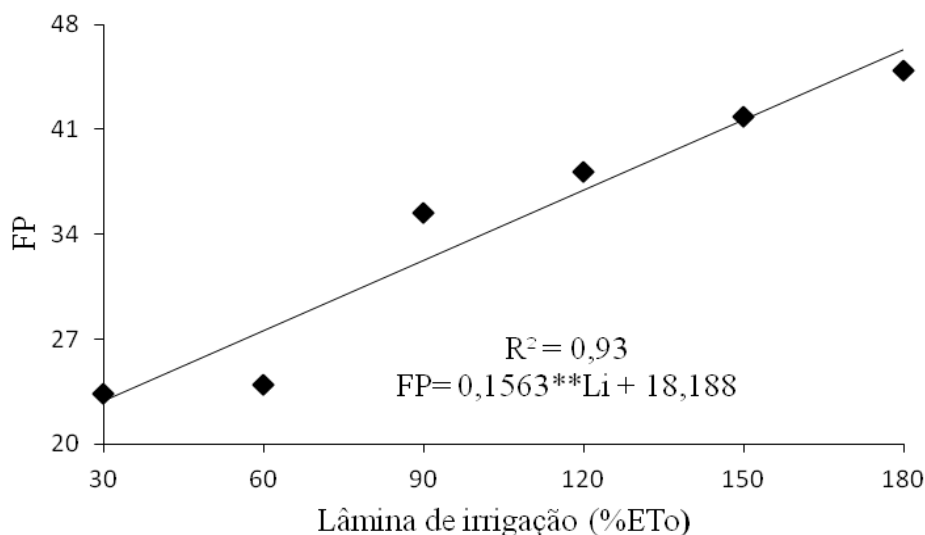
* Significativo a 5% e ^{ns} = não significativo.

O incremento da quantidade de água aplicada às plantas de tomateiro ocasionou aumento linear no número de frutos por planta (FP), conforme pode ser observado na Figura 12. Os valores do FP variaram de 23,4 (Li₃₀) a 44,9 (Li₁₈₀), representando uma amplitude de variação de 91,8%.

Silva *et al.* (2013), estudando o efeito das diferentes taxas de reposição da evapotranspiração da cultura (ETc) do tomateiro nas características produtivas, obtiveram uma resposta quadrática para o número de frutos produzidos por planta, e a partir da derivação os autores estimaram o nível de ETc equivalente a 110% como o que proporcionou o rendimento máximo (37,4 frutos por planta), valor este inferior ao encontrado neste trabalho (FP máximo de 44,9).

Santana *et al.* (2010) e Silva *et al.* (2013) obtiveram, estudando o efeito de níveis de água no solo na produtividade do tomateiro, resposta quadrática para o número de frutos por planta, os autores encontraram valores máximo de 30,6 e 37,4 frutos por planta. Esses autores afirmam, ainda, que a reposição da necessidade hídrica da cultura em escala menor ou maior que 100% do consumo da planta podem afetar, de forma negativa, o número de frutos produzidos. Estes resultados são diferentes aos encontrados nesse trabalho, já que a resposta obtida foi linear crescente para a aplicação de água na cultura do tomate, obtendo-se maior valor, 44,9 frutos por planta, com a aplicação de uma Li₁₈₀. Por outro lado, Cararo e Duarte (2002), estudando a injeção de CO₂ e níveis de água em tomateiro cultivado em ambiente protegido, não encontraram efeito significativo das lâminas de irrigação sobre o número de frutos produzidos.

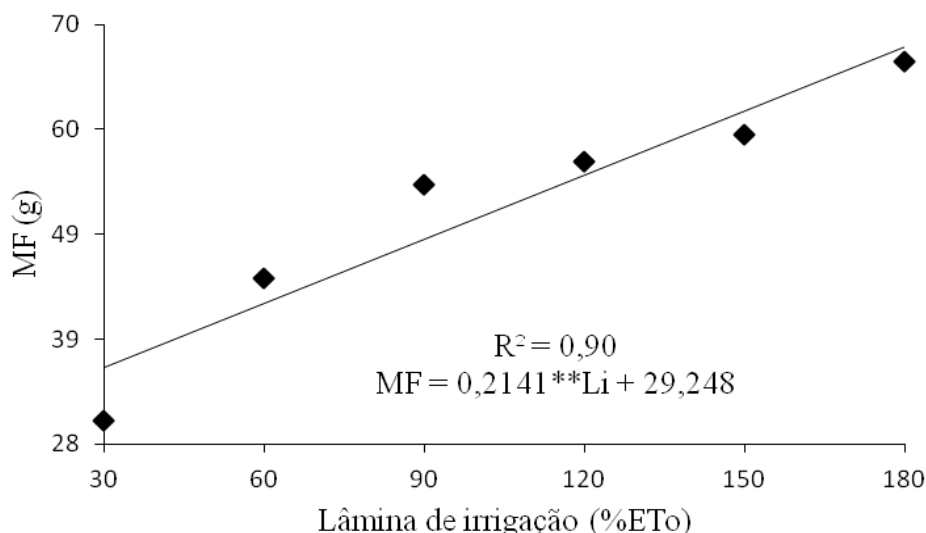
Figura 12 – Número de frutos por planta (FP) de tomateiro em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



Para a massa dos frutos (MF), o modelo linear crescente foi o que melhor se ajustou aos dados (Figura 13). Quando a taxa de reposição de água foi maior, ocorreu um incremento de 108,22% na MF nas plantas irrigadas com a maior lâmina Li_{180} em relação às plantas submetidas a menor lâmina Li_{30} . Os valores absolutos da massa dos frutos com o menor valor de 30,4 g para o tratamento Li_{30} , enquanto a MF foi de 66,3 g para Li_{180} . Esta variação expressiva na massa dos frutos está relacionada às variações nos volumes de água aplicados. Sem restrição hídrica e condições climáticas adequadas, o vegetal conserva sua atividade metabólica em níveis adequados, captando CO_2 da atmosfera e nutrientes do substrato do solo, possibilitando melhores respostas da cultura pela produção adequada de fotoassimilados (MELO *et al.*, 2010).

Marouelli e Silva (2008) registraram, estudando os limites de tensão de água no solo no cultivo do tomateiro, aumento da massa dos frutos em função da diminuição da tensão da água no solo e do aumento da água disponível. Tendência semelhante, com aumento da massa dos frutos, foi observada por Koetz *et al.* (2010) e Silva *et al.* (2013) ao avaliarem diferentes lâminas de irrigação na cultura do tomate com base na evapotranspiração da cultura, encontram respostas lineares crescentes.

Figura 13 – Massa dos frutos (MF) de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



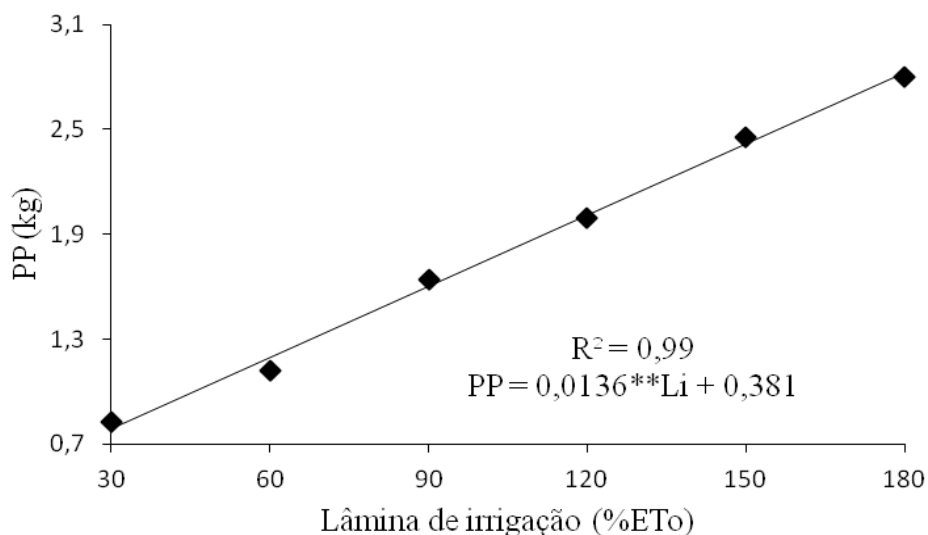
Trabalhos que revelam efeito negativo do estresse hídrico sob a massa dos frutos de tomateiro foram evidenciados por Madrid *et al.*, (2009). Para esses autores, o déficit de água reduz a área foliar, afeta a fotossíntese, a acumulação de água dos frutos e consequentemente a massa dos frutos.

A produção por planta (PP), em quilograma, de tomate em função da reposição de água às plantas é apresentada na Figura 14. Verifica-se que a produção de frutos por planta aumentou com o aumento da lâmina de água aplicada, e pode ser representada por uma função linear com coeficiente de determinação de 0,99. A produção mínima observada para esta cultivar de tomate foi de 0,8 kg planta⁻¹ para o tratamento Li₃₀ e a produção máxima foi de 2,3 kg por planta obtida no tratamento irrigado com a maior lâmina (Li₁₈₀). As plantas que receberam as maiores lâminas de irrigação apresentaram frutos com maior massa, quando comparadas com as plantas que receberam menor lâmina de água.

Conforme descrevem Santana *et al.*, (2010) a maneira como o déficit hídrico se manifesta na planta é bastante complexa, pois afeta praticamente todos os aspectos do crescimento, incluindo modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas.

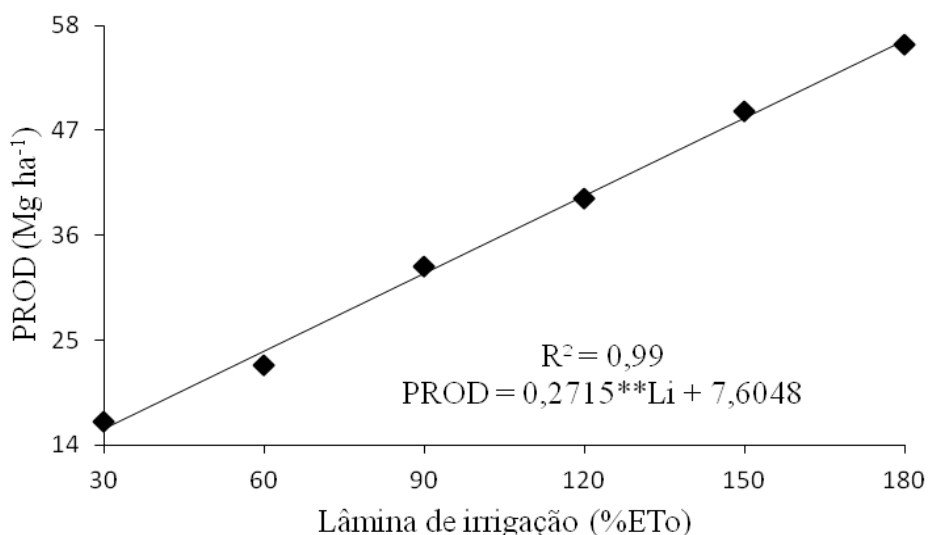
Macêdo e Alvarenga (2005), trabalhando com a cultura do tomate testando diferentes lâminas, encontraram resposta linear para a produção de frutos por planta, similarmente ao que foi obtido neste trabalho. Esses resultados também concordam com os obtidos por Nannetti (2001) e por Santos *et al.* (1998).

Figura 14 – Produção por planta (PP) de tomateiro em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



Pode-se observar, na Figura 15, que o tomateiro é sensível ao déficit hídrico pela redução na produtividade, à medida que se reduzia a lâmina de irrigação. Essa redução na produtividade do tomateiro pode estar relacionada ao déficit hídrico, que influencia diretamente nos processos fotossintéticos da planta e, conseqüentemente, na produção da cultura. Resultados semelhantes também foram observados por Santana *et al.* (2010), Monte *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2013). A máxima produtividade obtida foi de 56 Mg ha⁻¹ com aplicação da lâmina de 180% da ET_o, esses resultados foram similares aos encontrados por Monte *et al.* (2013) quando testaram a mesma percentagem de reposição, e obtiveram uma produção de 60,5 Mg ha⁻¹.

Figura 15 – Produtividade (PROD) de frutos de tomateiro em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



6.1.3 Análises química e físico-química de frutos de tomate

Na Tabela 09, está apresentado o resumo da análise de variância realizada para as variáveis químicas e físico-químicas: sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e a relação SS/AT. Observa-se que as variáveis analisadas foram significativas aos níveis de 5 e 1% pelo teste F, exceto para o pH e a relação sólidos solúveis e acidez titulável.

Tabela 09 – Resumo da análise de variância para sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e relação SS/AT, em plantas de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

FV	GL	Quadrado médio			
		SS	pH	AT	SS/AT
Tratamentos	5	0,5730**	0.1742 ^{ns}	0,0138**	1,68 ^{ns}
Blocos	3	0,0591 ^{ns}	0.0154 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	2,44 ^{ns}
Resíduo	15	0,0260	0.1067	0,0019	2,17
CV(%)		4,28	6,52	11,80	14,19

FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação, ** = Significativo a 1%

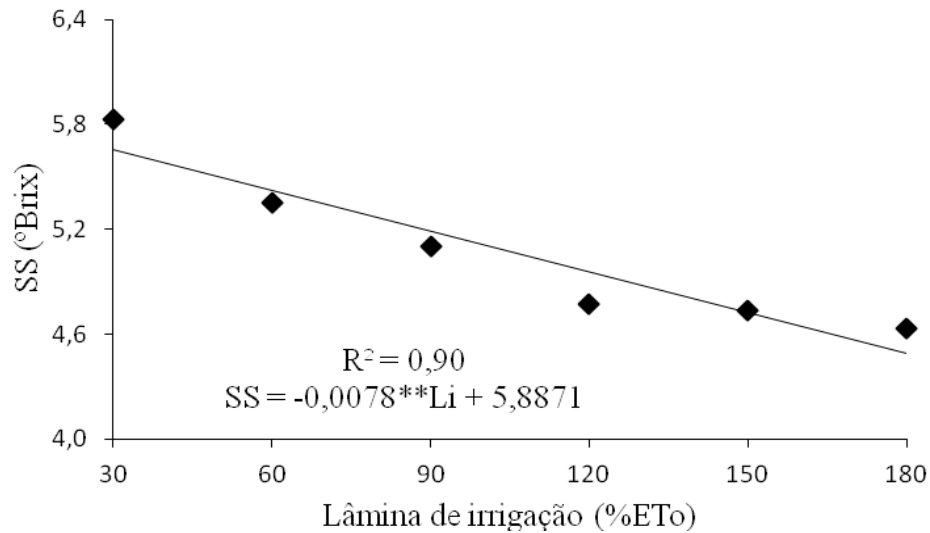
* Significativo a 5% e ^{ns} = não significativo.

Na Figura 16 é possível perceber que houve diferença significativa entre os tratamentos, com coeficiente de determinação de 0,91 (regressão linear), coeficiente de variação (CV) de 4,28 % e sólidos solúveis médio dos frutos de 4,4 °Brix. Foi observado um decréscimo linear dos sólidos solúveis dos frutos à medida que se aumentava a lâmina aplicada, sendo assim o tratamento Li₁₈₀ apresentou menor valor para SS.

Segundo Raupp *et al.* (2009), o teor de sólidos solúveis no fruto, além de ser uma característica genética da cultivar, pode ser influenciado pela temperatura, irrigação e adubação, esta penúltima, neste estudo, avaliada através dos tratamentos irrigados com diferentes lâminas de água.

Marouelli e Silva (2008), estudando a cultura do tomate, não encontraram diferença significativa para o teor de sólidos solúveis para os regimes de irrigação avaliados. Já, Koetz *et al.* (2010), em experimento com variações de lâminas de irrigação, observaram uma relação linear decrescente da quantidade de sólidos solúveis com o aumento da lâmina de irrigação, corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho.

Figura 16 – Sólidos solúveis (SS) em frutos de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



Cahn *et al.* (2002) relatam que o estabelecimento de um déficit de água controlado a partir do início do estágio de maturação é primordial para a obtenção de frutos com maior teor de sólidos solúveis. Segundo Koetz *et al.* (2010), algumas indústrias utilizam sistema de premiação considerando os teores de sólidos solúveis. Ou seja, quanto maior o valor de °Brix, maior o valor pago pela indústria de processamento de tomate. Segundo Giordano *et al.* (2000), quando o °Brix vai até 4,8 é pago o preço base, quando fica entre 4,81 a 5,21 há um acréscimo de 5% e quando é maior que 5,21, há um acréscimo de 10% no valor a ser pago ao produtor.

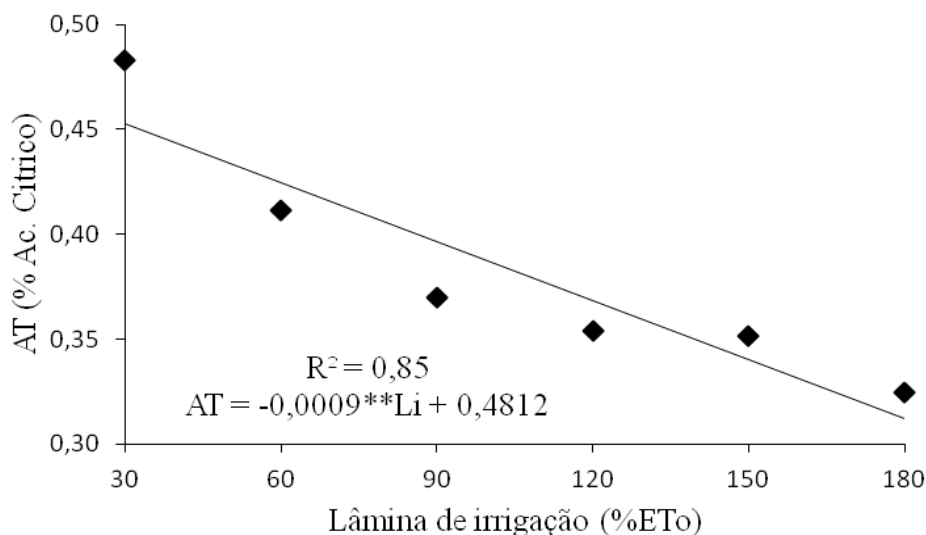
Na Figura 17, é possível observar que a acidez titulável se ajustou ao modelo de regressão linear decrescente para os tratamentos aplicados, apresentando um coeficiente de determinação de 0,85, coeficiente de variação de 11,80 % e com valores variando de 0,32 a 0,48% de ácido cítrico. Foi observado um decréscimo linear da AT dos frutos, à medida que se aumentava a lâmina de irrigação. Sendo assim, o tratamento Li₁₈₀ apresentou menor valor de acidez titulável. Essa resposta foi semelhante a encontrada por Marouelli e Silva (2008), quando a acidez titulável diminuiu linearmente com a redução da tensão de água no solo.

Segundo Rinaldi *et al.* (2013), os ácidos orgânicos mais relevantes em tomate são o cítrico e o málico, porém o primeiro é o mais abundante, com concentração cerca de trinta vezes mais elevada que os demais, e, por isso, normalmente a acidez do tomate é expressa em termos de ácido cítrico.

Macêdo e Alvarenga (2005), testando lâminas de água e doses de potássio na cultura do tomate, observaram que a presença de ácido cítrico nos frutos foi menos acentuada

quando se aumentava a lâmina de água e a dose de K_2O no solo. Porém, as diferenças não foram expressivas, mostrando pequena influência dos tratamentos no conteúdo de ácidos nos frutos do tomateiro.

Figura 17 – Acidez titulável (AT) em frutos de tomate em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



Os teores da acidez titulável dos frutos de tomate nessa pesquisa, variaram entre 0,30 (Li₃₀) a 0,47 % (Li₁₈₀). Carvalho *et al.* (2005) obtiveram valores para AT de 0,38% com o híbrido Diana, 0,39% para o híbrido Andréa, 0,40% para o híbrido Débora Max e 0,41% com o híbrido Carmem, cultivados com diferentes espaçamentos e número de ramos por planta.

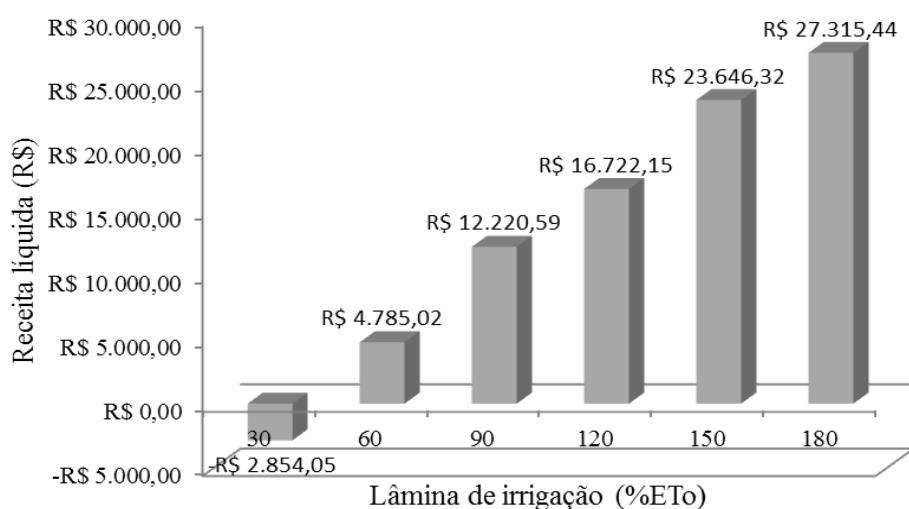
Fontes *et al.* (2004), em experimento utilizando diferentes meios porosos para cultivo e adubações na cultura do tomate, não verificaram diferença significativa entre os valores de acidez titulável em seus tratamentos. Já, Marouelli e Silva (2008) concluíram que a acidez titulável aumentou com o déficit hídrico durante os estádios de frutificação e de maturação.

As diferentes lâminas de água avaliadas nessa pesquisa proporcionaram diferentes valores de acidez titulável ao tomateiro, quando plantas submetidas a restrições hídricas produziram frutos mais ácidos que aquelas irrigadas com lâminas maiores.

6.1.4 Análise econômica

Pela receita líquida resultante da análise econômica simplificada em função das diferentes lâminas de irrigação aos 90 DAT. Observa-se que todos os tratamentos com Li_{60} , Li_{90} , Li_{120} , Li_{150} e Li_{180} , apresentaram os maiores lucros para o produtor, e a maior receita líquida positiva (R\$ 27.315,44) obtida com a lâmina de irrigação Li_{180} (Figura 18). Por outro lado, o tratamento com a lâmina de irrigação Li_{30} foi o único que apresentou prejuízo, com uma receita líquida negativa de R\$ 2.854,05.

Figura 18 – Receita líquida, em reais (R\$), obtida com a cultura do tomateiro em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



Andrade Júnior *et al.*, (2001) afirmam que, nas regiões áridas e semiáridas, no planejamento da irrigação, deve ser considerada a limitação da água, uma vez que é necessária a otimização dos recursos hídricos disponíveis, em busca da maximização da receita líquida por unidade de volume de água aplicado. Pelos resultados encontrados na análise econômica, pode-se afirmar que para as condições desse estudo a maior lâmina de irrigação constitui a melhor estratégia do manejo da irrigação para a cultura do tomateiro.

6.2 Experimento II: Frequência de irrigação

6.2.1 Características físicas dos frutos

A frequência de irrigação influenciou ($p < 0,01$) o diâmetro dos frutos (DF), o comprimento dos frutos (CF), a espessura do pericarpo dos frutos (EP) e a firmeza dos frutos (FF), (Anova, Tabela 10).

Tabela 10 – Resumo da análise de variância para o diâmetro dos frutos (DF), comprimento dos frutos (CF), firmeza dos frutos (FF) e espessura do pericarpo dos frutos (EP), em plantas de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

FV	GL	Quadrado médio			
		DF	CF	FF	EP
Tratamentos	5	34,86**	40,27**	25,85**	1,63**
Blocos	3	6,42 ^{ns}	8,75 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Resíduo	15	6,21	6,52	0,38	0,22
CV(%)		4,99	6,23	4,21	8,91

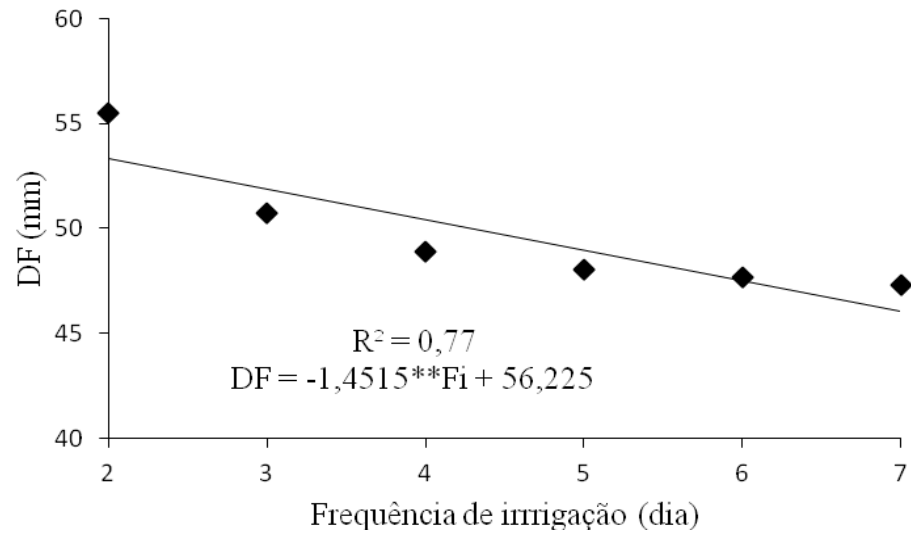
FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação; ** = Significativo a 1%
* Significativo a 5% e ^{ns} = não significativo.

Considerando o DF (Figura 19), observou-se que o melhor ajuste dos dados ocorreu a uma função linear decrescente com as frequências estudadas, com um coeficiente de determinação de 0,77. O tratamento com a maior frequência (F_2) proporcionou frutos com maiores DF (55,5 mm) em relação aos demais tratamentos aplicados. Já o tratamento com a menor frequência de irrigação, os frutos apresentaram o menor DF (47,3 mm).

Kalunga (2008), trabalhando com diferentes déficits de irrigação na cultura do tomate, relata que o tratamento com maior déficit hídrico promoveu a maior produção de frutos não comerciais, com diâmetro dos frutos inferior a 40 mm, possivelmente devido ao acentuado estresse hídrico que as plantas foram submetidas.

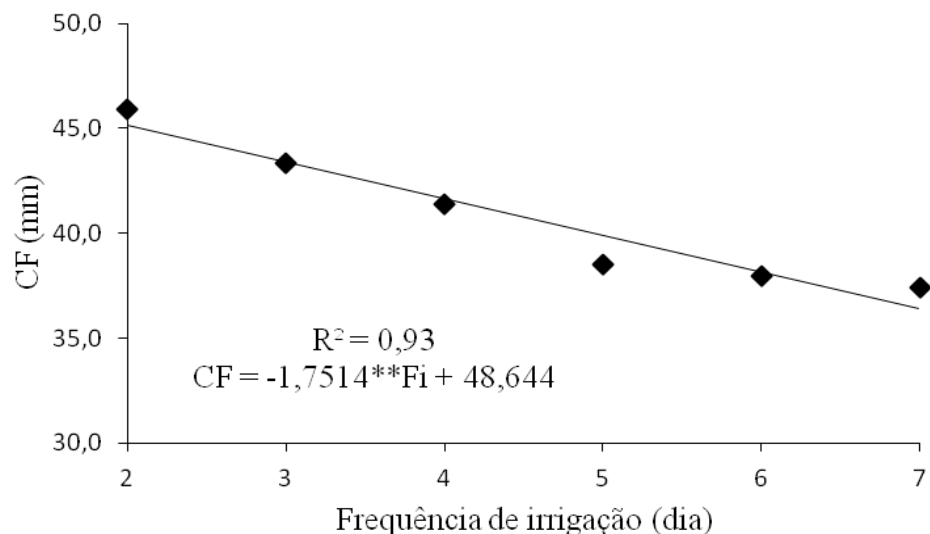
Monte *et al.* (2009), cultivando tomate de mesa da cultivar Débora tipo longa vida, no estado do Rio de Janeiro, e testando 4 frequências de irrigação, obtiveram frutos com diâmetro acima de 60 mm para uma frequência de irrigação de dois dias, valor este superior ao encontrado nesse trabalho para a mesma frequência, embora em condições edafoclimáticas e com cultivar diferentes.

Figura 19 – Diâmetro dos frutos (DF) de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



O CF (Figura 20) se ajustou a um modelo linear decrescente, com R^2 igual a 0,93. A frequência de irrigação F_2 proporcionou o maior comprimento dos frutos (45,9 mm). Observou-se que ocorreu uma redução linear no comprimento do fruto com a diminuição da frequência de irrigação, com menor CF (37,4 mm) proporcionado pela menor frequência aplicada, que correspondia ao tratamento F_7 , com irrigações aplicadas a cada sete dias.

Figura 20 – Comprimento dos frutos (CF) de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



Dermitas e Ayas (2009), trabalhando com pimentão cultivado em ambiente protegido, verificaram que o comprimento dos frutos foi significativamente influenciado pelo

déficit de irrigação. Soares *et al.* (2011) testaram a qualidade de frutos de tomate sob estresse hídrico em ambiente protegido e observaram que houve efeito significativo no comprimento de frutos de tomate em função do déficit de irrigação. Nota-se que tal fato evidencia que a qualidade física dos frutos está diretamente relacionada ao adequado fornecimento de água às plantas.

Pode-se observar, nas Figuras 19 e 20, que o tamanho dos frutos foi influenciado significativamente pela frequência de irrigação, por conta do aumento dos intervalos entre irrigações. A condição hídrica da planta tem influência direta sobre o desenvolvimento dos frutos, conforme relatam Johnson *et al.* (1992). Para Soares *et al.* (2011), o crescimento ou a redução do tamanho de um fruto de tomateiro está altamente relacionado com aumento ou diminuição do potencial de água na planta, que está intimamente relacionado com o conteúdo de água disponível no solo.

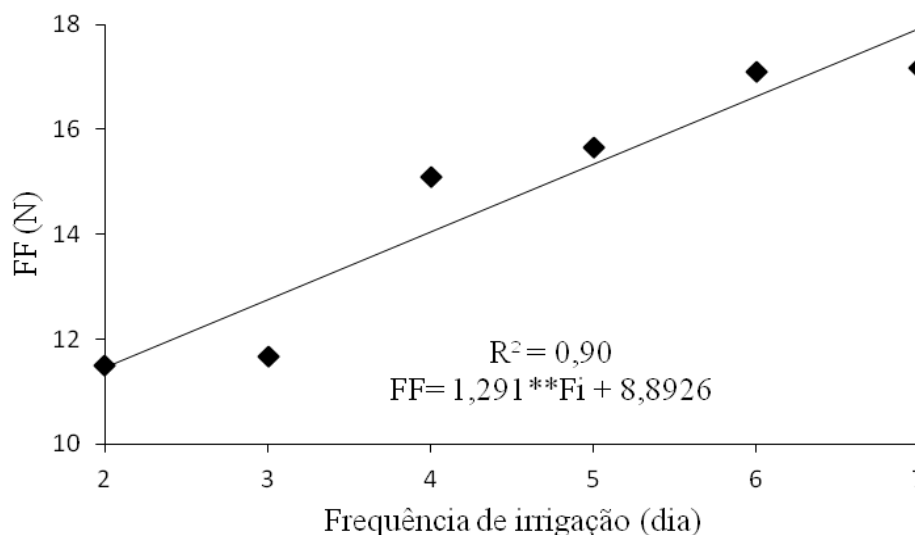
De acordo Makishima e Miranda (1995), o período crítico para o tomateiro ocorre do início da floração até o início da maturação, compreendendo, portanto, todo o desenvolvimento do fruto. O tamanho dos frutos foi maior para o tratamento que apresentava maior frequência de irrigação, na qual as plantas eram submetidas a um menor intervalo entre irrigações. Segundo Taiz e Zeiger (2009), a disponibilidade hídrica interfere no crescimento dos frutos, e a expansão celular somente ocorre quando a célula possui um valor mínimo de pressão (turgidez).

Costa *et al.* (2004) relatam que, no início do crescimento do fruto, a ocorrência de estresse fisiológico interfere no período de fornecimento de fotossintatos aos frutos, afetando o tamanho e possivelmente seu formato.

Para a variável firmeza dos frutos (Figura 21), o gráfico contém os resultados obtidos, que indicam uma tendência linear crescente da FF para o aumento do intervalo de irrigação. A firmeza dos frutos e a quantidade de água neles presente são os principais atributos que determinam a qualidade de armazenamento de frutos de tomate (BATU, 2004; DORAIS *et al.*, 2001; VISKELIS *et al.*, 2008). Quanto maior a firmeza do fruto do tomateiro, mais resistente aos danos mecânicos ele será, e assim o fruto poderá ter o tempo de armazenamento prolongado (KADER, 1986).

Patané e Cosentino (2010), testando diferentes intervalos de irrigação na cultura do tomate, encontraram resultados semelhantes aos desse trabalho, com a firmeza do fruto aumentando à medida que se aumentava os intervalos de irrigação.

Figura 21 – Firmeza dos frutos (FF) de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

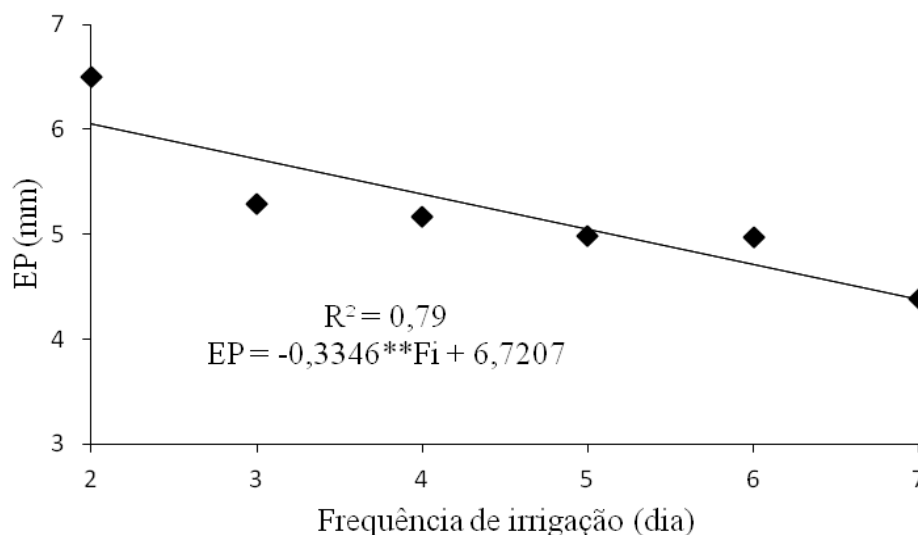


Wang *et al.* (2011), avaliando a firmeza de frutos de tomate sob diferentes déficits de irrigação, nos anos de 2008 e de 2009, verificaram que ocorreu diferença significativa para a firmeza dos frutos no ano de 2008, mas não observaram este fato no ano seguinte.

Pode-se verificar, na Figura 22, que houve uma resposta linear decrescente da espessura do pericarpo dos frutos (EP) à medida que se reduzia a frequência de irrigação. De acordo com Alvarenga *et al.* (2004), o manejo adequado da irrigação é essencial para a obtenção de rendimento elevado, visto que a cultura do tomate é sensível tanto à irrigação excessiva quanto insuficiente, já que o déficit hídrico afeta o rendimento da cultura. Nesse experimento, a maior espessura do pericarpo foi de 6,5 mm, obtida com o tratamento F₂, que corresponde ao turno de rega de dois dias. Nota-se que, quando se aumentou o turno de rega para sete dias (F₇), houve uma redução de 32,3% na espessura do pericarpo, devido ao estresse hídrico sofrido pelas plantas.

Albuquerque (2010), testando diferentes déficits de irrigação na cultura do pimentão, não encontrou diferença significativa para a espessura do pericarpo. Esses resultados se assemelham aos de Alves Júnior (2006) que, analisando diferentes déficits hídricos na cultura de lima ácida ‘Tahiti’ com quatro anos de idade, não constatou diferença na espessura do pericarpo dos frutos. Araujo *et al.* (2012), avaliando déficit de irrigação em diferentes horários ao longo do dia na cultura do maracujá, não encontraram diferença significativa na espessura da casca do fruto. Entretanto, nesse trabalho os resultados encontrados apresentaram diferença significativa para esta variável, não corroborando com os autores citados anteriormente.

Figura 22 – Espessura do pericarpo dos frutos (EP) de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



6.2.2 Produtividade

Segundo a análise de variância (Tabela 11), verifica-se que ocorreu efeito significativo ($P < 0,01$) das diferentes frequências de irrigação testadas sobre as variáveis: número de frutos por planta (FP), massa dos frutos (MF), produção por planta (PP) e produtividade (PROD).

Tabela 11 – Resumo da análise de variância para: número de frutos por planta (FP), massa dos frutos (MF), produção por planta (PP) e produtividade (PROD), em plantas de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

FV	GL	Quadrado médio			
		FP	MF	PP	PROD
Tratamentos	5	98,74**	619,08**	0,60**	243,41**
Blocos	3	14,81 ^{ns}	121,53 ^{ns}	0,22**	88,79**
Resíduo	15	13,38	93,14	0,03	12,79
CV(%)		19,55	15,37	17,83	17,86

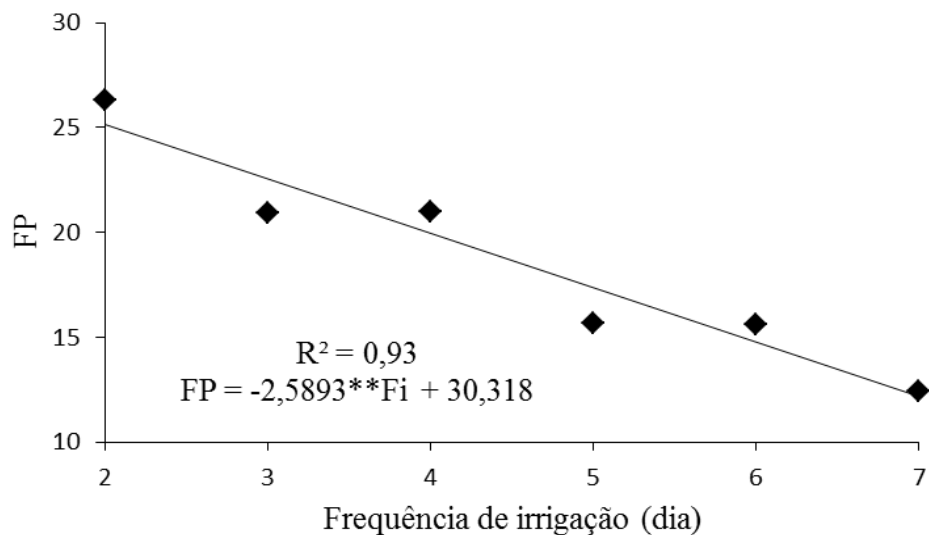
FV= fonte de variação, GL = Grau de liberdade; CV= Coeficiente de variação; **= Significativo a 1%
*= Significativo a 5% e ^{ns} = não significativo.

A partir da análise de regressão verificou-se que o FP (Figura 23), em função de diferentes frequências de irrigação, se ajustou a um modelo linear decrescente, com R^2 de 0,93. A frequência de irrigação que proporcionou o maior número de frutos por planta (26,3)

foi correspondente à frequência de irrigação onde a lâmina acumulada era repostada a cada dois dias (F_2).

Macêdo e Alvarenga (2005), estudando a cultura tomate em ambiente protegido, obtiveram um maior o número de frutos comerciais por planta à medida que o estresse hídrico na planta era reduzido. Resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo foram encontrados por Albuquerque *et al.* (2011), para a cultura do pimentão sob estresse hídrico. Os autores relataram uma redução do número de frutos com o aumento do estresse hídrico nas plantas.

Figura 23 – Número de frutos por planta (FP) de tomateiro em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



Estudando aspectos produtivos e a qualidade de frutos para o processamento na cultura do tomate, em função da época de suspensão da irrigação na produção, Marouelli *et al.* (2007) encontraram uma curva quadrática para o número de frutos comerciais por planta, resultado este diferente ao encontrado nessa pesquisa, que apresentou resposta linear decrescente no estudo de regressão.

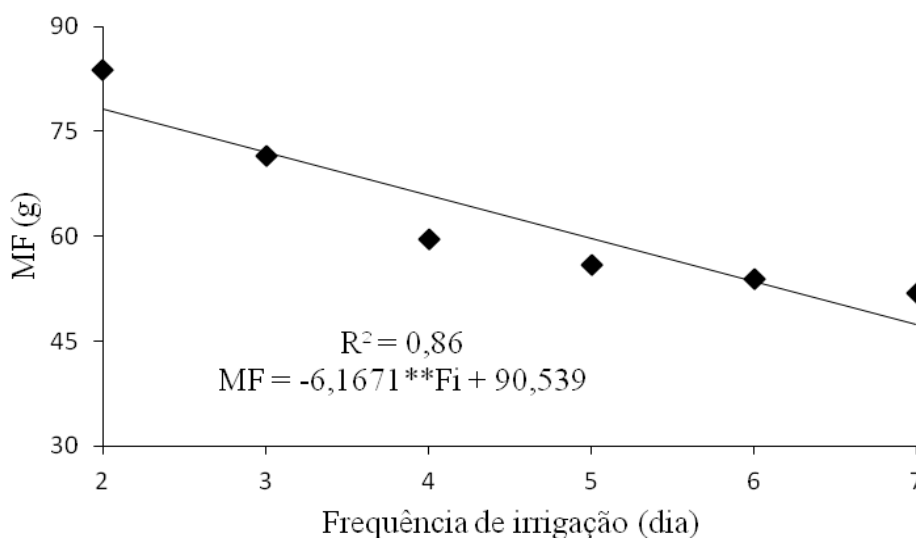
Monte *et al.* (2009), avaliando a influência do turno de rega no crescimento e na produção do tomateiro durante o verão em Seropédica, Rio de Janeiro, encontraram diferença significativo no número de frutos por planta, tendo o tratamento com turno de rega de dois dias produzido 22,3 frutos, resultado semelhante ao obtido nesta pesquisa. Embora, na presente pesquisa, para o mesmo turno de rega, o número de frutos por planta (26,3) foi superior ao encontrado por estes autores.

Os resultados encontrados nesse trabalho indicam que quanto maior o intervalos de irrigação sofrido pela planta menor seria o número de frutos por planta, fato esse que,

segundo Alvarenga (2004), pode ocorrer devido às oscilações do teor de umidade no solo que podem provocar rachaduras nos frutos, podridão apical, ocorrência de frutos ocos, queda de flores, além da redução no estabelecimento dos frutos.

A menor frequência de irrigação ocasionou diminuição significativa na massa dos frutos (MF) na cultura do tomate (Figura 24). E, de acordo com a análise de regressão, o modelo que melhor se ajustou foi o linear decrescente com R^2 igual a 0,86.

Figura 24 – Massa dos frutos (MF) de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



O tratamento F_2 , que corresponde ao intervalo de irrigação de dois dias, proporcionou o melhor resultado para essa variável, com massa dos frutos de 83,8 g. Já o tratamento F_7 , que corresponde a um intervalo de irrigação de sete dias, proporcionou a menor MF, com um valor de 52 g. Com o aumento da frequência de irrigação de F_7 para F_2 houve um aumento na massa dos frutos na ordem de 61 %.

Koetz *et al.* (2010), avaliando diferentes déficits de irrigação na cultura do tomate, encontraram uma regressão linear simples para a massa dos frutos, com um valor máximo de 61,20 g para o menor déficit, sendo este valor inferior ao encontrado nesse trabalho no tratamento com menor déficit hídrico, que foi de 83,8 g.

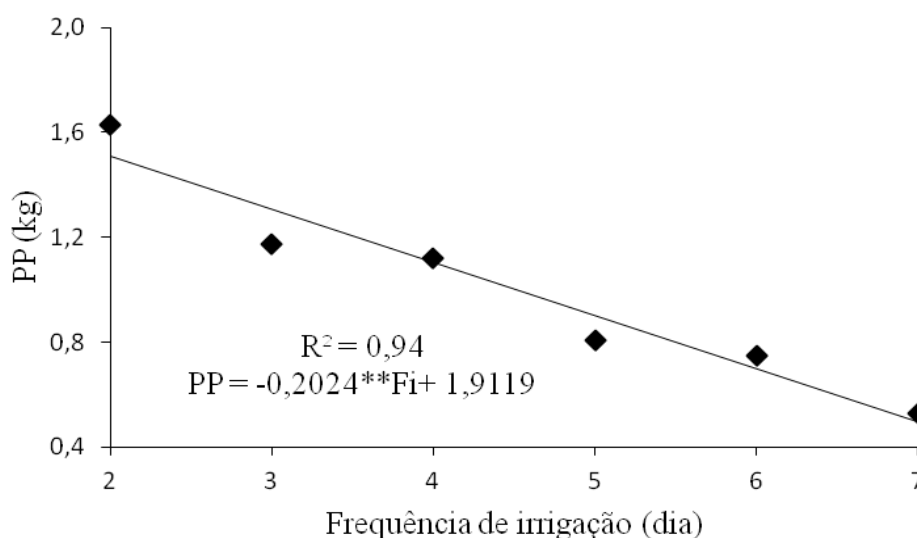
Marouelli *et al.* (2007) e Marouelli *et al.* (2008), também cultivando tomate, observaram que a massa média dos frutos foi reduzida linearmente, provocada pela maior tensão acarretada pelo maior déficit de água no solo a qual as plantas foram submetidas. O mesmo comportamento foi observado nesse trabalho, verificando-se uma redução da massa dos frutos à medida que se aumentava o estresse hídrico na planta.

Ozbahce e Tari (2010), testando diferentes espaçamentos entre emissores e estresse hídrico na produtividade e qualidade de frutos de tomate para o processamento industrial, em condições de clima semiárido na região Konya, Turquia, encontraram resultados semelhantes ao desse trabalho para a massa dos frutos.

A produção por planta (PP), em quilograma, de tomate em função da frequência de irrigação é apresentada na Figura 25. A partir da análise de regressão verificou-se que a PP se ajustou a um modelo linear decrescente, com R^2 de 0,94.

A frequência de irrigação que proporcionou a maior PP (1,6 kg) foi correspondente ao tratamento F_2 , e a produção mínima (0,5 kg) foi obtida com tratamento F_7 . Esse comportamento revela que períodos maiores com diminuição da disponibilidade hídrica no solo, imposta pelo tratamento com o turno de rega F_7 , reduziu significativamente a produção por planta.

Figura 25 – Produção por planta (PP) de tomateiro em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

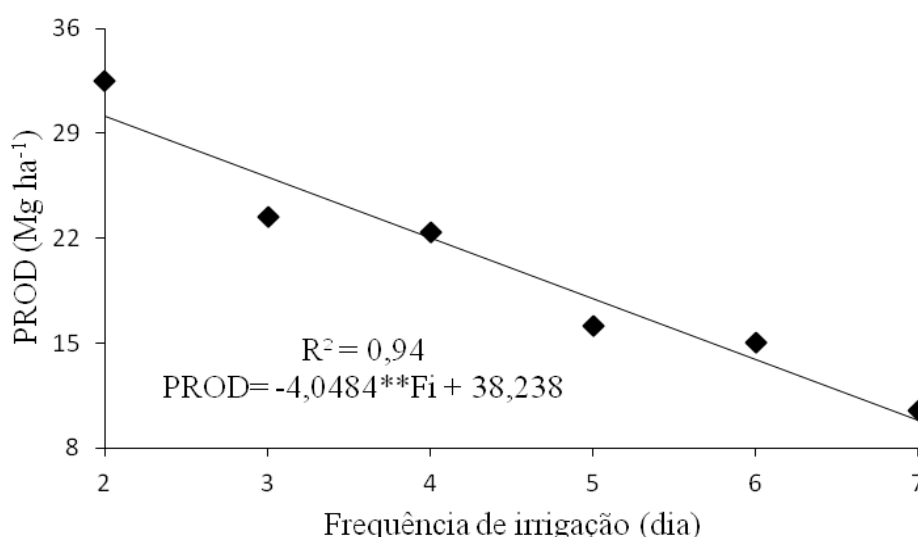


Testando diferentes frequências de irrigação na cultura do tomate em condições de casa de vegetação, Pires *et al.* (2009) encontraram resultados similares aos do presente estudo para a produção por planta.

Lima *et al.* (2012), trabalhando com a cultura do pimentão, obtiveram uma função quadrática para a produção de frutos por planta em relação ao déficit de irrigação com frequência de dois dias. Os resultados apresentados nesse trabalho indicam que a função que melhor se ajustou foi a linear decrescente, na qual à medida que se diminuía a frequência de irrigação ocorria uma redução na produção de frutos.

Analisando o efeito da frequência de irrigação sobre a produtividade (Figura 26), constatou-se que o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o linear decrescente, com R^2 de 0,94. Esse comportamento revela que períodos com baixa disponibilidade hídrica no solo, imposta pelo tratamento com a reposição de água apenas a cada sete dias, reduziu significativamente a produtividade. A produtividade máxima e mínima alcançada com as frequências testadas foi de 32,5 e 10,5 t ha⁻¹, correspondendo, respectivamente, aos tratamentos F₂ e F₇.

Figura 26 – Produtividade (PROD) da cultura do tomateiro em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



Outro fator que pode explicar a redução da produtividade está relacionado ao aumento do intervalo entre irrigações, visto que o tratamento F₇ recebe de uma única vez a lâmina acumulada referente há sete dias, provocando maior tempo com déficit hídrico no solo.

Segundo Alvarenga (2000), a irrigação excessiva durante o período de floração, tem provocado aumento na queda de flores e redução no estabelecimento de frutos. E, de acordo com Harmanto *et al.* (2004), a alta umidade do solo, a partir de certo valor, pode reduzir a produtividade do tomateiro.

Avaliando os resultados da presente pesquisa, nota-se que a irrigação com turno de rega de dois dias, mantendo elevada a umidade do solo, favoreceu ao aumento da produtividade, que foi decrescente com a diminuição da frequência de irrigação. Já, Monte *et al.* (2009), avaliando a frequência de irrigação na cultura do tomate, não encontraram diferença significativa entre os tratamentos de frequência diária e de dois dias, concluindo em termos econômicos que a frequência de dois dias apresentou produção equivalente ao

tratamento com frequência diária, tendo maior eficiência na produção de frutos de tomate, sendo mais econômico e interessante para o agricultor.

6.2.3 Análise química e físico-química de frutos de tomates

Na Tabela 12, estão apresentados os dados referentes ao resumo da análise de variância realizada para as variáveis químicas e físico-químicas: sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e relação SS/AT. Observa-se que as variáveis analisadas mostraram-se significativas ao nível de 0,01 e 0,05 pelo teste F, exceto para o pH.

Tabela 12 – Resumo da análise de variância para sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e relação SS/AT, em plantas de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

FV	GL	Quadrado médio			
		SS	pH	AT	SS/AT
Tratamentos	5	0,074*	0,023 ^{ns}	0,011**	21,13**
Blocos	3	0,002 ^{ns}	0,046*	0,000 ^{ns}	3,41 ^{ns}
Resíduo	15	0,018	0,012	0,001	2,74
CV(%)		3,26	2,26	9,09	13,36

FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação, ** = Significativo a 1%

* Significativo a 5% e ^{ns} = não significativo.

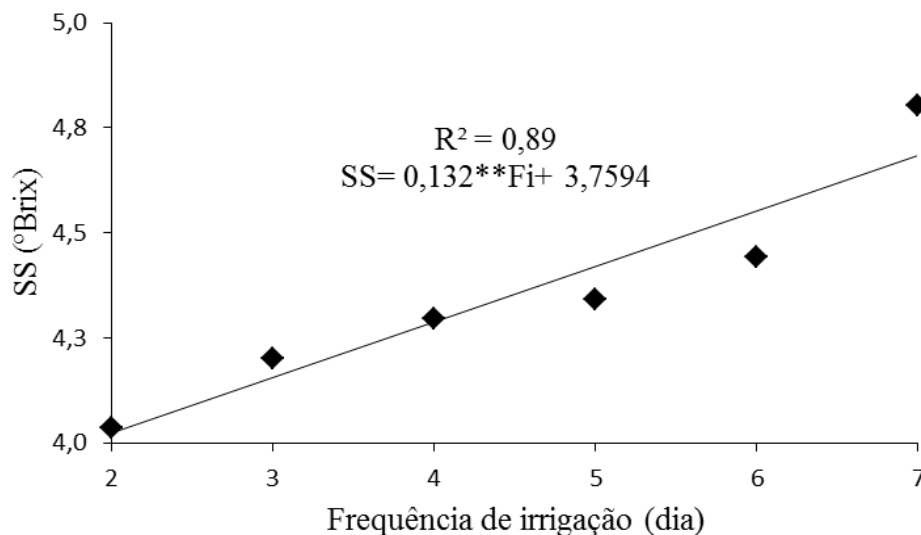
Pode-se observar na Figura 27 um aumento linear no teor de SS, em função da diminuição da frequência de irrigação. Os valores variaram de 4° Brix obtido com a maior frequência de irrigação (F2) a 4,8° Brix com a menor frequência de irrigação (F7), observando-se um incremento de 20% no teor de SS entre a maior (F2) e a menor (F7) frequência de irrigação.

HANSON *et al.* (1997) obtiveram resultados semelhantes aos do presente estudo, evidenciando que irrigação maiores intervalos provocaram redução no teor de SS de tomate para o processamento industrial. Segundo Colla *et al.* (1999), o uso de intervalo de irrigação maior melhorou a qualidade dos frutos de tomate com relação ao teor de SS (°Brix). Em contrapartida, May (1996) indicou que os SS dos frutos de tomate não foram afetados pelo intervalo entre irrigações, mas foram significativamente influenciados ao realizar o corte da irrigação antes da colheita.

De acordo com Mencarelli e Saltveit Jr. (1988), frutos de tomate de boa qualidade devem apresentar um valor de SS superior a 3 °Brix. Portanto, todos os valores (4 a 4,8 °Brix)

encontrados nessa pesquisa foram superiores à recomendação. Enquanto, Morgan (1997) sugere valor acima de 5 °Brix para os SS.

Figura 27 – Sólidos solúveis (SS) em frutos de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

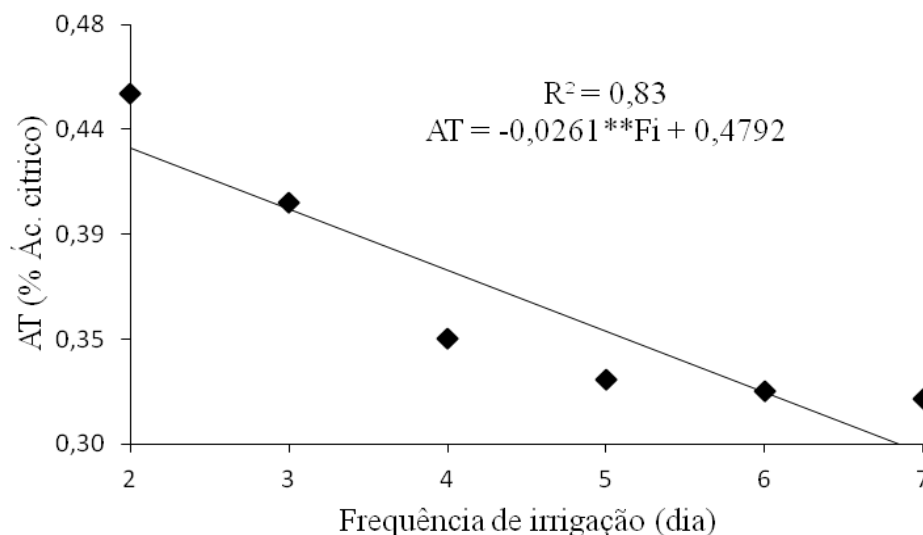


Para Rinaldi *et al.* (2013), os ácidos orgânicos mais relevantes em tomate são o cítrico e o málico, porém o primeiro é o mais abundante, com concentrações cerca de trinta vezes mais elevadas que os demais e, por isso, normalmente a acidez do tomate é expressa em termos de ácido cítrico.

Conforme pode ser visto na Figura 28, a equação que melhor se ajustou aos dados foi a do tipo linear decrescente, com um R^2 de 0,83. A acidez titulável variou em função da frequência de irrigação, sendo o maior valor para AT (0,45%) obtido com o tratamento F_2 , e o menor valor (0,32%) com o tratamento F_7 .

Os valores de acidez titulável nesse experimento diminuíram a medida que se reduzia a frequência de irrigação, com valores variando de 0,45 (F_2) a 0,32% (F_7) de ácido cítrico, proporcionando uma redução de 29,9%. Esses valores são próximos aos detectados por Carvalho *et al.* (2005), que obtiveram 0,4% de ácido cítrico em frutos de tomate, e superiores aos encontrados por Marouelli *et al.* (2005), que obtiveram um valor médio de 0,31% de ácido cítrico em frutos de tomate.

Figura 28 – Acidez titulável (AT) em frutos de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



Estudando a cultura do tomate, Cardoso *et al.* (2006) observaram valores variando entre 0,31 a 0,36% para a acidez total titulável em frutos de tomate das cultivares Santa Clara e Santa Cruz Kada e para o híbrido Débora Plus. Ferrari (2006), avaliando a acidez titulável em frutos de tomate na safra de verão, encontrou valores no intervalo de 0,20 a 0,32% para a acidez titulável.

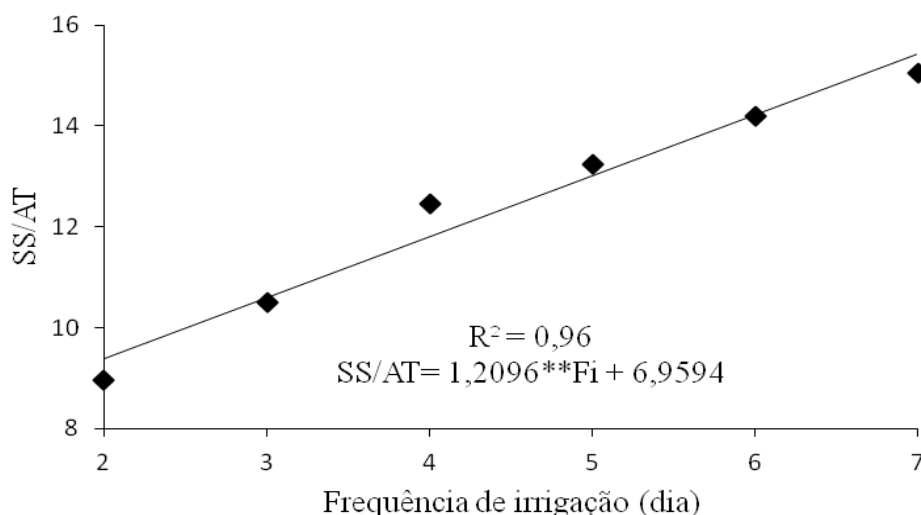
A diferença entre os valores da acidez titulável obtidos pelos autores apresentados pode ser justificada pela composição genética de cada cultivar utilizada, pois, segundo Seleguini *et al.* (2007), o fator genético é determinante no que diz respeito ao teor de ácidos em frutos de tomateiro.

O modelo linear crescente foi o que melhor se ajustou para a relação SS/AT (Figura 29), com um R^2 de 0,96. O menor valor (9,0) foi obtido com a maior frequência de irrigação (F2). Os valores variaram de 9 a 15 em função das diferentes frequências testadas.

Carvalho *et al.* (2005), avaliando diferentes híbridos de tomateiro, encontram valores para a relação SS/AT variando de 9,82 a 13,02, corroborando com os valores encontrados nessa pesquisa.

Os resultados encontrados neste estudo demonstraram que os tratamentos utilizados, com exceção dos obtidos com o tratamento de maior frequência de irrigação (F2), apresentaram boa qualidade em relação ao equilíbrio entre a acidez e os açúcares dos frutos, requisito primordial para produtos de tomate com características sensoriais adequadas. Pois, uma relação maior que dez demonstra que o fruto possui boa qualidade (VANZONEN, 1996).

Figura 29 – Relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em frutos de tomate em função da frequência de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



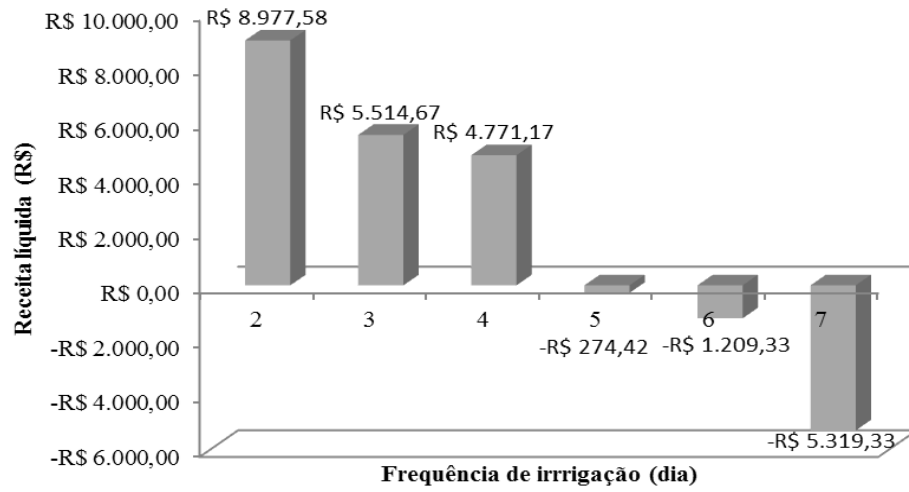
Segundo Sousa *et al.* (2011), valor da relação SS/AT inferior ao mínimo recomendado, indica características indesejáveis como acidez excessivamente elevada, ou ainda baixa teores de sólidos solúveis, que podem ser causados pela maturação incompleta. Já para Ferreira (2004), um alto valor da relação SS/AT determina sabor suave devido à excelente combinação de açúcar e ácido, enquanto que valores baixos se correlacionam com sabor mais ácido e desagradável.

6.2.4 Análise econômica

Pela receita líquida resultante da análise econômica simplificada em função das diferentes frequências de irrigação aos 90 DAT. Observa-se que os tratamentos com F₂, F₃ e F₄, apresentaram os maiores lucros para o produtor, sendo a maior receita líquida positiva (R\$ 8.977,58) obtida com a frequência de irrigação F₂ (Figura 30). Por outro lado, os tratamentos com intervalos de irrigação maiores que quatro dias apresentaram prejuízos, com uma receita líquida negativa de R\$ 5.319,33 para o tratamento com o maior intervalo de irrigação (F₇).

Campos *et al.*, (2009) afirmam que para o processo de exploração da cultura do tomate, a análise econômica constituem o elemento básico de decisão dos planos de desenvolvimento e operação de projetos de irrigação, que permitem tomar decisões sobre planos ótimos de cultivo e ocupação de área para produção econômica com base na água disponível. Pelos resultados encontrados na análise econômica, pode-se afirmar que para as condições desse estudo a maior frequência (F₂) de irrigação constitui a melhor estratégia do manejo da irrigação para a cultura do tomateiro.

Figura 30 – Receita líquida, em reais (R\$), obtida com a cultura do tomateiro em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



6.3 Experimento III: Doses e formas de aplicação de nitrogênio

6.3.1 Características físicas dos frutos e análise foliar

Na Tabela 13 estão dispostos os valores da análise de variância para o diâmetro dos frutos (DF), comprimento dos frutos (CF), firmeza dos frutos (FF), espessura do pericarpo dos frutos (EP) e nitrogênio foliar (FN) da cultura do tomate em função da dose nitrogênio aplicada pelo método convencional e por fertirrigação.

As diferentes doses de nitrogênio (150, 300 e 600 kg ha⁻¹ de N) e as formas de aplicação (convencional e fertirrigação) influenciaram significativamente em nível de 1% pelo teste F a FF e FN, enquanto para as demais variáveis: DF, CF e EP não houve efeito significativo em nível de 1% pelo teste F nesse experimento.

Tabela 13 – Resumo da análise de variância para o diâmetro dos frutos (DF), comprimento dos frutos (CF), firmeza dos frutos (FF), espessura do pericarpo dos frutos (EP) e nitrogênio foliar (FN), em função da dose de N aplicada de forma convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

FV	GL	Quadrado médio				
		DF	CF	FF	EP	FN
Doses (D)	2	7,25 ^{ns}	13,34 ^{ns}	61,83**	0,33 ^{ns}	28,56**
Formas (F)	1	5,33 ^{ns}	0,00 ^{ns}	27,81**	0,34 ^{ns}	34,80**
Interação D x F	2	0,63 ^{ns}	1,41 ^{ns}	8,36**	0,15 ^{ns}	0,68 ^{ns}
Fatorial x T	1	14,06 ^{ns}	3,42 ^{ns}	6,92**	0,39 ^{ns}	50,63**
Tratamentos	6	5,86 ^{ns}	5,48 ^{ns}	29,18**	0,28 ^{ns}	23,99**
Blocos	3	18,55*	20,58*	0,45 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,86*
Resíduo	21	5,13	4,15	0,56	0,17	0,20
Total	27					
CV(%)	-	4,09	5,12	7,53	5,99	2,69
Média Geral		49,81	49,81	9,99	7,03	16,66

FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação, ** = Significativo a 1%

* Significativo a 5% e ^{ns} = não significativo.

O DF, CF e EP não apresentaram efeito significativo para os tratamentos avaliados. Resultados semelhantes foram observados por Alconada *et al.* (2011), quando testaram quatro doses de adubação nitrogenada (132, 265, 397 e 530 kg ha⁻¹ de N) na cultura do tomate.

Segundo Araujo *et al.* (2007), estudando critérios para a estimativa da dose de nitrogênio a ser aplicada no tomateiro em ambiente protegido, uma baixa eficiência de

recuperação do N pelo tomateiro pode indicar que grande quantidade de N permaneceu no solo no final do ciclo do tomateiro.

O N é facilmente redistribuído na planta via floema e, conseqüentemente, as plantas deficientes em N apresentam os primeiros sintomas nas folhas mais velhas, pelo decréscimo no teor de clorofila e fotoassimilados (BUSATO, 2007).

À medida que os frutos começam a se desenvolver, há um incremento na absorção de nutrientes pelas plantas. A partir de então alguns nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio passam gradativamente a se acumular em maior quantidade nos frutos. Dessa forma, os frutos funcionam com um grande dreno de nutrientes e fotoassimilados, sendo tais nutrientes exportados juntamente com os frutos (ARAÚJO, 2003).

A interação significativa e a análise comparativa das médias através do teste Tukey, das diferentes doses de N dentro de cada método de aplicação para a variável firmeza média dos frutos, podem ser vista na Tabela 14.

Tabela 14 – Valores médios das interações significativas da análise de variância referente à firmeza dos frutos (FF) submetida a diferentes doses de nitrogênio (kg ha^{-1} de N) aplicadas pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT)

Dose de N (kg ha^{-1})	Método de aplicação	
	FERT	CONV
	FF	
150	7,42 a	6,84 a
300	10,25 a	8,83 b
600	14,91 a	10,44 b

DMS linhas = 1,11

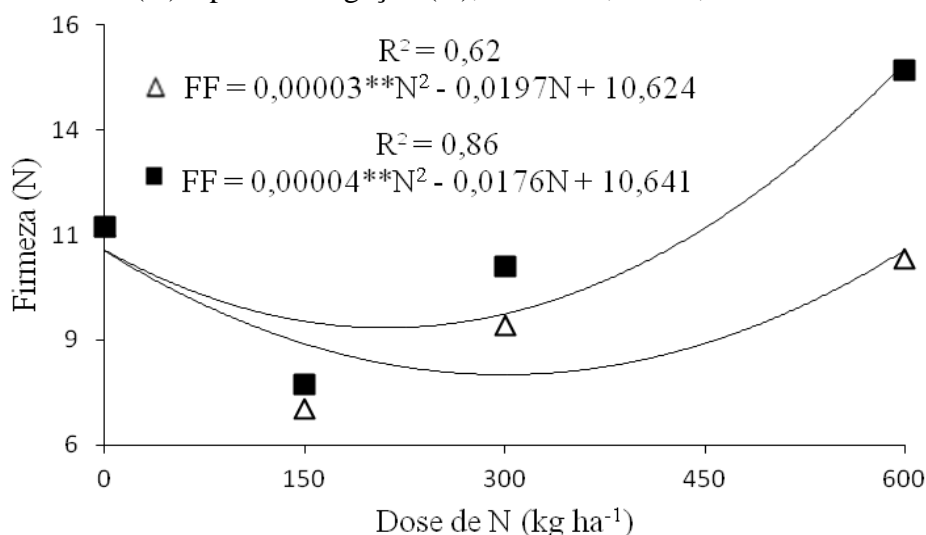
Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%), DMS= diferença mínima significativa.

Ao se comparar os valores médios de cada forma de aplicação de nitrogênio, observa-se que os maiores valores para a FF foram obtidos com a dose de 600 kg ha^{-1} , aplicada pelo método fertirrigado ($14,91 \text{ N}$) e convencional ($10,44 \text{ N}$). Os valores de FF obtidos com as demais doses testadas (150 e 300 kg ha^{-1} de N) foram inferiores, resultando em frutos menos resistentes, mais susceptíveis aos danos mecânicos no processo de colheita e transporte. Por outro lado, os frutos com maior FF são mais resistentes aos danos mecânicos, o que pode diminuir possíveis perdas nos processos pós-colheita.

As doses de 300 e 600 kg ha^{-1} de N aplicadas por fertirrigação apresentaram resultados de FF superiores ao método convencional. De acordo com a análise de regressão (Figura 31), as plantas adubadas pelo método fertirrigado apresentaram maiores valores de firmeza dos frutos, quando comparadas às adubadas pelo método convencional em todas as

doses (150, 300 e 600 kg ha⁻¹ de N) aplicadas. No que diz respeito à FF, observou-se um comportamento quadrático para as doses crescentes de nitrogênio testadas, com R² igual a 0,62 e 0,86 para adubação convencional e fertirrigação, respectivamente. Pela derivada primeira da regressão, estimam-se valores mínimos de firmeza nos frutos de 7,4 e 8,7 N para as doses de 328 e 220 kg ha⁻¹ de N aplicadas pelo método convencional e por fertirrigação, respectivamente.

Figura 31 – Firmeza dos frutos (FF) de tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (■), Fortaleza, Ceará, 2011



A firmeza dos frutos depende da nutrição da planta, disponibilidade de água no solo, estágio de maturação e características genéticas da planta (FERREIRA, 2004). Para Prado (2008), o nitrogênio em excesso pode afetar a qualidade de frutos, retardando a maturação, fato que pode explicar a elevação da FF na maior dose de nitrogênio utilizada nesse experimento.

Pelos resultados, o tratamento que proporcionou a maior firmeza da polpa foi o que recebeu a maior dose de nitrogênio pelo método fertirrigado. Esse resultado pode estar relacionado à quantidade de fertilizante aplicada, haja vista que o mesmo pode provocar a salinização do solo quando aplicado em grandes quantidades, diminuindo a absorção de água pela planta e deixando os frutos mais rígidos.

Rhoads *et al.* (1996) e Locascio *et al.* (1997), estudando a cultura do tomate aplicando todo o fertilizante nitrogenado no momento do transplante, observaram ausência de alta salinidade no solo, devido ao efeito da aplicação de água via gotejamento em quantidade adequada e constante, em local próximo à região de maior concentração de raízes.

Podem ser vista na Tabela 15 a análise comparativa das médias através do teste Tukey, para cada método de aplicação para o nitrogênio foliar (FN).

Tabela 15 – Análise de variância referente ao teste de média do nitrogênio foliar (FN) na cultura do tomateiro submetida a adubação nitrogenada pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT)

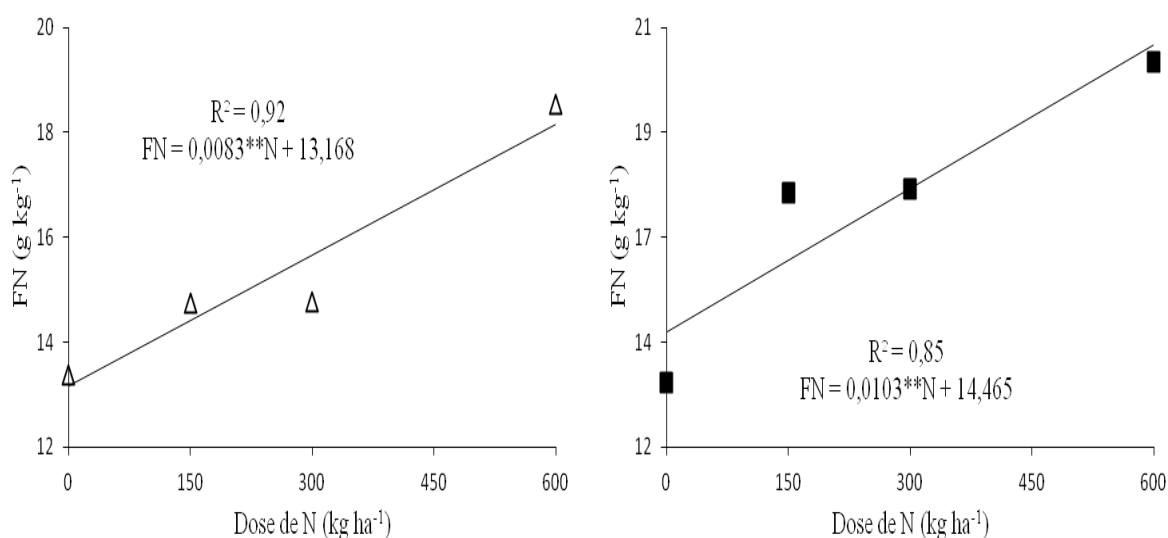
Método de aplicação	Média FN (g kg ⁻¹)
CONV	16,01b
FERT	18,42a
DMS	0,38

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%)
DMS= diferença mínima significativa

Pode-se observar que o acúmulo de N na folha do tomateiro cultivado sob fertirrigação foi superior ao método de adubação convencional, mostrando um maior aproveitamento do fertilizante nitrogenado quando aplicado via água de irrigação (FERT).

Houve efeito de doses de N aplicadas pelos métodos fertirrigado e convencional sobre o teor de nitrogênio total na folha, expresso em g kg⁻¹, medido na matéria seca da folha de tomateiro, em análise realizada aos 90 DAT. Os modelos que melhor descreveram o efeito da dose de N sobre o conteúdo de N na matéria seca da folha estão apresentados na Figura 32.

Figura 32 – Nitrogênio foliar (FN) na cultura do tomateiro em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare , Fortaleza, Ceará, 2011



As doses de nitrogênio promoveram aumento nos teores de N na folha nas duas formas de aplicação testadas. As plantas de tomateiro receberam as doses de 150, 300 e 600 kg ha⁻¹ de N, além do tratamento controle, sendo que os maiores acúmulos de N nas folhas foram verificados com a fertirrigação. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por

Guimarães *et al.* (1998), que testaram cinco doses de nitrogênio (25, 125, 225, 325 e 425 mg dm⁻³) no tomateiro cv. Santa Clara, quando os autores também observaram aumento no teor de N na matéria seca do pecíolo com o aumento da dose de N aplicada.

Estudando o desenvolvimento e a acumulação de nitrogênio no tomateiro, Halbrooks e Wilcox (1980) afirmaram que a concentração de N-total é maior nos tecidos foliares do que nos tecidos dos frutos ou dos caules.

De acordo com Ferreira e Fontes (2011), que avaliaram teores de N na matéria seca da folha da cultura do tomate, teores crescentes de N são observados com o aumento da dose de fertilizante nitrogenado empregada, corroborando com os dados encontrados nesse trabalho. Resultados similares também foram constatados por Andersen *et al.* (1999), Sainju *et al.* (2000) e Elia e Conversa (2012).

6.3.2 Produtividade

Na Tabela 16 estão dispostos os valores da análise de variância para o número de frutos por planta (FP), massa dos frutos (MF), produção por planta (PP) e produtividade (PROD) da cultura do tomate em função de doses de adubação nitrogenada aplicadas pelo método convencional e por fertirrigação. As diferentes doses de nitrogênio (150, 300 e 600 kg ha⁻¹ de N) e as formas de aplicação (fertirrigação e convencional) influenciaram significativamente em nível de 1% pelo teste F nesse experimento o FP, MF, PP e a PROD.

Tabela 16 – Resumo da análise de variância para o número de frutos por planta (FP), massa dos frutos (MF), produção por planta (PP) e produtividade (PROD) da cultura do tomateiro em função da dose de N aplicada de forma convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

FV	GL	Quadrado médio			
		FP	MF	PP	PROD
Dose (D)	2	93,42**	445,05**	9,311**	788,75**
Forma (F)	1	1.043,46**	63,31 ^{ns}	1,971**	3.724,59**
Interação D x F	2	20,55**	4,94 ^{ns}	0,031 ^{ns}	12,40 ^{ns}
Fatorial x T	1	16,87*	567,90 ^{ns}	1,081 ^{ns}	432,63**
Tratamentos	6	214,71**	255,20*	2,399**	959,92**
Blocos	3	1,80 ^{ns}	188,40 ^{ns}	0,011 ^{ns}	12,67 ^{ns}
Resíduo	18	3,29	64,59	0,098	39,53
Total	27				
CV(%)	-	6,58	9,28	8,25	8,11
Média Geral		27,58	86,61	1,59	30,65

FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação; T= testemunha; ** = Significativo a 1%, * Significativo a 5% e ^{ns} = não significativo.

A interação significativa e a análise comparativa das médias através do teste Tukey para as diferentes doses de N dentro de cada método de aplicação para a variável: número de frutos por planta (FP) pode ser vistas na Tabela 17.

Tabela 17 – Análise de variância referente ao teste de média do número de frutos por planta (FP) na cultura do tomate submetida a adubação nitrogenada pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT)

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Método de aplicação	
	FERT	CONV
	FP	
150	24,81 b	35,87 a
300	23,56 b	35,18 a
600	15,56 b	32,43 a

DMS linhas = 2,69

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%). DMS= diferença mínima significativa.

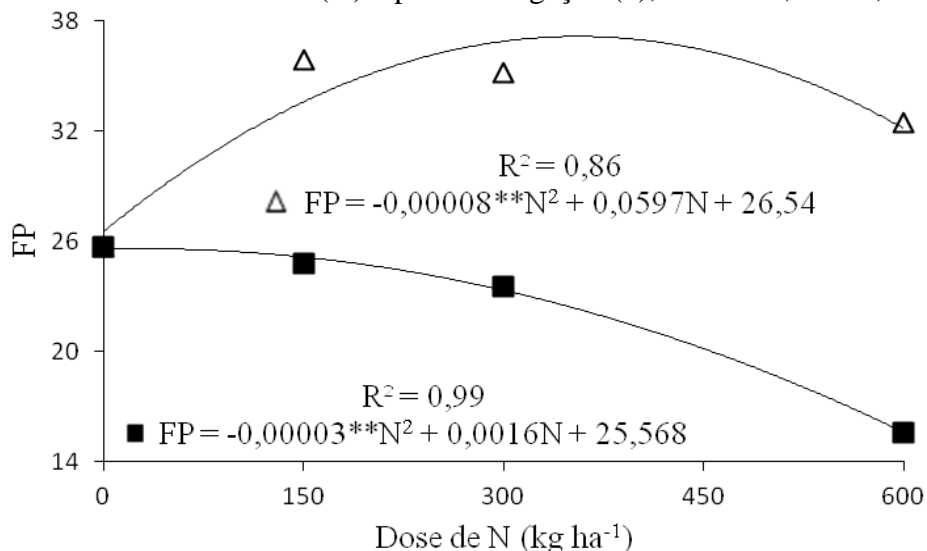
Ao comparar o número de frutos por planta para cada dose dentro de cada forma de aplicação de nitrogênio, observa-se que o FP para a dose de 600 kg ha⁻¹ de N foi menor, tanto no método fertirrigado como no convencional diferindo estatisticamente das demais doses testadas (150 e 300 kg ha⁻¹ de N).

Souza e Fernandez (2006) destacam que o excesso de N interfere no balanço de água nas plantas, reduzindo o fluxo de água das raízes para a parte aérea, de modo que as plantas não tolerantes acabam murchando, e conforme Castro *et al.* (2005), o fornecimento de N de forma inadequada tem uma influência negativa e imediata no metabolismo de uma planta. Segundo esses autores este fato que pode explicar a redução do número de frutos na planta com a dose de 600 kg ha⁻¹ de N testada nesse trabalho.

Já, ao se comparar os métodos de aplicação de nitrogênio, foi possível observar que para o número de frutos por planta em todas as doses testadas (150, 300 e 600 kg ha⁻¹ de N) aplicadas pelo método convencional, apresentou superioridade em relação ao método fertirrigado.

De acordo com a análise de regressão apresentada na Figura 33, as plantas adubadas pelo método convencional apresentaram maior número de frutos por planta para todas as doses de N testadas (150, 300 e 600 kg ha⁻¹ de N), quando comparadas com as adubadas pelo método fertirrigado. No que diz respeito a essa variável, verificou-se que o modelo quadrático foi o que obteve melhor ajuste com coeficiente de determinação de 0,86 e 0,99 no método convencional e fertirrigado, consecutivamente.

Figura 33 – Número de frutos por planta (FP) de tomateiro em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare , Fortaleza, Ceará, 2011



Pela derivada primeira da equação de regressão de melhor ajuste para o FP com aplicação de N pelo método convencional, estimou-se a dose de 373 kg ha⁻¹ de N como aquela responsável pelo máximo número de frutos por planta (37,67). Já, pelo método fertirrigado a derivada primeira estimou uma dose de 26,6 kg ha⁻¹ de N para se obter o número máximo de frutos por planta de 25,58.

Ferreira *et al.* (2010), testando a eficiência da adubação nitrogenada com doses de: 0; 93; 187; 374 e 748 kg ha⁻¹ de N em tomate cv. Santa Clara observaram que ocorreu uma elevação no número de frutos comerciais de tomate por planta com o aumento do nível de N no solo. Já, Genuncio (2009), estudando diferentes doses de N (100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N) na cultura do tomate, não encontrou diferenças significativas para o número de frutos por planta, assim como Cavallaro Júnior *et al.* (2009), que testaram diferentes doses de nitrogênio (133, 266 e 399 kg ha⁻¹ de N) na cultura do tomate e não encontraram diferença significativa para o número de frutos por planta em função da adubação com nitrogênio e fósforo na forma orgânica e mineral.

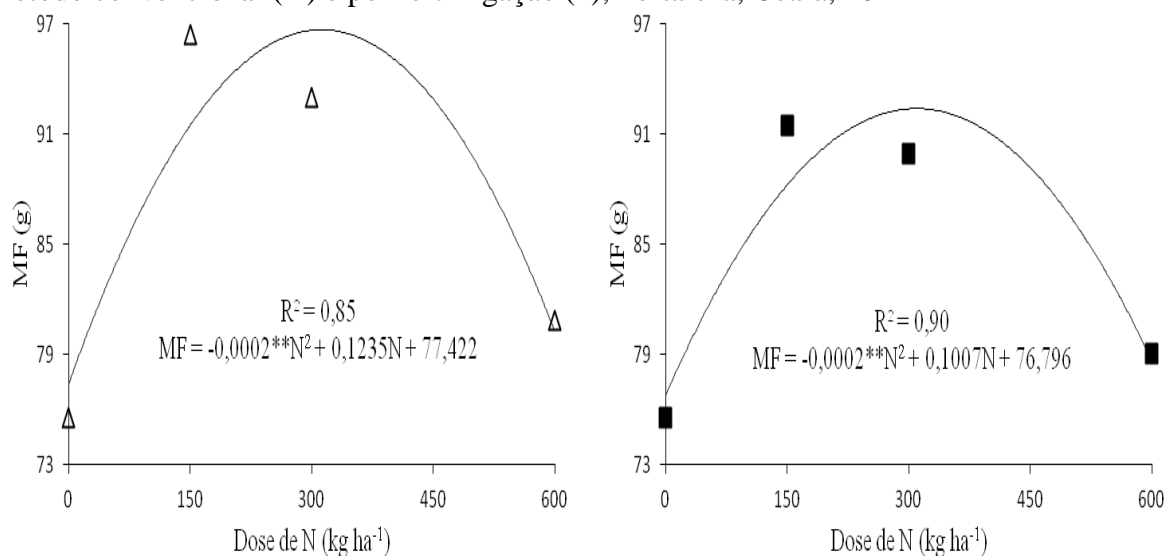
Esses resultados diferem dos encontrados nesse trabalho, que apresentaram respostas, a partir das doses estimadas em: 373 kg ha⁻¹ de N para o método convencional e 26,6 kg ha⁻¹ de N por fertirrigação, uma redução no número de frutos por planta para incrementos na dose de N.

A diferença entre o número de frutos por planta obtidos com a fertirrigação e com o método convencional pode ser atribuída a não aplicação de uma parte (1/3) da dose de nitrogênio em fundação no método fertirrigado. Pois, segundo Marouelli *et al.* (2012), nem todo o fertilizante deve ser aplicado via fertirrigação na cultura do tomate. Para o

gotejamento, sugere-se fornecer de 10 a 20% da recomendação total de nitrogênio em pré-plantio, de forma a se criar uma reserva no solo suficiente para o desenvolvimento inicial das plantas, diferente do aplicado na presente pesquisa.

Conforme a análise de regressão apresentada na Figura 34, as plantas adubadas pelo método convencional apresentaram maior MF para as doses de 150, 300 e 600 kg ha⁻¹ de N com valores de 96,4; 93,0 e 80,9 g respectivamente, quando comparadas com a fertirrigação, para as mesmas doses testadas, foram obtidos os seguintes valores para massa dos frutos: 91,4; 89,9 e 79g, respectivamente. Com relação a MF, verificou-se que o modelo quadrático foi o que obteve melhor ajuste com R² de 0,85 e 0,90 para o método convencional e fertirrigado, respectivamente.

Figura 34 – Massa dos frutos (MF) de tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011



Pela derivada primeira da equação de regressão da MF pelo método convencional, estimou-se a dose de 308,75 kg ha⁻¹ de N como aquela responsável pela máxima massa dos frutos (96,48 g). E, para o método fertirrigado, a dose estimada foi de 251,75 kg ha⁻¹ de N, para se obter frutos com maior massa (89,47 g). De outra maneira, Genuncio (2009), testando diferentes doses de nitrogênio (100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N) em diferentes cultivares de tomate, não encontraram diferença significativa para a massa do fruto nas cultivares testadas.

Ferreira *et al.* (2010), que testaram diferentes doses de nitrogênio (93, 187, 374 e 748 kg ha⁻¹ de N) na cultura do tomate, concluíram que a massa dos frutos do tomateiro aumenta com o aumento na taxa de fertilização nitrogenada. Esses resultados são diferentes dos encontrados nesse trabalho, onde as diferentes doses de N testadas causaram diferença significativa para a massa dos frutos. Já, Elia e Conversa (2012), testando doses de nitrogênio

(0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de N) na cultura do tomate nos anos de 2005 e 2006, encontraram resposta quadrática para a massa dos frutos, corroborando com os resultados obtidos nesta pesquisa, apresentando resposta quadrática para a massa dos frutos em função da dose de N aplicada.

As médias significativas e a análise comparativa das médias através do teste Tukey, para cada método de aplicação de N para as variáveis: produção por planta (PP) e produtividade (PROD) estão apresentadas na Tabela 18. Para a produção por planta e a produtividade, o método de aplicação de fertilizante nitrogenado na forma convencional foi superior ao fertirrigado.

Quando se aplica doses de N em abundância no solo, a produção de tecidos suculentos e novos pode prolongar o estágio vegetativo e/ou retardar a maturidade da planta, criando condições favoráveis ao ataque de pragas e distúrbio fisiológico na planta, reduzindo dessa forma a produtividade (ALMEIDA, 2011).

Tabela 18 – Análise de variância referente ao teste de média da produção por planta (PP) e da produtividade (PROD) na cultura do tomateiro submetida a adubação nitrogenada pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT)

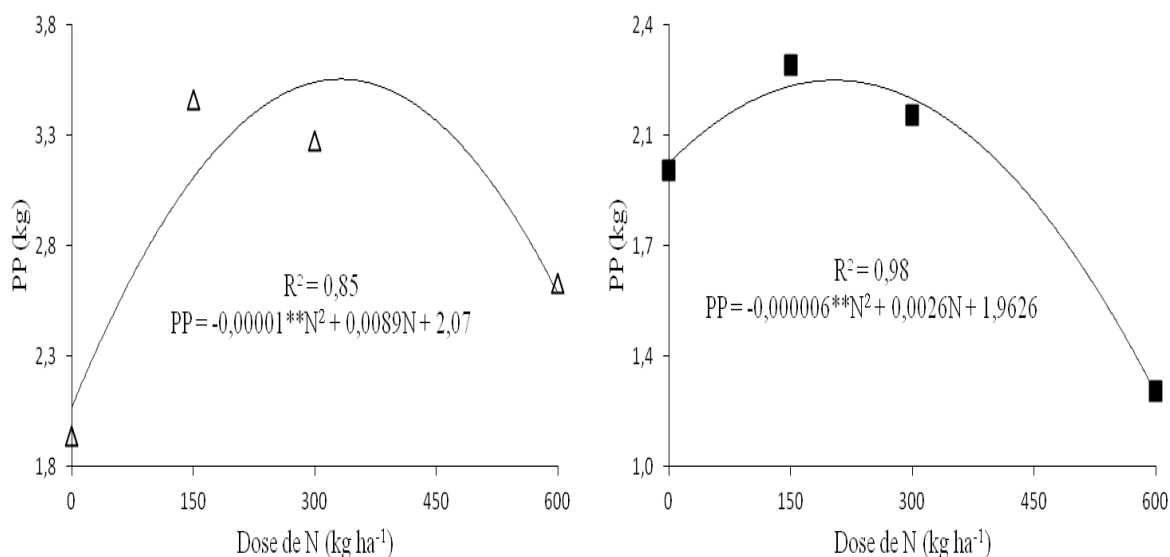
Método de aplicação	Média	
	PP (kg)	PROD (t ha ⁻¹)
CONV	2,20a	42,19a
FERT	1,02b	19,31b
DMS	0,11	2,13

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%)
DMS= diferença mínima significativa

Conforme a análise de regressão apresentada na Figura 35, as plantas adubadas pelo método convencional apresentaram uma maior PP, quando comparadas às adubadas por fertirrigação. No que diz respeito a essa variável, no método convencional e fertirrigado, verificou-se que o modelo quadrático foi o que obteve melhor ajuste, com coeficiente de determinação de 0,85 e 0,98. Por esse modelo, a PP máxima calculada seria de 4,05 kg, para a dose estimada em 445 kg ha⁻¹ de N no método convencional. E, para o método fertirrigado, a dose estimada foi de 216,6 kg ha⁻¹ de N, para se obter a máxima PP de 2,24 kg.

Cultivando em campo, Genuncio *et al.* (2010), testando razões de nitrogênio e potássio em diferentes cultivares de tomate e Genuncio (2009), estudando doses de N (100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N) na cultura do tomate via fertirrigação, verificaram que a fertirrigação nitrogenada não exerceu efeito significativo para a produção por planta.

Figura 35 – Produção por planta (PP) de tomateiro em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011

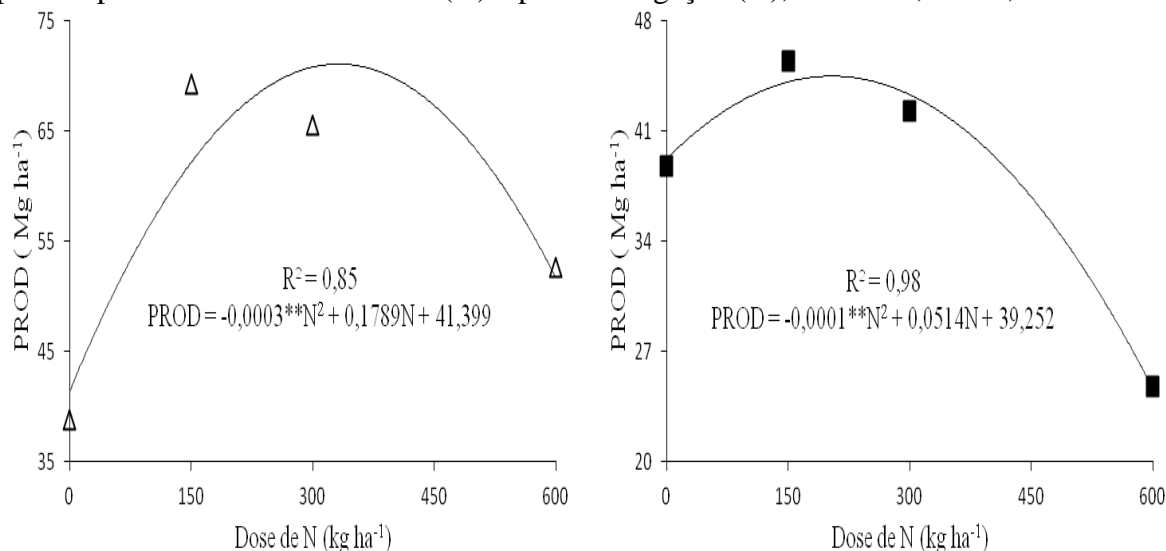


Cavallaro Júnior *et al.* (2009), cultivando tomate e testando diferentes doses de N com adubo mineral e orgânico, não encontraram diferença significativa entre os tratamentos para a produção por planta. Os resultados encontrados por esses autores diferem dos encontrados nesse trabalho, quando as diferentes doses de N provocaram diferenças significativas para a PP na cultura do tomate.

De acordo com a análise de regressão apresentada na Figura 36, as plantas adubadas pelo método convencional apresentaram maior produtividade, quando comparadas às adubadas pelo método fertirrigado. Para essa variável, aplicado o método de adubação convencional e fertirrigada, verificou-se que o modelo quadrático foi o que obteve melhor ajuste, com coeficiente de determinação de 0,85 e 0,98 respectivamente. Por esse modelo, as plantas iriam apresentar a máxima produtividade ($68,07 \text{ Mg ha}^{-1}$) com uma dose estimada em $298,17 \text{ kg ha}^{-1}$ de N no método convencional, e por fertirrigação as plantas iriam apresentar uma produtividade máxima ($45,85 \text{ Mg ha}^{-1}$) com uma dose estimada em 257 kg ha^{-1} de N.

Caliman *et al.* (2005), ao conduzirem um experimento a campo com diferentes cultivares de tomate, utilizando dose de 304 kg ha^{-1} de N via fertirrigação, obtiveram produtividade média de $34,73 \text{ Mg ha}^{-1}$ para a cultivar Carmem, $27,41 \text{ Mg ha}^{-1}$ para cultivar Santa Clara e $37,15 \text{ Mg ha}^{-1}$ para a cultivar BGH-320, valores esses inferiores ao encontrado nesse trabalho quando se estimou uma produtividade máxima de $45,85 \text{ Mg ha}^{-1}$, para uma dose estimada de 257 kg ha^{-1} de N no método fertirrigado.

Figura 36 – Produtividade (PROD) da cultura do tomateiro em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare , Fortaleza, Ceará, 2011



Araujo *et al.* (2007), aplicando tratamentos de adubação nitrogenada com doses variando de 0 a 570 kg ha⁻¹ de N em dois experimentos com a cultura do tomate, observaram que não houve diferença significativa para a produtividade entre os tratamentos, concluindo dessa forma que a eficiência de uso agrônômico do N diminuiu à medida que a dose do nutriente foi aumentada, para ambos os experimentos. Esses resultados foram diferentes dos encontrados na presente pesquisa, com as diferentes doses de nitrogênio (150, 300 e 600 kg ha⁻¹ de N) promovendo diferenças na produtividade, conforme foi discutido.

Ferreira *et al.* (2010), testando doses de nitrogênio (0; 93; 187; 374; e 748 kg ha⁻¹ de N) na cultura do tomate no período de verão/outono, encontraram resposta quadrática para a produção de frutos extra A, resposta semelhante à obtida neste trabalho. Entretanto, vão de encontro ao resultado obtido por Felipe e Casanova (2000), que constataram que o aumento no teor de N no solo aumentou a produção total do tomateiro.

6.3.3 Análise química e físico-química de frutos de tomates

Na Tabela 19 estão dispostos os valores da análise de variância para os sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e relação SS/AT, da cultura do tomate em função das doses de adubação nitrogenada aplicadas pelos métodos convencional e fertirrigado. As diferentes doses de nitrogênio (150, 300 e 600 kg ha⁻¹ de N) influenciaram significativamente em nível de 1 e 5% de probabilidade, pelo teste, F: os SS, o pH, a AT e a relação SS/AT. Entretanto, para as formas de aplicação não houve efeito

significativo em nível de 5% pelo teste F para as variáveis SS e AT. A interação entre os fatores não influenciaram significativamente o pH.

Tabela 19 – Resumo da análise de variância para os sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e relação SS/AT em frutos de tomateiro em função da dose de N aplicada de forma convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

FV	GL	Quadrado médio			
		SS	pH	AT	SS/AT
Doses (D)	2	0,455**	0,08*	0,1172**	12,60**
Formas (F)	1	0,0004 ^{ns}	0,015 ^{ns}	0,0856**	12,39**
Interação D x F	2	0,5154**	0,023 ^{ns}	0,0382**	1,12**
Fatorial x T	1	0,0015 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,0175**	2,55**
Tratamentos	6	0,32**	0,043 ^{ns}	0,0690**	7,06**
Blocos	3	0,017 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Resíduo	18	0,0058	0,017	0,0001	0,0559
Total	27				
CV(%)	-	6,58	9,28	8,25	8,11
Média Geral		27,58	86,61	1,59	30,65

FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação; T= testemunha ** = Significativo a 1%, * Significativo a 5% e ^{ns} = não significativo.

A interação significativa e a análise comparativa das médias através do teste Tukey, para as diferentes doses de N dentro de cada método de aplicação para as variáveis: sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT, e não significativa para o pH, podem ser vistas na Tabela 20.

De acordo com os valores médios dos SS e da percentagem de ácido cítrico (AT), para cada forma de aplicação de nitrogênio, observa-se que os maiores valores foram alcançados com a dose de 600 kg ha⁻¹ de N. Enquanto, para a relação SS/AT o maior valor foi obtido com a dose de 150 kg ha⁻¹ de N.

Com relação aos métodos de aplicação de nitrogênio, observa-se que para os SS a dose de 600 kg ha⁻¹ de N aplicada por fertirrigação foi superior ao método convencional. Não foram obtidas diferenças significativas, para os SS, entre os métodos de aplicação de nitrogênio para as doses de 150 e 300 kg ha⁻¹ de N.

Para a acidez titulável, observa-se que apenas a dose de 300 kg ha⁻¹ não apresentou diferença estatística entre os métodos de aplicação de nitrogênio. Já, nas doses de 150 e 600 kg ha⁻¹ de N, a fertirrigação foi superior ao método convencional de adubação.

Tabela 20 – Valores médios das interações significativas da análise de variância referente aos sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT em frutos de tomateiro submetido a diferentes doses de nitrogênio (kg ha^{-1} de N) aplicadas pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT)

Dose de N (kg ha^{-1})	Método de aplicações	
	FERT	CONV
SS ($^{\circ}$ Brix)		
150	5,17 ^a	5,10a
300	4,85 ^a	4,92a
600	5,67 ^a	5,32b
DMS Linhas = 0,1134		
AT (% Ac. Cítrico)		
	FERT	CONV
150	0,544 ^a	0,469b
300	0,623 ^a	0,614a
600	0,886 ^a	0,612b
DMS Linhas = 0,017		
SS/AT		
	FERT	CONV
150	9,5 ^a	8,6 b
300	7,7b	8,8 a
600	6,4b	8,7 a
DMS linhas = 0,351		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%), DMS= diferença mínima significativa.

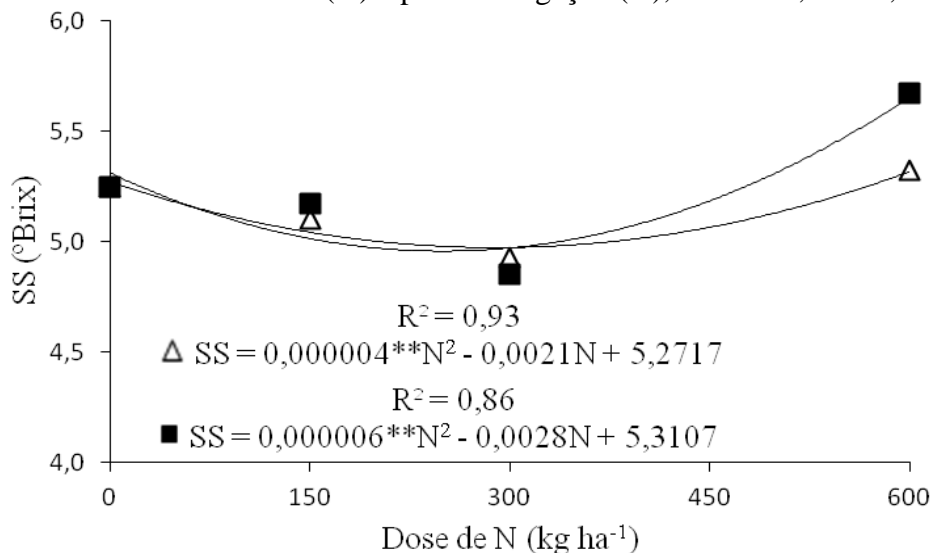
Conforme pode ser observado (Tabela 20), para a relação SS/AT, apenas a dose de 150 kg ha^{-1} de N aplicada por fertirrigação foi superior ao método convencional. Já, para as doses de 300 e 600 kg ha^{-1} de N, o método convencional foi superior ao fertirrigado.

De acordo com a análise de regressão apresentada na Figura 37, as plantas fertirrigadas apresentaram maiores valores de sólidos solúveis nos frutos, quando comparadas às adubadas pelo método convencional, para as doses de 150 e 600 kg ha^{-1} de N. No que diz respeito aos SS, verificou-se que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou, produzindo um valor mínimo de sólidos solúveis nos frutos de $4,99$ e $4,98$ $^{\circ}$ Brix com as doses estimadas em 262 e 233 kg ha^{-1} de N no método convencional e por fertirrigação, respectivamente.

Os resultados encontrados nesse trabalho diferem dos resultados encontrados por Pandey *et al.* (1998), Singh (2003), Warner *et al.* (2004), Genuncio (2009) e Ferreira *et al.* (2006) os quais, estudando o efeito do nitrogênio no solo sobre a concentração de sólidos solúveis em frutos de tomate, constataram que essa variável não se alterou com o aumento das doses de N. Por outro lado Anaç *et al.* (1994) e Valencia *et al.* (2003) verificaram aumento

constante da concentração de sólidos solúveis em frutos de tomate com o aumento na quantidade de fertilizante nitrogenado. Já, Ravinder-Singh *et al.* (2001) e Duraisami e Mani (2002) verificaram efeito inverso, ou seja, diminuição dos sólidos solúveis presentes em frutos de tomate relacionados ao aumento da taxa de nitrogênio no solo.

Figura 37 – Sólidos solúveis (SS) em frutos de tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare , Fortaleza, Ceará, 2011



De acordo com Carmello (1999), o nitrogênio promove modificações morfofisiológicas na planta, estando relacionadas com a fotossíntese, o desenvolvimento e atividade das raízes, absorção iônica de nutrientes, crescimento e diferenciação celular.

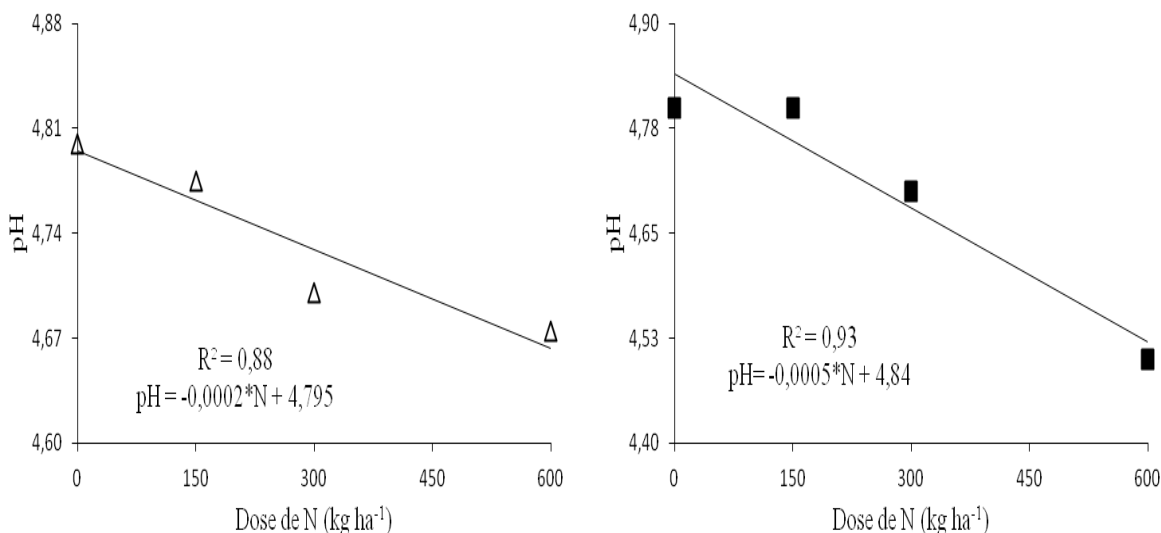
Conforme Almeida (2011), com a elevação do suprimento de nitrogênio às plantas, ocorre um aumento no potencial fotossintético das mesmas, e deve-se esperar maior produção de esqueletos carbônicos nas folhas, aumentando-se o potencial da fonte e, conseqüentemente, o suprimento ao dreno, representado pelos frutos de tomate.

A percentagem de sólidos solúveis está relacionada, principalmente, ao sabor do fruto e é representada pelo °Brix. A maior parte das cultivares de tomateiro produzem frutos com °Brix variando de 5,0 a 7,0 (FERREIRA *et al.*, 2006). No presente trabalho, os valores médios foram 5,15 e 5,24 °Brix, para o método convencional e por fertirrigação, respectivamente, indicando que as condições ambientais e culturais dadas às plantas de tomate proporcionaram bons teores de sólidos solúveis.

Ao analisar o efeito das diferentes doses de nitrogênio sobre o pH de frutos de tomate, pela análise de regressão (Figura 38), verifica-se que o modelo polinomial linear

decrecente foi o que melhor se ajustou aos dados, tanto para o método convencional como para o fertirrigado, com efeito significativo ($P < 0,01$) e R^2 de 0,88 e 0,93, respectivamente.

Figura 38 – Potencial hidrogeniônico (pH) em frutos de tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011

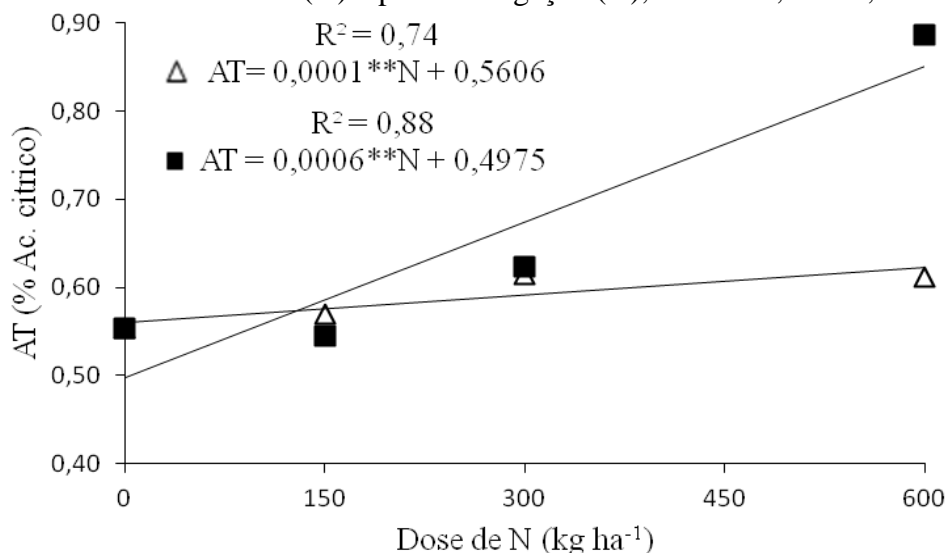


O pH dos frutos do tomateiro foi alterado pelo aumento da dose de N, atingindo os valores de 4,74 e 4,70 com o método convencional e com a fertirrigação, respectivamente. Estes resultados corroboram com os obtidos por May e Gonzales (1994), os quais verificaram que doses elevadas de nitrogênio proporcionaram valores de pH dos frutos de tomate mais baixos do que os proporcionados por menores doses. O pH do fruto de tomate destinado ao processamento industrial deve estar entre 4,0 e 4,5, para inibir o crescimento de bactérias (JONES JÚNIOR, 1999). No caso de tomate para mesa, ainda não existe padrão para essa variável.

Ferreira *et al.* (2006), ao conduzirem dois experimentos, na primavera/verão com doses de 0; 110; 220 e 800 kg ha⁻¹ de N e no outono/inverno com doses de 0; 94; 187; 374 e 748 kg ha⁻¹ de N com a cultivar Santa Clara em sistema de campo, também observaram que em ambas as épocas, os valores de pH não se alteraram com o aumento das doses de N. De modo geral, esses resultados divergiram dos apresentados pelo híbrido Dominador nas condições experimentais desta pesquisa.

O modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados da acidez titulável foi o linear crescente, com significância ao nível de 1% pelo teste F, para ambas as formas de fertilização, com R^2 de 0,74 para adubação convencional e de 0,88 para fertirrigação (Figura 39).

Figura 39 – Acidez titulável (AT) em frutos de tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011



A acidez total titulável dos frutos do tomateiro, representada pela percentagem de ácido cítrico, foi alterada com o aumento da dose de N, para os dois métodos de aplicação do nutriente que foram testados, obtendo-se os valores de 0,562% e 0,652%, com método convencional adubação e com a fertirrigação, respectivamente. Esses resultados distoam dos resultados obtidos por Durasaimi e Mani (2002) e Oberly *et al.* (2002), e são similares a afirmativa realizada por Kaniszewski e Rumpel (1983) de que a fertilização nitrogenada pode modificar a acidez titulável dos frutos de tomate. Ravinder *et al.* (2000) e Singh *et al.* (2000) também concordaram com essa afirmativa.

Para Rinaldi *et al.* (2013), os ácidos orgânicos mais relevantes em tomate são o cítrico e o málico, porém o primeiro é o mais abundante, com concentrações cerca de trinta vezes mais elevadas que os demais e, por isso, normalmente a acidez do tomate é expressa em termos de ácido cítrico.

De acordo com Ferreira *et al.* (2006), o sabor dos frutos de tomate é importante característica qualitativa que atrai bastante a atenção do consumidor. E, para Borguini e Silva (2005) a acidez e o pH são fatores de reconhecida importância quando se analisa a aceitação do produto.

Conforme a análise de regressão apresentada na Figura 40, as plantas adubadas pelo método convencional apresentaram maiores valores para a relação SS/AT nos frutos de tomate, quando comparadas às adubadas por fertirrigação, para todas as doses de nitrogênio que foram testadas.

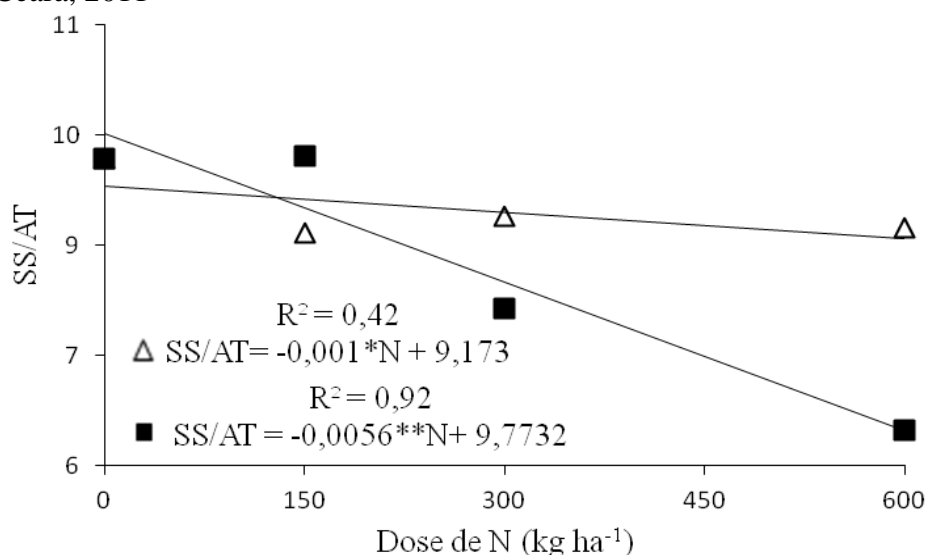
Os modelos que se ajustaram aos dados foram do tipo linear decrescente tanto no método convencional como no fertirrigado, com valores da relação SS/AT variando de 8,7 a 10,47 no método convencional, e de 6,4 a 9,52 no método fertirrigado.

De acordo com Kader *et al.* (1978) e com Mencarelli e Saltveit Jr. (1988), apenas o tratamento com dose de 150 kg ha⁻¹ de N aplicada pelo método convencional proporcionou frutos de boa qualidade, pois esses autores consideram frutos de boa qualidade apenas aqueles que apresentem a relação SS/AT acima de 10.

Silva *et al.* (2013), cultivando tomate e testando diferente doses de nitrogênio (20,5; 41; 82 e 164 kg ha⁻¹ de N), encontraram valor médio para a relação SS/AT de 11,29. Esse valor é superior aos encontrados nesse trabalho, que obteve valores médios de 8,91 e 8,30 para a relação SS/AT, respectivamente, para adubação convencional e fertirrigação.

Em média, os valores da relação SS/AT se mostraram abaixo da média considerada de boa qualidade. Segundo Morgan (2014), frutos com valores baixo de açúcares e valores altos de acidez apresentam sabor azedo, significando um produto de menor qualidade.

Figura 40 – Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em frutos de tomate em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011

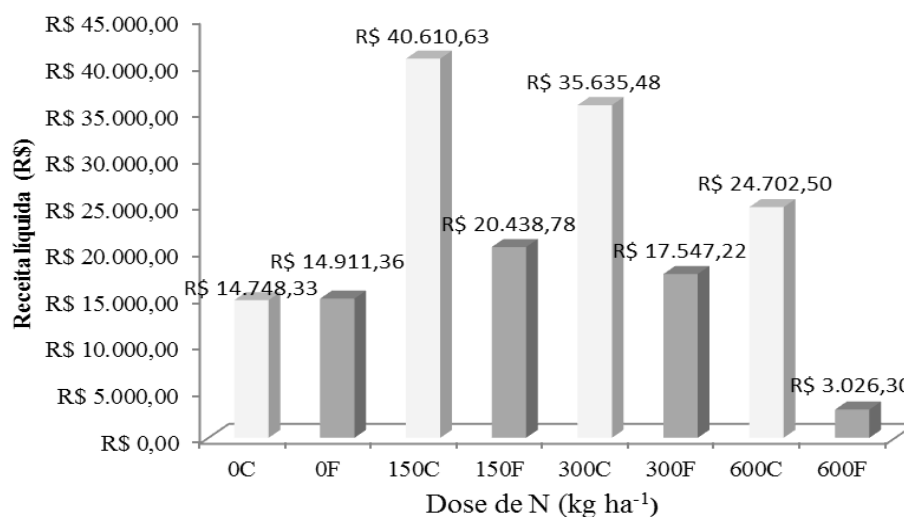


6.3.4 Análise econômica

Pela receita líquida resultante da análise econômica simplificada em função das doses e formas de aplicação de nitrogênio aos 90 DAT, observa-se que todos os tratamentos

apresentaram receitas líquidas positivas, ou seja, lucro para o produtor (Figura 41). Os valores das receitas líquidas positivas apresentaram comportamento de ordem decrescente entre as doses de 150 a 600 kg ha⁻¹ de N tanto no método convencional como no fertirrigado, atingindo o maior valor (R\$ 40.610,63) para a dose de 150 kg ha⁻¹ de N aplicado pelo método convencional.

Figura 41 – Receita líquida, em reais (R\$), da produtividade do tomateiro em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



De acordo com Ferreira *et al.*, (2006) dentre os fatores de produção do tomateiro, o nitrogênio merece destaque não só pelo custo de produção que representa, mas, sobretudo, devido à necessidade de se utilizar o nitrogênio de modo eficiente, permitindo, assim, minimizar o custo com fertilizante nitrogenado e evitar a poluição ambiental.

Conforme se pode observa na Figura 41 a escolha da melhor dose e da forma de aplicação, trata-se de uma excelente alternativa na busca por ganhos de produtividade e incrementos de receita para o produtor.

6.4 Experimento IV: Doses e formas de aplicação de potássio

6.4.1 Características físicas dos frutos e análise foliar

Na Tabela 21 estão dispostos os valores da análise de variância para o diâmetro dos frutos (DF), comprimento dos frutos (CF), firmeza dos frutos (FF), espessura do pericarpo dos frutos (EP) e potássio foliar (FK) da cultura do tomate em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional e por fertirrigação.

As diferentes doses de potássio (200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de K₂O) e as formas de aplicação (fertirrigada e convencional) influenciaram significativamente em nível de 1%, de acordo com o teste F o potássio foliar, enquanto para as demais variáveis: DF, CF, FF e EP não foram verificados efeitos significativos a 1% ou 5% pelo teste F.

Tabela 21 – Resumo da análise de variância para o diâmetro dos frutos (DF), comprimento dos frutos (CF), firmeza dos frutos (FF), espessura do pericarpo dos frutos (EP) e potássio foliar (FK) da cultura do tomateiro em função da dose de K₂O aplicada pelo método convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

FV	GL	Quadrado médio				
		DF	CF	FF	EP	FK
Doses (D)	2	5,92 ^{ns}	0,438 ^{ns}	0,086 ^{ns}	0,208 ^{ns}	52,40**
Formas (F)	1	5,00 ^{ns}	0,861 ^{ns}	0,093 ^{ns}	0,135 ^{ns}	93,11**
Interação D x F	2	3,88 ^{ns}	6,90 ^{ns}	0,076 ^{ns}	0,089 ^{ns}	2,30*
Fatorial x T	1	14,47 ^{ns}	0,401 ^{ns}	1,23**	0,075 ^{ns}	145,66**
Tratamentos	6	6,51 ^{ns}	2,65 ^{ns}	0,276 ^{ns}	0,134 ^{ns}	58,03**
Blocos	3					
Resíduo	21	5,99	7,80	0,109	0,302	0,39911
Total	27					
CV(%)	-	4,60	6,34	4,92	8,75	4,65
Média Geral		53,20	44,00	6,72	6,27	13,58

FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação, ** = Significativo a 1%, * Significativo a 5% e ^{ns} = não significativo.

O efeito não significativo para as variáveis DF, CF, FF e EP também foi observado por outros autores testando o fornecimento de potássio à cultura do tomate (YUTSEVEN *et al.*, 2005; BLANCO e FOLEGATTI, 2008; SCHWARZ *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2013).

A deficiência de potássio limita a fotossíntese nas folhas e o transporte de fotoassimilados para os frutos de tomate, causando redução no número e tamanho dos frutos através de uma redução na atividade do dreno (KANAI *et al.*, 2007).

Os resultados encontrados nesse trabalho diferem dos apresentados por Melo *et al.* (2009) e Albuquerque *et al.* (2011) que encontraram efeito quadrático para o número de frutos, em função da dose crescente de potássio.

A variável firmeza dos frutos, avaliada pela força necessária para romper a casca, não foi afetada pelos tratamentos com doses e formas de aplicação de K. Para Rosa *et al.* (2013), a firmeza está fortemente correlacionada com o conteúdo e tipo de pectina presente nas frutas e hortaliças. As substâncias pécicas são as principais responsáveis pela mudança de textura nestes alimentos (CAVASSA *et al.*, 2004). A pectina é formada por um gel, que é a sua principal característica que é dependente essencialmente das características do meio, como o pH do fruto (GANCZ *et al.*, 2006), a qual não apresentou diferença significativa nesse estudo com aplicação de doses de potássio.

Segundo Genuncio *et al.* (2010), testando diferentes razões de N e K na cultura do tomate, o K atua principalmente no estímulo à fotossíntese e à translocação de assimilados, sem um efeito direto do K no metabolismo do fruto, como proposto por Kanai *et al.* (2007). Esse fato pode explicar a não variação da firmeza, já que a ela é dependente do pH do fruto.

A interação significativa e a análise comparativa das médias através do teste Tukey, para as diferentes doses de K₂O dentro de cada método de aplicação para o potássio foliar podem ser vistas na Tabela 22.

Tabela 22 – Valores médios das interações significativas da análise de variância referente à análise do K foliar (FK) no tomateiro em função da dose de K₂O (kg ha⁻¹) aplicada pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT)

Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Método de aplicação	
	FERT	CONV
	FK (g kg ⁻¹)	
200	10,10 b	13,03 a
400	13,27 b	18,33 a
800	14,26 b	18,09 a

DMS linhas = 0.897

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%), DMS = diferença mínima significativa.

Ao analisar os valores médios de cada forma de aplicação de potássio, pode-se observar que os maiores valores para o potássio foliar foram obtidos com os tratamentos que empregaram a dose de 800 kg ha⁻¹ de K₂O no método convencional e o de 400 kg ha⁻¹ de K₂O no método fertirrigado.

Com relação ao método de aplicação de potássio, observa-se que para o FK o método convencional foi superior à fertirrigação em todas as doses testadas. Já para as doses, dentro de cada forma de aplicação, apenas a dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O diferiu das demais

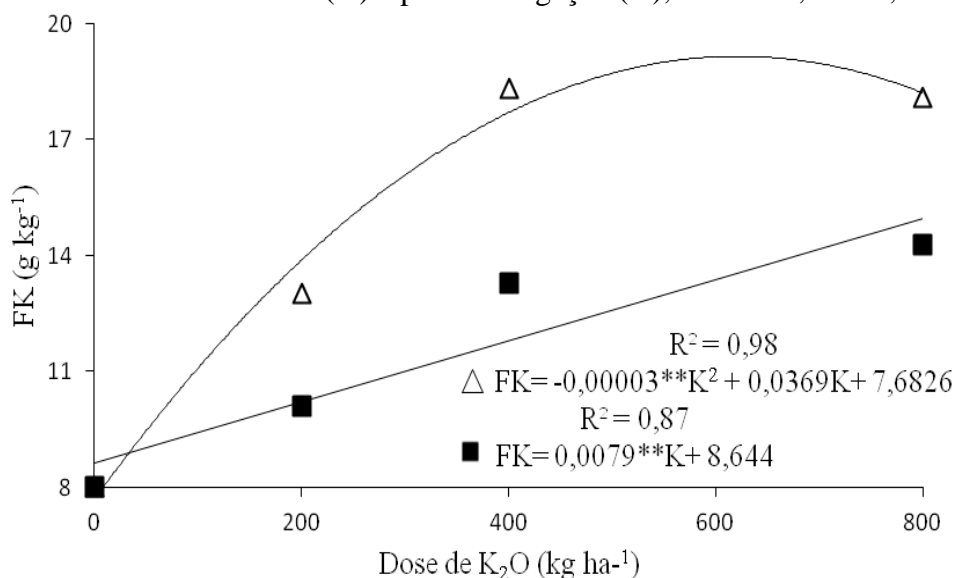
doses aplicadas pelos dois métodos testados, sendo esta dose a que proporcionou menor valor da concentração de potássio na folha.

Vale salientar que esse resultado é diferente do encontrado por Lima *et al.* (2011), que avaliaram o teor de potássio na folha do tomateiro na região de Lavras, Minas Gerais, com diferentes substratos e doses de ácidos húmicos (0, 20, 40 e 80 L ha⁻¹), não encontrando diferença significativa sobre o teor de potássio nas folhas.

Silva *et al.* (2001), trabalhando com a cultura do tomate e testando diferentes fontes de K, relatam que a concentração considerada adequada de potássio na folha está entre 28 a 33 g kg⁻¹, valores superiores aos encontrados nesse trabalho, que variaram de 10,1 a 18,9 g kg⁻¹ para as diferentes doses e métodos de aplicação de potássio. Essa diferença de valores pode ser explicada pela variação genética das plantas utilizadas, que, segundo Oliveira *et al.* (2009), a variabilidade genética das espécies vegetais normalmente proporciona diferenças nas capacidades de absorção de nutrientes.

Conforme é possível observar na Figura 42, os modelos que melhor descreveram o efeito da dose de potássio no FK foram: o quadrático para o método de adubação convencional (R² de 0,98) e o modelo linear para a fertirrigação (R² de 0,87).

Figura 42 – Potássio foliar (FK) na cultura do tomateiro em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011



Aplicando-se a derivada primeira na equação de regressão quadrática (Figura 42) obtida como de melhor ajuste para o método de adubação convencional, foi estimado o máximo teor de potássio na folha (19,03 g kg⁻¹) para uma dose de 615 kg ha⁻¹ de K₂O.

Pode-se observar na Figura 42 que o teor de potássio na folha acompanhou linearmente o aumento da dose de potássio aplicada por fertirrigação, indicando que a planta aumenta a absorção deste nutriente à medida que cresce a disponibilidade do nutriente no solo. Resultado semelhante foi encontrado por Kano *et al.* (2010), testando diferentes doses de potássio na cultura do alface.

6.4.2 Produtividade

Na Tabela 23 estão dispostos os valores da análise de variância para o número de frutos por planta (FP), massa dos frutos (MF), produção por planta (PP) e produtividade (PROD) da cultura do tomate em função da dose de adubação potássica aplicada pelos métodos convencional e por fertirrigação. As diferentes doses de potássio (200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de K₂O) e as formas de aplicação influenciaram significativamente, em nível de 1% pelo teste F, as variáveis FP, MF, PP e PROD.

Tabela 23 – Resumo da análise de variância para o número de frutos por planta (FP), massa dos frutos (MF), produção por planta (PP) e produtividade (PROD), em função da dose de K₂O de forma convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

FV	GL	Quadrado médio			
		FP	MF	PP	PROD
Doses (D)	2	20,90 ^{ns}	44,85 ^{ns}	0,246*	165,60**
Formas (F)	1	57,04*	0,22 ^{ns}	0,269*	267,58**
Interação D x F	2	29,42 ^{ns}	161,02*	0,125 ^{ns}	32,34 ^{ns}
Fatorial x T	1	12,59 ^{ns}	166,10 ^{ns}	0,265*	149,69**
Tratamentos	6	28,38*	96,35 ^{ns}	0,212**	135,52**
Blocos	3	70,81**	77,63 ^{ns}	0,216*	30,45 ^{ns}
Resíduo	18	10,11	43,72	0,044	12,36
Total	27				
CV(%)	-	14,57	10,50	15,70	13,67
Média Geral		21,83	62,95	1,35	25,73

FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação; T= testemunha, ** = Significativo a 1%, * Significativo a 5% e ^{ns} = não significativo.

As médias significativas e a análise comparativa das médias através do teste Tukey, para cada forma de aplicação para as variáveis: número de frutos por planta, produção por planta e produtividade podem ser observadas na Tabela 24.

Tabela 24 – Análise de variância referente ao teste de média do número de frutos por planta (FP), produção por planta (PP) e produtividade (PROD) na cultura do tomateiro submetida a adubação nitrogenada pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT)

Métodos de aplicações	Média		
	FP	PP (kg)	PROD (t ha ⁻¹)
CONV	20,56b	1,28b	23,33b
FERT	23,64a	1,49a	30,01a
DMS	2,72	0,18	3,01

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%)
DMS= diferença mínima significativa

Os resultados encontrados nesse trabalho diferem dos encontrados por Albuquerque *et al.* (2011) e Melo *et al.* (2009), que obtiveram efeito quadrático para o número de frutos, em função da dose crescente de potássio. Com relação aos métodos de aplicação, a fertirrigação foi superior ao método convencional de adubação nas variáveis analisadas.

As interações significativas e as análises comparativas das médias através do teste Tukey para as doses de K₂O dentro de cada método de aplicação para a massa dos frutos podem ser observadas na Tabela 25. Os resultados não foram significativos para o número de frutos por planta, produção por planta e produtividade.

Tabela 25 – Valores médios das interações significativas da análise de variância referente à massa dos frutos (MF) do tomateiro em função da dose de K₂O (kg ha⁻¹) aplicada pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT)

Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Método de aplicação	
	FERT	CONV
	MF (g)	
200	65,18 a	60,82 a
400	69,81 a	63,48 a
800	57,15 b	67,25 a
	DMS linhas = 11,93	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%), DMS = diferença mínima significativa.

Ao comparar a MF para cada dose dentro de cada forma de aplicação de potássio, observa-se que a MF para a dose de 800 kg ha⁻¹ de K₂O foi a menor, diferindo estatisticamente das demais doses testadas (200 e 400 kg ha⁻¹ de K₂O) no método fertirrigado. Entretanto, para o método convencional não houve diferença estatística para as doses testadas.

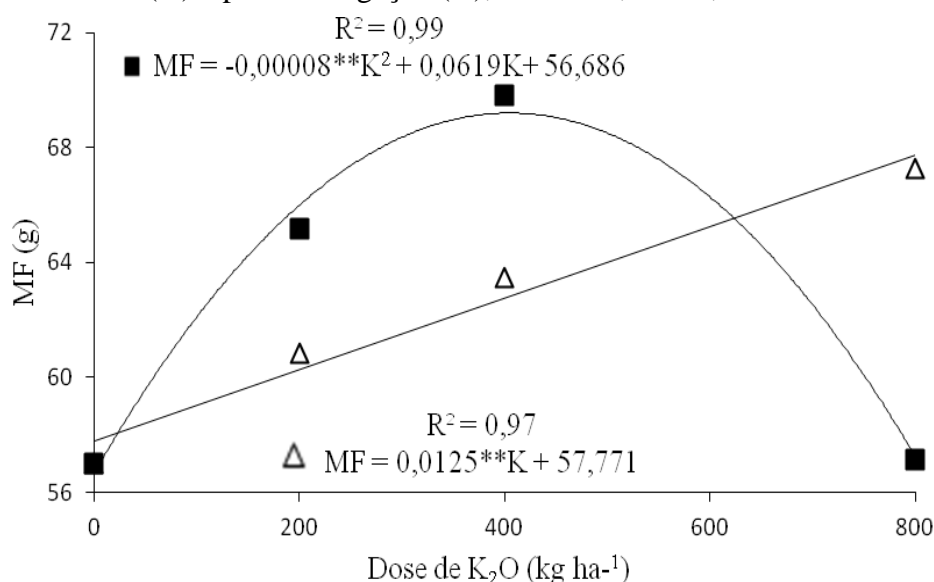
Genuncio (2009) relata que o manejo nutricional no estágio reprodutivo do tomateiro é um fator determinante para a produtividade e qualidade da cultura, e que a partir da fase de crescimento dos frutos alguns nutrientes, como N, K e P são remobilizados para os frutos. Conforme Malavolta (2006), o excesso de potássio gera desequilíbrio na relação K:Ca

e K:Mg, com menor formação de lamela média da parede por falta de Ca, quebra do funcionamento normal da membrana plasmática e baixa formação de ATP, vital para os processos fisiológicos das plantas cultivadas. Segundo o autor, este fato pode explicar a redução do número de frutos na planta com a dose de 800 kg ha⁻¹ de K₂O.

Ao se comparar os métodos de aplicação de potássio, foi possível observar que a MF obtida com a dose de (800 kg ha⁻¹ de K₂O) aplicada pelo método fertirrigado foi inferior à obtida com o convencional, e que não houve diferença entre os métodos de aplicação nas doses de 200 e 400 kg ha⁻¹ de K₂O.

De acordo com a análise de regressão apresentada na Figura 43, as plantas adubadas pelo método fertirrigado apresentaram maior MF com as doses de 200 e 400 kg ha⁻¹ de K₂O, quando comparadas com as adubadas pelo método convencional. No que diz respeito a essa variável, verificou-se que o modelo quadrático foi o que apresentou melhor ajuste ($R^2 = 0,99$) com a fertirrigação. Com o método convencional, o modelo linear foi o que teve melhor ($R^2 = 0,97$).

Figura 43 – Massa dos frutos (MF) de tomateiro em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011



Pela derivada primeira da equação de regressão da MF, a partir da equação de melhor ajuste com aplicação de potássio por fertirrigação, estimou-se a dose de 386,87 kg ha⁻¹ de K₂O como aquela responsável pela maior MF (68,66 g).

Segundo Genuncio (2009), com a fertirrigação, a disponibilidade dos nutrientes pode ser modificada pela capacidade de retenção de cátions do substrato, que pode diferir para

cada elemento adicionado, modificando-a, assim como o balanço dos nutrientes fornecidos ao cultivo. Isto pode, parcialmente, explicar a redução da MF com a aplicação da maior dose de potássio no sistema fertirrigado.

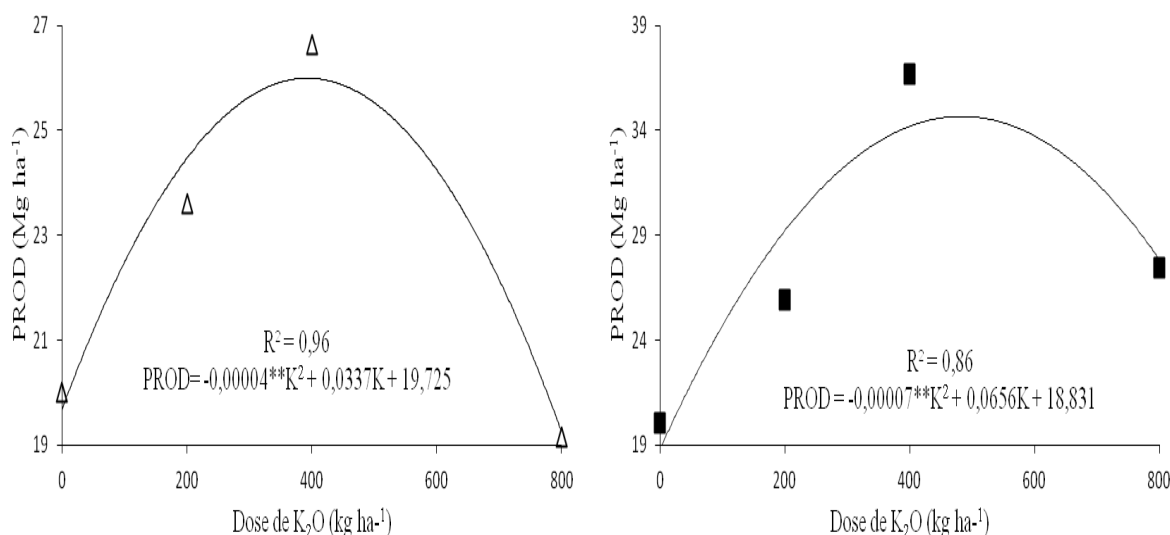
Sousa *et al.* (2013), na mesma área experimental, verificaram que a fertirrigação potássica (25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O) na cultura do amendoim apresentou tendência semelhante à encontrada nesse estudo. Mesquita (2010) também evidenciou, na mesma área experimental, avaliando fertirrigação potássica (75, 150 e 300 kg ha⁻¹ de K₂O) na cultura do gergelim, respostas similares às deste estudo. Já, Macêdo e Alvarenga (2005), cultivando tomate em casa de vegetação na região de Lavras, Minas Gerais, verificaram que a aplicação de potássio (300, 500, 700 e 900 kg ha⁻¹ de K₂O) via fertirrigação não exerceu efeito significativo para esta variável. Entretanto, Albuquerque *et al.* (2011), testando lâminas de irrigação (80, 90, 100, 110 e 120% da ETc) e doses de potássio (80 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O) na cultura do pimentão na região de Recife, Pernambuco, encontram efeito significativo para a massa dos frutos.

Conforme a análise de regressão apresentada na Figura 44, as plantas adubadas pelo método convencional apresentaram uma menor PP, quando comparadas às adubadas pelo método fertirrigado. Os valores médios obtidos foram de 1,2 kg com método de adubação convencional e de 1,4 kg com a fertirrigação. No que diz respeito a essa variável, no método convencional e fertirrigado, verificou-se que o modelo quadrático foi o que obteve melhor ajuste, com coeficientes de determinação de 0,99 e 0,76, respectivamente.

Por meio da derivada primeira da equação de regressão, para cada forma de aplicação de potássio, foi possível estimar a produção máxima por planta. Com a adubação convencional, a maior produção foi estimada em 1,41 kg por planta, para uma dose de 500 kg ha⁻¹ de K₂O. E, para a fertirrigação a maior produção seria de 1,69 kg por planta com uma dose estimada em 466,67 kg ha⁻¹ de K₂O.

Blanco e Folegatti (2008), avaliando doses de N (7,5; 15,0 e 22,5 g por planta) e K (8, 16 e 24 g K₂O por planta) no tomateiro na região de Piracicaba, São Paulo, encontraram valor médio de 0,266 g planta⁻¹, valor bastante inferior aos encontrados neste trabalho. Algumas pesquisas têm demonstrado aumento na produção de algumas culturas com o incremento na aplicação de potássio, como (SOUSA *et al.*, 2013), para a cultura do amendoim na região de Fortaleza, Ceará, com diferentes doses de potássio (25, 50 e 100 kg ha⁻¹).

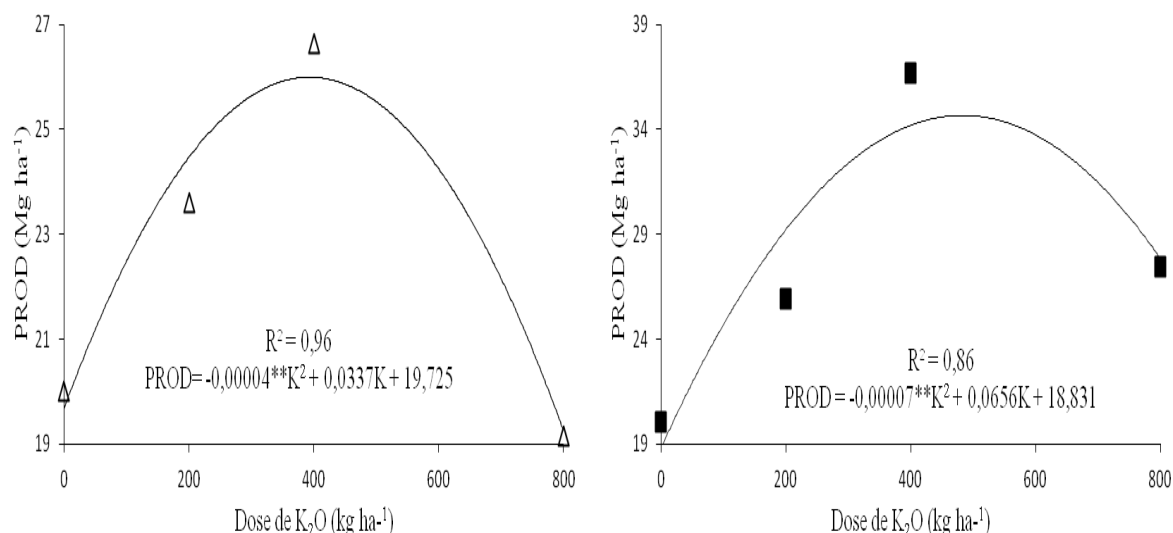
Figura 44 – Produção por planta (PP) de tomateiro em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011



Vasconcelos *et al.* (2013), trabalhando com a cultura do maracujazeiro na região de Alvorada do Gurguéia, Piauí, testando diferentes doses de potássio (0,000; 0,225; 0,450; 0,650; 0,900 kg de K₂O planta⁻¹), Nascimento (2011), trabalhando com a cultura do meloeiro na região de Fortaleza, Ceará, testando doses de potássio (90, 180 e 360 kg ha⁻¹ de K₂O), Mesquita (2010), trabalhando com a cultura do gergelim em Fortaleza, Ceará, testando doses de potássio (75, 150 e 300 kg ha⁻¹ de K₂O) e Kalungu (2008), avaliando a resposta do tomateiro na região de Piracicaba, São Paulo, à aplicação de potássio (208, 416 e 624 kg ha⁻¹), também não encontraram resposta significativa às doses testadas. Resultados similares foram verificados por outros autores, como: Santos *et al.* (2013), testando adubação potássica (0, 50 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O) em Gurupi, Tocantins, sobre a produtividade da melancia; Macêdo e Alvarenga (2005), testando 300, 500, 700 e 900 kg ha⁻¹ de K₂O sobre a produtividade do tomateiro em Lavras, Minas Gerais.

Pela derivada primeira das equações de regressão (Figura 45), estimou-se a produtividade máxima para a cultura do tomate com a aplicação de potássio por fertirrigação em 34,2 Mg ha⁻¹ com uma dose de 468,57 kg ha⁻¹ de K₂O. Para a aplicação de potássio pelo método de adubação convencional, a produtividade máxima estimada foi de 26,82 Mg ha⁻¹ com uma dose de 421,25 kg ha⁻¹ de K₂O, indicando uma superioridade da fertirrigação em relação ao método de adubação convencional, estimando-se uma produtividade maior em 7,38 Mg ha⁻¹ (21,57%) de frutos de tomate com a fertirrigação.

Figura 45 – Produtividade (PROD) da cultura do tomateiro em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011



Blanco e Folegatti (2008), testando doses de potássio (8, 16 e 24 g planta⁻¹) aplicadas no tomateiro via fertirrigação, em Piracicaba, São Paulo, concluíram que o aumento da dose de K não promoveu aumento na produtividade. Já, Emrich *et al.* (2011), testando diferentes concentrações de silicato de potássio (171 g L⁻¹ de Si e 210 g L⁻¹ de K₂O) nas concentrações de 0%, 0,1%, 0,2% e 0,4%, na cultura do tomate em Lavras, Minas Gerais, encontraram uma resposta quadrática para a produtividade. Enquanto, Kalungu (2008), avaliando a resposta do tomateiro a doses de potássio (208, 416 e 624 kg ha⁻¹ de K₂O) em Piracicaba, São Paulo, encontraram uma resposta quadrática para a produtividade, resultado semelhante ao deste trabalho. Isto indica que os efeitos do fornecimento de potássio na produtividade do tomateiro podem variar em resposta às diferentes condições ambientais e à amplitude das doses de K₂O aplicadas.

Segundo Prado (2008), a disponibilidade de potássio para as plantas depende muito de sua difusão no solo, uma vez que a quantidade que chega às raízes por fluxo de massa é muito menor que a taxa de absorção. Melo *et al.* (2010) relataram o efeito positivo do potássio sobre os frutos, alertando que isto deve estar condicionado às várias funções que este cátion exerce no metabolismo vegetal, sendo ativador de enzimas durante o processo de fotossíntese, respiração e síntese de proteínas.

6.4.3 Análise química e físico-química de frutos de tomates

Na Tabela 26 estão dispostos os valores da análise de variância para os sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e relação (SS/AT) da

cultura do tomate em função da dose de potássio aplicada pelo método de adubação convencional e por fertirrigação. As diferentes doses de potássio (200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de K₂O) influenciaram significativamente, em nível de 5% pelo teste F, as variáveis: SS, AT e relação SS/AT. Nesse estudo não foi encontrado efeito significativo, em nível de 1% ou 5% pelo teste F, da forma de aplicação de potássio sobre as variáveis estudadas.

Tabela 26 – Resumo da análise de variância para os sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e relação (SS/AT) em função da dose de K₂O aplicada de forma convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011

FV	GL	Quadrado médio			
		SS	pH	AT	SS/AT
Doses (D)	2	0,620**	0,000 ^{ns}	0,051**	37,663**
Formas (F)	1	0,039 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,234 ^{ns}
Interação D x F	2	0,075*	0,032 ^{ns}	0,003 ^{ns}	1,672 ^{ns}
Fatorial x T	1	1,168**	0,038 ^{ns}	0,018**	0,002 ^{ns}
Tratamentos	6	0,433**	0,017 ^{ns}	0,021**	13,151**
Blocos	3	0,016 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,000	0,255 ^{ns}
Resíduo	18	0,017	0,009	0,001	0,799
Total	27				
CV(%)	-	3,44	1,99	8,05	9,07
Média Geral		3,81	4,94	0,398	9,86

FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação; T= testemunha, ** = Significativo a 1%, * Significativo a 5% e ^{ns} = não significativo.

O efeito não significativo do potássio sobre o pH no tomate também foi observado por outros autores, como: Genuncio *et al.* (2010), avaliando a produção de cultivares de tomate, na região de Seropédica, Rio de Janeiro sob diferentes razões de nitrogênio e potássio (1:1,5 e 1:2 no hidropônico, e 1:2 e 1:3 no fertirrigado); Yutseven *et al.* (2005), testando doses de potássio (0,5 e 10 mmol K⁺ lisímetro⁻¹) em Ancara, Turquia e Kalungu (2008), testando doses de potássio (208, 416 e 624 kg ha⁻¹ de K₂O), em Piracicaba, São Paulo.

Sampaio e Fontes (1998), testando duas formas de aplicação de potássio na cultura do tomate, observaram que não houve efeito significativo para o pH, resultados semelhantes aos encontrados nesse trabalho.

A interação significativa e a análise comparativa das médias através do teste Tukey, para as doses de potássio testadas dentro de cada método de adubação para os SS podem ser observadas na Tabela 27.

Tabela 27 – Valores médios das interações significativas da análise de variância referente aos sólidos solúveis dos frutos (SS) na cultura do tomate em função da dose de K_2O ($kg\ ha^{-1}$) aplicada pelo método convencional (CONV) e por fertirrigação (FERT)

Dose de K_2O ($kg\ ha^{-1}$)	Método de aplicação	
	FERT	CONV
	SS ($^{\circ}$ Brix)	
200	3,61a	3,74a
400	4,27a	4,15a
800	3,92a	3,67b

DMS linhas = 0,194

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%), DMS = diferença mínima significativa.

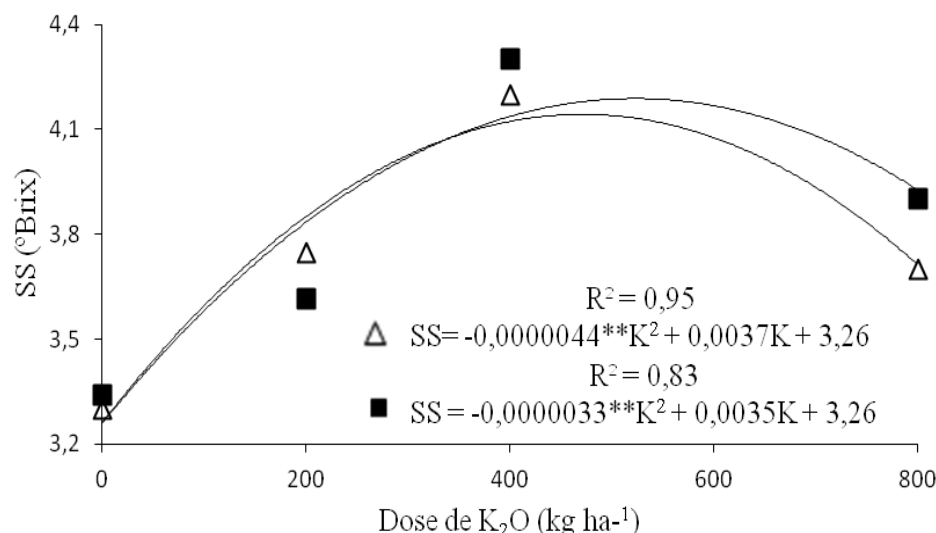
Ao comparar os SS para as doses de potássio dentro de cada forma de aplicação, observa-se que a dose de $800\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O aplicada pelo método convencional promoveu um menor valor para os SS, diferindo estatisticamente das demais doses testadas (200 e $400\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O). Com a fertirrigação, a dose de $400\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O proporcionou o maior valor para os SS, diferindo das demais doses testadas (200 e $800\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O).

Com relação aos métodos de aplicação de potássio, observou-se que a fertirrigação, com doses de 200 e $800\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O , proporcionou maiores valores de SS, quando comparados aos obtidos com a adubação convencional. Não foram obtidas diferenças significativas para os SS entre os métodos de aplicação de potássio com a dose de ($400\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O).

De acordo com a análise de regressão (Figura 46), as plantas adubadas por fertirrigação apresentaram maiores valores de sólidos solúveis nos frutos, se comparadas às plantas adubadas pelo método convencional nas doses de 400 e $800\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O . No que diz respeito a essa variável, verificou-se que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou, apresentando coeficiente de determinação de $0,95$ e $0,83$, para o método de adubação convencional e para a fertirrigação, respectivamente. Por esses modelos, as plantas iriam produzir um máximo de sólidos solúveis nos frutos de $4,04$ e $4,19\ ^{\circ}$ Brix com a dose estimada em $420,45$ e $530,30\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O no método convencional e na fertirrigação, consecutivamente.

Silva *et al.* (2013), testando doses de potássio (90 , 180 , 360 e $720\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O) na cultura do tomate, em Alfenas, Minas Gerais, encontram valor médio de SS ($4,1\ ^{\circ}$ Brix) superior às médias encontradas nesse trabalho com a adubação convencional ($3,7\ ^{\circ}$ Brix) ou com a fertirrigação ($3,8\ ^{\circ}$ Brix).

Figura 46 – Sólidos solúveis (SS) em frutos de tomate em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011



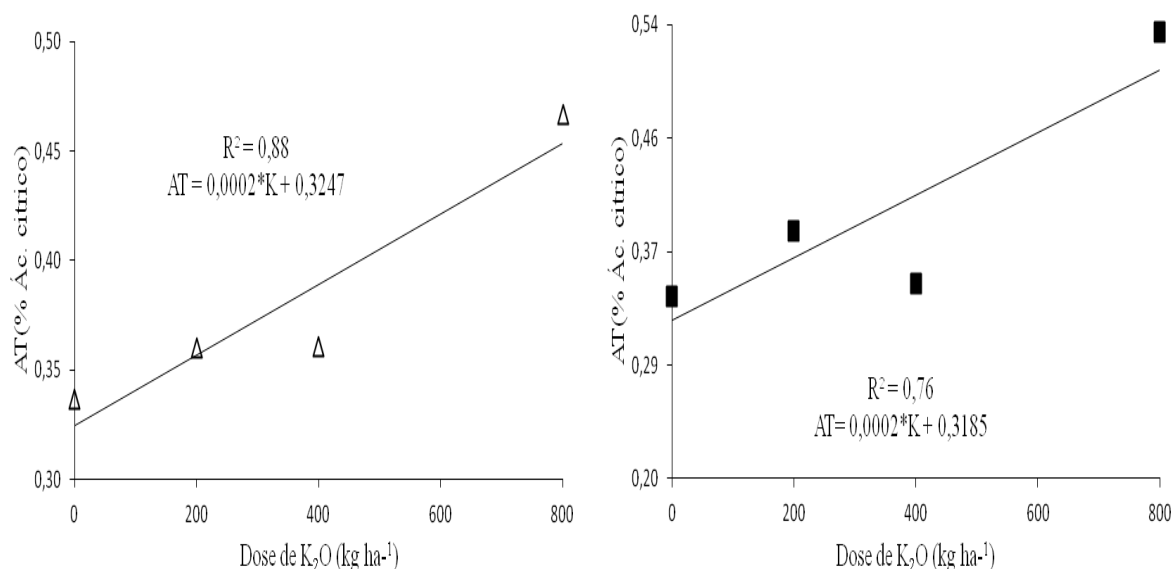
Os valores de SS (4,15 e 4,27 °Brix) encontrados nesse estudo com a dose de 400 kg ha⁻¹ de K₂O com o método convencional e fertirrigação atendem a indicação de Giordano *et al.* (2000), que recomendam um valor mínimo de 4,0 °Brix para as indústrias de transformação de tomate. Os valores de SS obtidos com as demais doses testadas ficaram abaixo do recomendado pelos autores, podendo os frutos, nesse caso, serem utilizados para o consumo “in natura”.

Genuncio *et al.* (2010), avaliando a produção de cultivares de tomate na região de Seropédica, Rio de Janeiro, sob diferentes razões de nitrogênio e potássio (1:1,5 e 1:2 no hidropônico, e 1:2 e 1:3 no fertirrigado) não encontraram diferença para os SS. Esse resultado não corrobora com o desta pesquisa, quando se obteve diferença significativa para os SS em função da dose de K₂O.

Koetz *et al.* (2010) salientam que, quanto maior teor ° Brix nos frutos, menor o consumo de energia na obtenção da polpa concentrada na indústria. Segundo Raupp *et al.* (2009), o teor de sólidos solúveis dos frutos, além de ser uma característica genética da cultivar, pode ser influenciado pela temperatura, irrigação e adubação.

De acordo com a análise de regressão (Figura 47), as plantas fertirrigadas apresentaram maiores valores de acidez titulável nos frutos, quando comparadas às adubadas pelo método convencional, para a dose de 800 kg ha⁻¹ de K₂O. Ainda em relação a essa variável, verificou-se que o modelo linear foi o que melhor se ajustou, com coeficiente de determinação de 0,88 e 0,76, para a adubação convencional e fertirrigação, respectivamente.

Figura 47 – Acidez titulável (AT) em frutos de tomate em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (Δ) e por fertirrigação (\blacksquare), Fortaleza, Ceará, 2011



Segundo Rinaldi *et al.* (2013), os ácidos orgânicos mais relevantes em tomate são o cítrico e o málico, porém o primeiro é o mais abundante, com concentrações cerca de trinta vezes mais elevadas que os demais e, por isso, normalmente a acidez do tomate é expressa em termos de ácido cítrico.

Silva *et al.* (2013), testando doses de potássio (90, 180, 360 e 720 kg ha⁻¹ de K₂O) na cultura do tomate em Alfenas, Minas Gerais, não encontram diferença para a acidez titulável, obtendo valor médio de 0,36% de ácido cítrico. Genuncio *et al.* (2010), avaliando a produção de cultivares de tomate em Seropédica, Rio de Janeiro, sob diferentes razões de nitrogênio e potássio (1:1,5 e 1:2 no hidropônico, e 1:2 e 1:3 no fertirrigado), não encontraram diferença para a acidez titulável nos frutos, obtendo valores variando de 0,31 a 0,34% de ácido cítrico. Esses resultados estão próximos aos encontrados no presente estudo, quando a acidez titulável variou de 0,33 a 0,46% de ácido cítrico para a adubação convencional e de 0,33 a 0,53% de ácido cítrico para a fertirrigação.

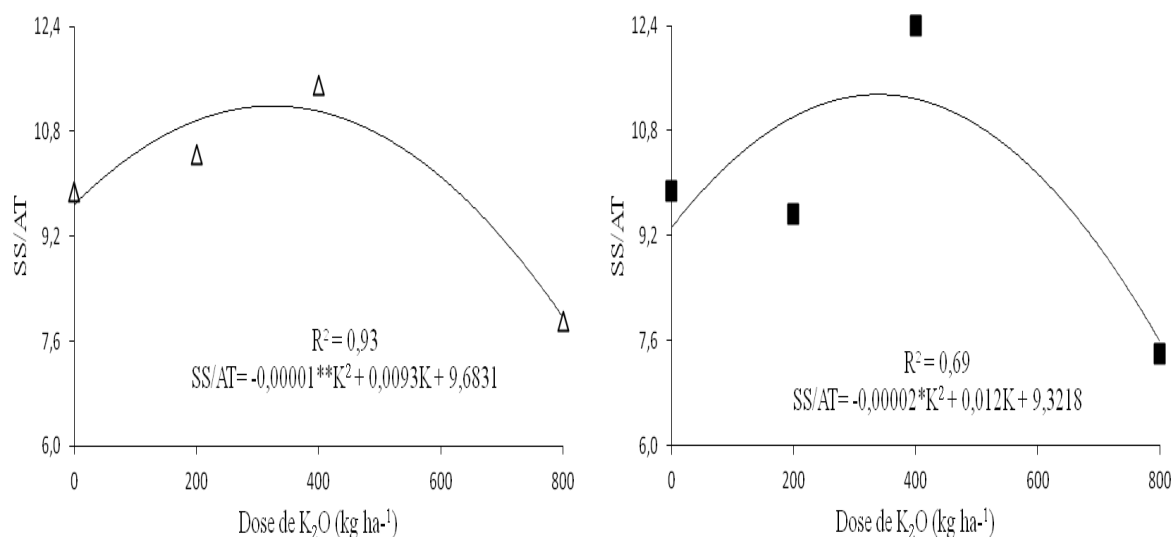
Blanco e Folegatti (2008), estudando doses de K₂O (8, 16 e 24 g planta⁻¹) na cultura do tomate, em Piracicaba, São Paulo, não encontraram diferença significativa para a acidez titulável (0,94 a 97% de ácido cítrico), contrastando com os resultados desse trabalho, onde se verificou um aumento na acidez titulável em resposta à variação da dose de K₂O. Isto demonstra que os efeitos do fornecimento de K₂O na qualidade de frutos de tomate podem variar em resposta às diferentes condições ambientais e à dose de K₂O aplicada.

Segundo Prado (2008), a disponibilidade de potássio para as plantas depende muito de sua difusão no solo, uma vez que a quantidade que chega às raízes por fluxo de

massa é menor que a taxa de absorção. Melo *et al.* (2010) relataram o efeito positivo do potássio sobre os frutos, que deve estar condicionado às várias funções que este cátion exerce no metabolismo vegetal, sendo ativador de enzimas durante o processo de fotossíntese, respiração e síntese de proteínas.

Conforme a análise de regressão (Figura 48), as plantas de tomate fertirrigadas com 400 kg ha⁻¹ de K₂O apresentaram maiores valores para a relação SS/AT dos frutos, quando comparadas às adubadas pelo método convencional. Também, foi observado que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou, para ambas as formas de aplicação de potássio, obtendo-se R² de 0,69 e 0,93 com o método de adubação convencional e com a fertirrigação, respectivamente. De acordo com os modelos obtidos, as plantas iriam apresentar as máximas relações SS/AT de 11,12 e 11,84, com as doses estimadas em 300 e 465 kg ha⁻¹ de K₂O, para o método de adubação convencional e para a fertirrigação, consecutivamente.

Figura 48 – Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em frutos de tomate em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional (△) e por fertirrigação (■), Fortaleza, Ceará, 2011



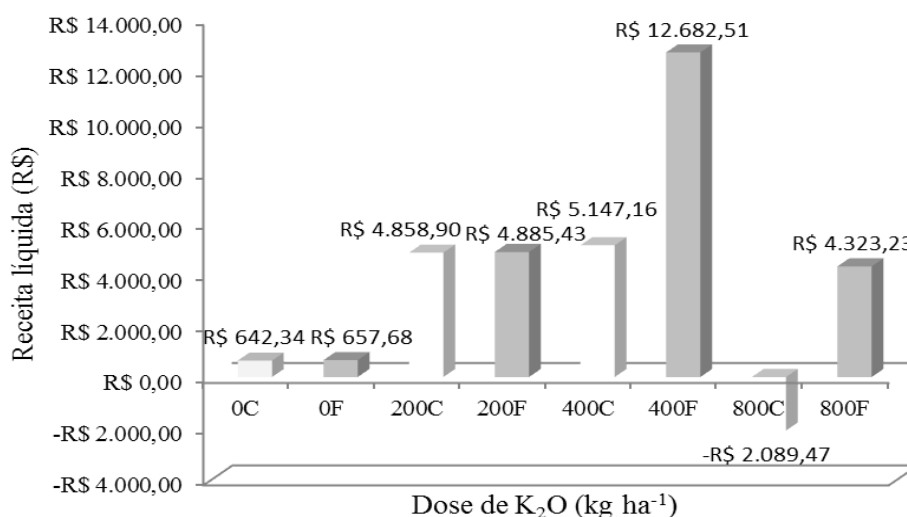
Com relação à qualidade dos frutos, Kader *et al.* (1978) e Mencarelli e Saltveit Jr. (1988) afirmam que os frutos de tomate podem ser considerados saborosos quando possuem a relação SS/AT superior a 10. Nesse estudo, essa condição foi verificada apenas com a aplicação de 400 kg ha⁻¹ de K₂O, em ambas as formas de adubação potássica, caracterizando frutos adequados para o consumo in natura. Guimarães *et al.* (2008), trabalhando com tomateiro, encontraram valores de relação SS/AT acima de 10, semelhante aos obtidos com a dose de 400 kg ha⁻¹ de K₂O, e superior aos valores obtidos com as outras duas doses testadas.

Algumas pesquisas têm demonstrado que o potássio contribui para a melhoria de atributos que caracterizam a qualidade dos frutos, a qual é importante tanto em frutos para o consumo “in natura”, como em frutos utilizados na indústria (ZEHLER e KREIPE, 1981; SINGH, *et al.*, 1995).

6.4.4 Análise econômica

Pela receita líquida resultante da análise econômica simplificada em função das doses e formas de aplicação de potássio aos 90 DAT, observa-se (Figura 49) que todos os tratamentos apresentaram receitas líquidas positivas, ou seja, lucro para o produtor com exceção apenas para a dose de 800 kg ha⁻¹ de K₂O aplicada pelo método convencional na qual a receita líquida foi negativa com um valor de R\$ 2.089,47. Os maiores valores das receitas líquidas positivas foram obtidos com a dose de 400 kg ha⁻¹ de K₂O tanto no método convencional como no fertirrigado, no entanto, quando se compara essa dose (400 kg ha⁻¹ de K₂O) entre os métodos, a receita líquida gerada no método fertirrigado (R\$ 40.610,63) foi bem maior ao do método convencional (R\$ 5.147,16).

Figura 49 – Receita líquida, em reais (R\$), da produtividade do tomateiro em função da dose de potássio aplicada pelo método convencional e por fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2011



7. CONCLUSÕES

7.1 Experimento I - Lâminas de irrigação

Dos resultados obtidos neste estudo, foi demonstrado que maiores lâminas são essenciais para o ótimo desempenho das plantas em termos agrícolas e que lâminas de irrigação moderadas podem ser usadas com sucesso para a produção de tomate para processamento na indústria, sem prejuízo na qualidade dos frutos.

A irrigação por gotejamento com nível de 180% da evapotranspiração de referência calculada com a metodologia de Penman-Monteith, proporcionou frutos dentro do padrão de qualidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para a comercialização *in natura*, sendo essa lâmina a que proporcionou maior rendimento em termos econômico. Já, a firmeza dos frutos teve uma redução à medida que se aumentava a lâmina de irrigação tornando os frutos mais suscetíveis aos danos mecânicos provocados pelo transporte e armazenamento dos frutos.

7.2 Experimento II - Frequências de irrigação

A firmeza dos frutos foi aumentada com o tratamento que empregava a menor frequência de irrigação, podendo obter frutos com maior resistência no transporte e no armazenamento.

Com relação aos parâmetros de qualidade química e físico-química avaliados nos frutos, apenas o pH não foi influenciado significativamente pelos tratamentos aplicados.

A maior produtividade do tomateiro cultivado em campo, nas condições de Fortaleza, Ceará, está associada à adoção de uma frequência de irrigação de dois dias. Essa frequência também proporcionou os melhores frutos quando da avaliação de suas qualidades físicas (diâmetro, comprimento e espessura do pericarpo dos frutos) sendo essa frequência a que proporcionou maior rendimento em termos econômico. Ou seja, os produtores que visem uma maior produtividade e frutos de tomate de maior tamanho com um maior rendimento econômico devem adotar um turno de rega de dois dias.

7.3 Experimento III - Doses e formas de aplicação de nitrogênio

As diferentes formas de aplicação do nitrogênio afetaram significativamente a firmeza dos frutos, o nitrogênio foliar, o número de frutos por planta, a massa dos frutos, a produção por planta, a produtividade, os sólidos solúveis, o pH, a acidez titulável e a relação SS/AT dos frutos de tomateiro cultivado sob condições edafoclimáticas de Fortaleza, Ceará.

A adubação convencional, de maneira geral, foi mais promissora do que a fertirrigação devido aos melhores resultados proporcionados, com destaque para a produtividade onde foram proporcionadas as maiores médias para as variáveis analisadas.

A dose de 150 kg ha^{-1} de N aplicada pelo método convencional proporcionou o maior rendimento em termos econômicos, sendo esta a melhor dose de nitrogênio.

Entretanto, o nitrogênio foliar, os sólidos solúveis e a acidez titulável responderam melhor à fertirrigação do que à adubação convencional.

7.4 Experimento IV - Doses e formas de aplicação de potássio

As diferentes formas de aplicação do potássio afetaram significativamente a análise foliar de potássio, massa dos frutos, produção por planta, produtividade, sólidos solúveis, acidez titulável e a relação SS/AT dos frutos de tomateiro cultivado sob as condições edafoclimáticas de Fortaleza, Ceará;

A fertirrigação, de maneira geral, foi mais promissora do que a adubação convencional, devido aos melhores resultados apresentados, com destaque para a produtividade, os sólidos solúveis, a acidez titulável e a relação sólidos solúveis e acidez titulável, quando foram obtidas as maiores médias para as variáveis analisadas. Entretanto, a análise de potássio foliar e a massa dos frutos responderam melhor à adubação convencional do que a fertirrigação.

A dose de 400 kg ha^{-1} de K_2O aplicada pelo método fertirrigado proporcionou o maior rendimento em termos econômicos, sendo esta a melhor dose de potássio a ser utilizada.

Dessa forma, a fertirrigação potássica é mais promissora, haja vista que esse método permite um maior fracionamento das doses a serem aplicadas, acompanhando a marcha de absorção da cultura.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL: **Anuário da Agricultura Brasileira**. 2004. Tomate. FNP - Consultoria & Comércio. São Paulo. p. 495-502.

AHRENS, M. J.; HUBER, D. J. Physiology and firmness determination of ripening tomato fruit. **Physiologia Plantarum** 78: 8-14, 1990.

ALBUQUERQUE, A. H. P. **Manejos da irrigação e da fertirrigação potássica na cultura da videira sob condições semiáridas**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

ALBUQUERQUE, F. da S. **Lâminas de irrigação e doses de potássio em um cultivo de pimentão fertirrigado na região metropolitana do Recife**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

ALBUQUERQUE, F da S.; SILVA, E. F de. F.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C. de; NUNES, M. F. F. N. Crescimento e rendimento de pimentão fertigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Agriambi**, v.15, n. 7, p-686-694, 2011.

ALCONADA, M.; CUELLAS, M.; PONCETTA, P.; BARRAGÁN, S.; INDA. E.; MITIDIERI. Fertirrigación en cultivo de tomate protegido: I- Nutrición nitrogenada. Efectos en el suelo y en la producción. **Revista Horticultura Argentina**, v. 30, n.72, p. 5-13, 2011.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; PAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 328 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, R. F. de. Adubação nitrogenada de tomateiros. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 5, p.25-30, 2011.

ALVARENGA, M. A. R. **Cultura do tomateiro**. Lavras: UFLA. 2000. 91p.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate, produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. 1. ed. Minas Gerais: UFLA, 2004. 393 p.

ALVES JÚNIOR, J. **Necessidade hídrica e resposta da cultura de lima ácida 'Tahiti' a diferentes níveis de irrigação**. 2006. 100 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

ANAÇ, D.; ERIUCE, N.; KILINÇ, R. Effect of N, P, K fertilizer levels on yield and quality properties of processing tomatoes in Turkey. **Acta Horticulturae**, v. 376, p. 243-250, 1994

ANDERSEN, P. C.; RHOADS, F. M.; OLSON, S. M.; HILL, K. D. Carbon and nitrogen budgets in spring and fall tomato crops. **HortScience**, v. 34, n. 3, p. 648-652, 1999.

ANDRADE, C. L. T.; BORGES JÚNIOR, J. C. F. **Uso e manejo de irrigação**. 1ed. Brasília: Ed. EMBRAPA, 2008. 528p.

ANDRADE, C. L. T.; BRITO, R. A. L. **Métodos de irrigação e quimigação**. Sete Lagoas, MG. MAPA. 2006. 17p (Circular Técnica, 82).

ANGHINONI, I.; BAYER, C. Manejo da fertilidade do solo. In:_____. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 4 ed. Porto Alegre: Gênese, 2004, cap. 4, p. 252-264.

ARAÚJO, C. de; FONTES, P. C. R.; SEDIYAMA, C. S.; COELHO, M. B. Critérios para a determinação da dose de nitrogênio a ser aplicada no tomateiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p.327-332, 2007.

ARAÚJO, W. P. **Aspectos nutricionais da cultura do tomateiro**, 2003- EAGRI/UNICAMP, Campinas-SP. Disponível: <<http://www.feagri.unicamp.br/tomates/pdfs/aspecnutri.pdf>>. Acesso: Jan/2014.

ARAÚJO, H. F. de; COSTA, R. N. T.; CRISOSTOMO, J. R.; SAUNDERS, L. C. U.; MOREIRA, O. da C.; MACEDO, A. B. M. Produtividade e análise de indicadores técnicos do maracujazeiro-amarelo irrigado em diferentes horários. **Revista Agriambi**, v.16, n. 2, p-159-164, 2012.

AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I. da; UCHOA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 248 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists**. 12 ed. Washington: A.O.A.C., 1992.

AZEVEDO, J. H. O.; BEZERRA, F. M. L. Resposta de dois cultivares de bananeira a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p.28-33, 2008.

BANCO DO NORDESTE. Escritório técnico de estudos econômicos do Nordeste – ETENE, Informe rural. Produção e área colhida de tomate no Nordeste. Ano 4, 2010. Nº 21.

BATU, A. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p.471–475, 2004.

BERNARDI, A. C.; WENERCK, C. G.; HAIM, P. G.; BOTREL, N. OIANO NETO, J.; MONTE, M. B. M, BERNARDI, M. R. V. Produção e qualidade de frutos de tomateiro cultivado em substrato com zeólita. **Horticultura Brasileira**, v.25, n. 2,p 306-311, 2007.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 625p.

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

- BORGUINI, R. G.; SILVA, M. V. da. Características físico-químicas e sensoriais do tomate (*lycopersicon esculentum*) produzido por cultivo orgânico em comparação ao convencional. **Revista Alim. Nutr.**, v.16, n.4, p.355-361, 2005.
- BOJÓRQUEZ, A. D. A.; CASTILLO, G. A.B.; GONZÁLEZ, G. A.; SHIBATA, J. K.; URETA, J. G. V.; GARZA, A. M. Nitrate and potassium ratios in a drip fertigation system on production, quality and nutrient uptake in tomato. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v.7, n.1, p.61-75, 2001.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: II. Crescimento e partição de matéria seca. **Revista Agriambi**, v.12, n.1, p.34-40, 2008.
- BRAGA FILHO, J. R.; NASCIMENTO, J. L.; NAVES, R. V.; TORRES, M. C. L.; GERALDINE, R. M.; SOUZA, E. R. B.; BARROSO, F. V. Lâminas de irrigação e genótipos na produção e qualidade de frutos de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 02, p. 155-162, 2011.
- BRANTHOME, X. Y.; PLE, J.; MACHADO, R.; BIECHE, B. J. Influence of drip irrigation on the technological characteristics of processing tomatoes. **Acta Horticulturae**, v. 376, p.285–290, 1994.
- BRITO, R. A. L. **Cultivo do milho quimigação**. Sete Lagoas: MG, MAPA. 2002. 9p (Comunicado Técnico, 57).
- BUSATO, C. **Características da planta, teores de nitrogênio na folha e produtividade de tubérculos de cultivares de batata em função de doses de nitrogênio**. 2007. 142 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2007.
- CAHN, M.; HANSON, B.; HARTZ, T.; HERRERO, E. Optimizing fruit quality and yield grown under drip irrigation. **The California Tomato Grower**, Stockton, v. 45, n. 2, p. 7-9, 2002.
- CALBO, A. G.; SILVA, H. R.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Manejo de irrigação com sensores de cápsula porosa permeados por ar – Irrigas. In: TALLER INTERNACIONAL RED RIEGOS CYTED, 2008, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CYTED: PROCISUR, 2008. 12 p. 1 CD-ROM.
- CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; STRIGHETA, P. C.; MOREIRA, G. R.M.; CARDOSO, A. A. Avaliação de genótipos de tomateiros cultivados em ambiente protegidos e em campo nas condições edafoclimáticas de viçosa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, p.255-259, 2005
- CAMPOS, T. M.; SOUZA, S. S.; SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A.; PEREIRA, U. C.; BEIRIGO, J. D. C. Função de produção da cultura do tomate para diferentes lâminas. In: II Seminário Iniciação Científica – IFTM, Campus Uberaba, MG. 20 de outubro de 2009.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In:_____. **Fertilidade do solo**. 1. Ed. Minas Gerais: Viçosa, 2007. Cap. 7, p. 376-470.
- CARDOSO, S. C.; SOARES, A. C. F.; BRITO, A. S.; CARVALHO, L. A.; PEIXOTO, C. C.;

PEREIRA, M. E. C.; GOES, E. Qualidade de frutos de tomateiro com e sem enxertia. *Bragantia*, Campinas, v.65, n.2, p.269-274, 2006.

CARARO, D. C.; DUARTE, S. N. Injeção de CO₂ e lâminas de irrigação em tomateiro sob estufa. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.432-437, Set. 2002.

CARMELLO, Q. A. C. **Curso de nutrição/fertirrigação na irrigação localizada**. Piracicaba: ESALQ, 59 p. 1999.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2004. 13 p.

CARVALHO, J. G. de; BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R. Nutrição mineral de plantas. In:_____. **Tomate, produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. 1. ed. Minas Gerais: UFLA, 2004. Cap. 5, p.63-120.

CARVALHO, L. A.; TESSARIOLI NETO, J.; ARRUDA, M. C.; JACOMINO, A. P.; MELO, P. C. T. Caracterização físico-química de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.3, p. 295-298, 2005.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, A.; PERES, L. E. P. **Manual de fisiologia vegetal**. Piracicaba: Editora Agrônômica Ceres, 2005. 650 p.

CASTRO, V. A. S. P. T. **Controle do amadurecimento pós-colheita do tomate ‘Carmem’ tratado com ácido 2-cloroetil fosfônico**. 2003. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2003.

CAVALLARO JUNIOR, M. L.; TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; KUNH NETO, J.; TIVELLI, S. W. Produtividade de rúcula e tomate em função da adubação N e P orgânica e mineral. **Revista Bragantia**, Campinas, v.68, n. 2, p.347-356, 2009.

CAVASSA, A. L.C.; FERREIRA, M, D.; TAVARES, M.; VIGATTO, R. Conservação pós-colheita de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.), cv. “Kátia”, utilizando coberturas comestíveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004. p. 1-4.

CETIN, O.; UYGAN, D.; BOYACI, H.; YILDIRIM, O. Effects of different irrigation treatments on yield and quality of drip-irrigated tomatoes under Eskisehir conditions. In: VEGETABLE AGRICULTURE SYMPOSIUM, 4., 2002, Bursa. **Anais...** Bursa: 2002. P.17-20.

CHIOLINA, J. C.; PRATA, F.; SILVA, F. C. da; COELHO, A. M.; CASARINI, D. C. P.; MURAOKA, T.; VITTI, A. C.; BOARETO, A. E. Amostragem de solo para análise de fertilidade, de manejo e contaminação. In:_____. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2009. Cap. 1, p. 25-189.

CHO, Y. J.; HWANG, J. K. Modelling the yield and the intrinsic viscosity of pectin in acidicsolubilization of apple pomace. **Journal of Food Engineering**, v. 44, n. 5, p. 85-89, 2000.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1942. 124 p. (Bulletin, 670).

CHURATA-MASCA, M. G. C.; BONOMO, R.; GONÇALVES, V. S.; OLIVEIRA, A. B. Resposta de híbridos de tomate industrial a diferentes níveis de potássio aplicado em fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.2, 2001.

COELHO, A. M. Fertirrigação. In:_____. **Quimigação**. 1. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA-SPI, 1994. Cap. 8, p. 201-220.

COLLA, G.; CASA, R.; LO CASCIO, B.; SACCARDO, F.; TEMPERINI, O.; LEONI, C. Responses of processing tomato to water regime and fertilization in central Italy. **Acta Horticulturae**, v. 487, p. 531-535, 1999.

COSTA, C. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CAVARIANNI, R. L.; BARBOSA, J. C. Produção do melão rendilhado em função da concentração de potássio na solução nutritiva e do número de frutos por planta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.23-27. 2004.

DECHENI, A. R.; NATCHIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In:_____. **Fertilidade do solo**. 1. Ed. Minas Gerais: Viçosa, 2007. Cap. 3, p. 92-132.

DERMITAS, C.; AYAS, S. Deficit irrigation effects on pepper (*Capsicum annuum* L. Demre) yield in unheated greenhouse condition. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinque, v.7, p.989-1003, 2009.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (FAO, Estudos de Irrigação e Drenagem, 33).

DORAIS, M.; PAPADOPOULOS, A.; GOSSELIN, A. Greenhouse tomato fruit quality. **Horticultural Reviews**. v. 26, p.239-319, 2001.

DURASAMI, V. P.; MANI, A. K. Effect of major nutrients on yield and fruit quality of tomato under rainfed condition in Entisol. **South Indian Horticulture**, v. 50, p.56-64, 2002.

ELIA, A.; CONVERSA, G. Agronomic and physiological responses of a tomato crop to nitrogen input. **European Journal of Agronomy**. V. 40, p.64-74, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Sistema de Produção, Versão Eletrônica. Jan/2003. Disponível em:< <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/adubacao.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

EMRICH, E. B.; SOUZA, R. J DE.; LIMA, A. A. de; FIGUEIREDO, F. C.; SILVA, D. R. G. Cultivo do tomateiro em substratos orgânicos sob aplicação foliar de silicato de potássio em ambiente protegido. **Ciência Agrotécnica**. v. 35, n.1, p.56-61. 2011.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In:_____. **Fertilidade do solo**. 1 ed. Viçosa; SBCS, 2007. Cap. 8 e 9, p. 501-594.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. Disponível em:< <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/S>>. Acesso em 07 out. 2013.

FEITOSA, D. R. C. **Comportamento do girassol no Vale do Curu, Ceará, sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio**. 2010, 83f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

FELIPE, E. F.; CASANOVA, O. E. Fertilización con nitrogeno, fosforo y potasio en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en suelos de vegas del Rio Guarico. **Revista Unellez de Ciencia y Tecnologia**, v.17, p.21-44, 2000.

FELTRIN, D. M.; LOURENÇÃO, A. L.; FURLANI, P. R.; CARVALHO, C. R. L. Efeito de fontes de potássio na infestação de *bemisia tabaci* biótipo b e nas características de frutos de tomateiro sob ambiente protegido. **Bragantia**, v. 61, n. 1, p.49-57, 2002.

FERNANDES, E. J. Comparação entre três métodos para estimar lâminas de irrigação. Botucatu: **Irriga**, v.13, p. 36-46, 2008.

FERRARI, P. R. **Avaliação da qualidade da classificação do tomate de mesa**. 2006. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R. Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.2, p. 263-273, mar/abr, 2010.

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

FERREIRA, M. M. M.; FONTES, P. C. R. Índices de nitrogênio nas folhas de tomateiro em função do nitrogênio e da adubação orgânica. **Revista Agroambiente**, v.5, n.2, p. 106-112, 2011.

FERREIRA, S. M. R. **Características de qualidade do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado nos sistemas convencional e orgânico comercializado na região metropolitana de Curitiba**. 2004. 249 f. Tese (Doutorado em Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

FONTES, P. C. R.; DA SILVA, D. J. H. **Produção de tomate de mesa**. Aprenda Fácil Editora, Viçosa-MG, 2002, 193p.

FONTES, P. C. R.; LOURES, J. L.; GALVÃO, J. C. C.; CARDOSO, A. A.; MANTOVANI, E. C. Produção e qualidade do tomate produzido em substrato, no campo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p. 614-619, 2004.

FRANÇA, B. H. C. **Cultivo e processamento do tomate**. Rio de Janeiro (Estado): SBRT, 2007. 36p.

GANCZ, K.; ALEXANDER, M.; CORREDIG, M. In situ study of flocculation of whey protein-stabilized emulsions caused by addition of high methoxyl pectin. **Food Hydrocolloid**, v. 20, p.293, 2006.

GENUNCIO, G. C. **Crescimento e produção do tomateiro em sistemas de cultivo a campo, hidropônico e fertirrigado, sob diferentes doses de nitrogênio e potássio**. 2009. 81f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

GENUNCIO, G. C.; SILVA, R. A. C.; SÁ, N. M.; ZONTA, E.; ARAÚJO, A. P. Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, 2010.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C.; BARBOSA, V. **Escolha de cultivares e plantio**. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Org.). Tomate para processamento industrial. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia / Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.

GOMIDE, R. L.; MAENO, P. **Uso e manejo de irrigação**. 1ed. Brasília: Ed. EMBRAPA, 2008. 528p

GOTO, R.; ROSSI, F. **Cultivo de tomate em estufa - Manual**. Viçosa, CPT, 1997, 60 p.

GUANG-CHENG, S.; YU, Z. Z.; NA, L.; SHUANG-EN, Y.; XENG-GANG, X. Comparative effects of deficit irrigation (DI) and partial root zone drying (PRD) on soil water distribution, water use, growth and yield in greenhouse grown hot pepper. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.119, p.11-16, 2008.

GUICHARD, S.; BERTIN, N.; LEONARDI, C.; GARY, C. Tomato fruit quality in relation to water and carbon fluxes. **Agronomie**, v. 21, n. 4, p.385-392, 2001.

GUIMARÃES, M. de A.; SILVA, D. J. H. da.; FONTES, P. C. R.; MATTEDI, A. P. Produtividade e sabor dos frutos de tomate do grupo salada em função de podas. **Biosci. J**, v. 24, n. 1, p.32-38, 2008

GUIMARÃES, T. G.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R.G.; ALVAREZ, V. H.; MONNERAT, P. H. Determinação dos teores de nitrogênio na seiva do tomateiro por meio de medidor portátil. **Horticultura Brasileira**, v. 16, n. 2, p. 144-151, 1998.

HALBROOKS, M. C.; WILCOX, G. E. Tomato plant development and elemental accumulation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 105, n. 6, p. 826-828, 1980.

HANSON, B. R.; MAY, D. M.; SCHWANKL, L. J. Drip irrigation of processing tomatoes. In: **ASAE Annual International Meeting**, Minneapolis, Minnesota, USA, 10-14 August 1997.

HARMANTO, V. M.; SALOKHE, B. M. S.; TANTAU, H. J. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical. **Environment Agricultural Water Management**, v. 71, p.225-242. 2004.

HERNANDEZ, F. B. T. Manejo da irrigação; Disponível em: <http://www.irrigaterra.com.br/manejo.php>. Acesso em: 3 ago. 2012.

HORINO, Y.; SHIROZU, R.; SHIROSE, I. Ensaio de níveis de adubação para tomateiro em Itapetininga, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 24., 1984, Jaboticabal. *Resumos...* Jaboticabal: FCAV, 1984. p. 8.

HORTIFRUTI BRASIL. **Tomate, um mercado que não para de crescer globalmente**. São Paulo: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, junho 2007. 9 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 25 set. 2013.

IBGE. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA; Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201203.pdf>. Acesso em: 10 maio. 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed., São Paulo, 1985. v.1, 533p.

JOHNSON, R. W.; DIXON, M. A.; LEE, D. R. Water relations of the tomato during fruit growth. **Plant and Cell Environment**, Oxford, v. 18, p. 947-953, 1992.

JONES JR., J. B. **Tomato plant culture: in the field, greenhouse and home garden**. Florida: CRC Press. 199p. 1999.

KADER, A. Effects of postharvest handling procedures on tomato quality. **Acta Horticulturae**, v. 190, p. 209-221, 1986.

KADER, A. A.; MORRIS, L. L.; STEVENS, M. A.; ALBRIGHT-HOLTON, M. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some post harvest handling procedures. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 113, n. 5, p. 742-745, 1978.

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

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; BÔAS, R. L. V. Influência de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, 2010.

KALUNGU, J. W. **Resposta do tomateiro a diferentes lâminas, doses de potássio e cobertura do solo em ambiente protegido**. 2008. 81f. Dissertação (Mestrado Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

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

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 2 ed. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006. 550p.

LIMA, A. A.; ALVARENGA, M. A. R.; RODRIGUES, L.; CARVALHO, J. G. Concentração foliar de nutrientes e produtividade de tomateiro cultivado sob diferentes substratos e doses de ácidos húmicos. **Horticultura Brasileira**, v. 29. n.1, p.63-69, 2011

LIMA, E. M. C.; MATIOLLI, W.; THEBALDI, M. S.; REZENDE, F. C.; FARIA, M. A. de. Produção de pimentão cultivado em ambiente protegido e submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Agrotecnologia**, v.3, n.1, p.40-56, 2012.

LOBO JUNIOR, M. I. Quimigação. Disponível em:< <http://www.pulverizar.com.br/quimigacao.htm>> Acesso em: 27 ago. 2012.

LOCASCIO, S. J.; HOCHMUTH, G. J.; RHOADS, F. M.; OLSON, S. M.; SMAJSTRLA, A. G.; HANLON, E. A. Nitrogen and potassium application scheduling effects on drip-irrigated tomato yield and leaf tissue analysis. **HortScience**, v. 32, p.230-235, 1997.

LOOS, R. A.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H. Enxertia, produção e qualidade de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Ciência Rural**, v.39, p.232-235, 2009.

MACÊDO, L. S. **Lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade de frutos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) em ambiente protegido**. 2002. 101f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2002.

MACEDO, L. de S.; ALVARENGA, M. A. R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciência Agrotécnica**, v. 29, n. 2, p. 296-304, 2005.

MADRID, R.; BARBA, E. M.; SÁNCHEZ, A.; GARCÍA, A. L. Effects of organic fertilizers and irrigation level on physical and chemical quality of industrial tomato fruit (cv. Nautilus). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, p.2608–2615, 2009

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

MAKISHIMA, N.; MIRANDA, J. E. C. **Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1995. 22p.

MANTOVANI, E. C.; BERNADO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: Princípios e métodos**. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 358p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal**: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005, 451 p.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, H. R. da.; SILVA, W. L. de C. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças. 2012. 24p (Circular Técnica, 102).

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Tensões e limite de água no solo para o cultivo do tomateiro para processamento irrigado por gotejamento**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 37).

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C.; SILVA, H. R.; MORETTI, C. L. **Efeito da época de suspensão da irrigação na produção e qualidade de frutos de tomate para processamento**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças. 2007. 18 p. (Boletim Pesquisa e Desenvolvimento, 25).

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C. Frequência de irrigação por gotejamento durante o estágio vegetativo do tomateiro para processamento industrial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 661-666, 2005.

MAY, D.M. Water management differences between drip- and furrow irrigated processing tomatoes to maximize yield and fruit quality in California. *In*: PROCEEDINGS OF THE 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE PROCESSING TOMATO, AND THE 1ST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL TOMATO DISEASES, 1., 1996, Pernambuco. **Anais...** Pernambuco: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 1996. p.635-642.

MAY, D. M.; GONZALES, J. Irrigation and nitrogen management as they affect fruit quality and yield of processing tomatoes. **Acta Horticulturae**. v.376, p. 227-234, 1994.

MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v. 27, p.1254-1255, 1992.

MELO, A. S. de; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. de M.; SILVA JR, C. D. da; FERNANDES, P. D.; BONFIM, L. V. Produção e qualidade do pimentão amarelo sob níveis de potássio em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, p.17-21, 2009.

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

MELO, A. S. de; SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SUASSUNA, A. F.; AGUIAR NETTO, A. O. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, p.73-79, 2010.

MELO, P. C. T. **Produção de sementes de tomate**. USP/ESALQ, 2007. 12 p.

MENCARELLI, F.; SALTVEIT JR., M. E. Ripening of mature-green tomato fruit slices. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 113, n. 5, p. 745, 1988.

MESQUITA, J. B. R. de. **Manejo da cultura do gergelim submetida a diferentes lâminas de irrigação, doses de nitrogênio e de potássio aplicadas pelo método convencional e por fertirrigação.** 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

MEURER, E. J. Potássio. In:_____. **Nutrição mineral de plantas.** 1 ed.Viçosa: SBCS, 2006. Cap. 5, p. 282-298.

MIRANDA, F. R de; MESQUITA, A. L. M.; MARTINS, M. V. V.; FERNANDES, C. M. F.; EVANGELISTA, M. I. P.; SOUSA, A. A. P de. **Produção de tomate em substrato de fibra de coco,** Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical. 2011. 20p (Circular Técnica, 33).

MONTE, J. A.; CARVALHO, D. F. de; MEDICI, L. O.; SILVA, L. D. B.; PIMENTEL, C. Growth analysis and yield of tomato crop under different irrigation depths. **Revista Agriambi,** v.17, n. 9, p.926-931, 2013.

MONTE, J. A.; PACHECO, A. S.; CARVALHO, D. F.; PIMENTEL, C. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. **Horticultura Brasileira,** v. 27, n.2, p. 222-227, 2009.

MORGAN, L. **Tomato fruit flavor and quality evaluation.** Part I. Disponível em: <http://www.fertcut.com/seach.cfm>. Acesso em: 11 jan. 2014.

MORGAN, L. Fruit flavour and hydroponics. **Practical Hydroponics & Greenhouses,** Narrabeen, n.33, p.21-31, 1997.

NAIKA, S.; JEUDE, J. V. L. de; GOFFAU, M. de; HILMI, M; DAM, B. V. **A cultura do tomate, produção, processamento e comercialização.** 1. ed. DIGIGRAFI, 2006. 104 p.

NANNETTI, D. C. **Nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação na produção, nutrição e pós-colheita do pimentão.** 2001. 184 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

NASCIMENTO NETO, J. R. **Formas de aplicação e doses de nitrogênio e potássio no cultivo do meloeiro amarelo.** 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

NOBRE, J. G. A.; VIANA, T. V. A.; MOEIRA, L. G.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; AZEVEDO, B. M. de; LIMA, A. D. Influência da fertirrigação potássica na produtividade da mamoneira. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada,** v. 4, n.04, p. 207-216, 2010.

OBERLY, A.; KUSHAD, M.; MASIUNAS, J. Nitrogen and tillage effects on the fruit quality and yield of four tomato cultivars. **Journal of Vegetable Crop Production,** v.8, p.65-79, 2002.

OLIVEIRA, A. R.; OLIVEIRA, S. A.; GIORDANO, L. B.; GOEDERT, W. J. Absorção de nutrientes e resposta à adubação em linhagens de tomateiro. **Horticultura Brasileira,** v.27, n. 4, p.498-504, 2009.

OLIVEIRA, E. C.; CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; FREITAS, W. A. Viabilidade técnica e econômica da produção de ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivada sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.2, p. 324-333, 2011.

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

PAIVA, E. P.; LIMA, M. S.; PAIXÃO, J. A. Pectina: Propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v.10, n. 4, p.196-221. 2009.

PANDEY, R. P.; SARAF, R. K.; PARIHAR, M. S. 1998. Effect of nitrogen, phosphorus and varieties on quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Punjab Vegetable Grower**, v. 33, p.15-18, 1998.

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

PATANÉ, C.; TRINGALI, S.; SORTINO, O. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 129, p. 590-596, 2011.

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

PIRES, R. C. M.; FURLANI, P. R.; SAKAI, E.; LOURENÇÃO, A. L.; SILVA, E. A.; TORRE NETO, A.; MELO, A. M. T. Desenvolvimento e produtividade do tomateiro sob diferentes frequências de irrigação em estufa. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p.228-234, 2009.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. Ed. UNESP. São Paulo, SP, 2008. 407 p.

PRETTY, K. M. O potássio e a qualidade da produção agrícola. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R. (Eds.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato: Instituto Internacional da Potassa. 1982, p. 177-194, 1982.

RAUPP, D. S.; GARDINGO, J. R.; SCHEBESKI, L. S. dos; AMADEU, C. A.; BORSATO, A. V. Processamento de tomate seco de diferentes cultivares. **Acta Amazônica**, Manaus, v.39, n.2, p.415-422, 2009.

RAVINDER-SINGH.; KOHLI, U. K.; KANWAR, H. S.; SINGH, R. Tomato fruit quality as influenced by different nutrient regimes. **Himachal Journal of Agricultural Research**, v. 25, p.37-42, 2001.

RINALDI, M. M.; THEBALDI, M. S.; ROCHA, M. S da.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B. Qualidade pós-colheita do tomate irrigado por diferentes sistemas de irrigação e qualidades de água. **Revista Irriga**, v. 18, n. 1, p. 59-72, 2013.

RHOADS, F. M.; OLSON, S. M.; HOCHMUTH, G. J.; HNALON, E. A. Yield and petiole-nitrate levels of tomato with N rates applied preplant or fertigated. **Soil Crop Sciences Society of Florida Proceedings**, v. 55, p.20-22, 1996.

SAINJU, U. M.; SINGH, B. P.; RAHMAN, S. Tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization influence tomato yield and nitrogen uptake. **HortScience**, v. 35, n. 2, p. 217-221, 2000.

SAMPAIO, R. A. **Produção, qualidade dos frutos e teores de nutrientes no solo e no pecíolo do tomateiro, em função da fertirrigação potássica e da cobertura plástica do solo**. 1996. 117p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.

SAMPAIO, R. A.; FONTES, P. C. R. Qualidade de frutos de tomateiro fertirrigado com potássio em solo coberto com polietileno preto. **Horticultura Brasileira**, v.16, n.2, p136-139, 1998.

SANDERS, D. C. **Fresh market tomato production piedmom and castal plain of North Carolina**. A North Caroline College of Agriculture and Scienses, 2001. 3p. (Horticulture information leaflet 28).

SANDERS, D. C.; HOWELL, T. A.; HILE, M. M. S.; HODGES, L.; MEEK, D.; PHENE, C. J. Yield and quality of processing tomatoes in response to irrigation rate and schedule. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 114, p. 904-908. 1989.

SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C.; CRUZ, O. C. da. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Revista Irriga**, Botucatu, v.15, n. 4, p.443-454, Out/Dez. 2010.

SANTANA, M. J; PEREIRA, U. C; BEIRIGO, J. D. C.; SOUZA, S. S; CAMPOS, T. M; VIEIRA, T. A. Coeficientes de cultura para o tomateiro irrigado. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 01, p.11-20, 2011.

SANTOS, G. R. dos; LEÃO, E. U.; GONÇALVES, C. G.; CARDON, C. H. Manejo da adubação potássica e da irrigação no progresso de doenças fúngicas e produtividade da melancia. **Revista Horticultura Brasileira**. v. 31, n.1, p. 36-44. 2013.

SANTOS, M. M; NORONHA, J. F. Diagnóstico da cultura do tomate de mesa no município de Goianópolis. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 31, p. 29-34, 2001.

SANTOS, R. F.; KLAR, A. E.; BRAGA, M. B. Efeitos da aplicação de N-K em irrigação por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em estufa de polietileno. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: ABID, 1998.

SCHWARZ, D.; OZTEKIN, G. B.; TUZEL, Y.; BRUCKNER, B.; KRUMBEIN, A. Rootstocks can enhance tomato growth and quality characteristics at low potassium supply. **Scientia Horticulture**, horti-4451, 2012. 10p.

SELEGUINI, A.; SENO, S.; FARIA JÚNIOR, M. J. A. Híbridos de tomateiro industrial cultivados em ambiente protegido e campo aberto. **Científica**, v.35, n.1, p.80 – 87, 2007.

- SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. C. M.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 01, p.57-64, 2011.
- SILVA, E. C.; ALVARENGA, P. P. M.; MACIEL, G. M. Avaliações físico-químicas de frutos de tomateiro em função de doses de potássio e nitrogênio, **Biosci. J.**, v. 29, n. 6, p. 1788-1795, 2013
- SILVA, E. C.; MIRANDA, J. R. P.; ALVARENGA, M. A. R. Concentração de nutrientes e produção do tomateiro podado e adensado em função do uso de fósforo, de gesso e de fontes de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.1, p.64-69, 2001
- SILVA, J. M. da; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S. de; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. F.; GOMES J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Agriambi**, v.17, n.1, p.40-46, 2013.
- SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A.; MORETTI, C. L.; SILVA, H. R. Fontes e doses de nitrogênio na fertirrigação por gotejamento do tomateiro. In: Workshop Tomate na Unicamp, 2003, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2003. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/tomates/pdfs/wrktom015.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2012.
- SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: FARIA, M. A de; SILVA, E. L. da.; VILELA, L. A. A.; SILVA, A. M. da (Ed.). **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: UFV/SBEA, 1998. p. 311-348.
- SILVA, V. J; TEODORO, R. E. F; CARVALHO, H. P. MARTINS, A. D; LUZ, J. M. Q. Resposta da cenoura a diferentes lâminas de irrigação. **Biosci Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 06, p.954-963, 2011.
- SINGH, A. K.; SHARMA, J. P.; SINGH, R. K. Effect of variety and level of nitrogen on fruit quality of tomato hybrid (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Journal of Research - Birsa Agricultural University**, v.12, p.205-208, 2000.
- SINGH, V.N. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potash on aphid infestation and yield of mustard. **Indian Journal of Entomology**. v. 57, n.1, p.18-21, 1995.
- SINGH, R. V. Response of rainy-season tomato to N and P fertilizers, and plant spacing in the Eastern Plateau region. **Indian Journal of Horticulture**, v. 60, p.79-83, 2003.
- SOARES, L. A. dos A.; LIMA, G. S. de; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. da S.; ARAÚJO, T. T. de. Crescimento do tomateiro e qualidade física dos frutos sob estresse hídrico em ambiente protegido. **Revista Verde**, v. 6, n.3, p.203-212, 2011.
- SOBREIRA, F. M.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; CARVALHO, J. G. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio adensado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n.1, p.9-16, 2011.
- SOCOL, O. J. Quimigação - Vantagens e adequações. Disponível em: <<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=94>>. Acesso em: 27 ago. 2012.

SOUSA, A de. A.; GRIGIO, M. L.; NASCIMENTO, C. R do; SILVA, A. C. D da S.; REGO, E. R do; REGO, M. M do. Caracterização química e física de frutos de diferentes acessos de tomateiro em casa de vegetação. **Revista Agroambiente**, v.5, n. 2, p.113-118, 2011.

SOUSA, A. E. C.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. H. C.; SANTOS, F. S. S. Produtividade do meloeiro sob lâminas de irrigação e adubação potássica. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 2, p.271-278, 2010.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In:_____. **Fertilidade do solo**. 1 ed. Viçosa: SBCS, 2007. cap. 10.p. 206-232.

SOUSA, G. G de; AZEVEDO, B. M. de; OLIVEIRA, J. R. R. de; MESQUITA, T. de O.; VIANNA, T. V. A.; do Ó, L. M. G. Adubação potássica aplicada por fertirrigação e pelo método convencional na cultura do amendoim. **Revista Agriambi**. v. 17, n. 10, p.1055-1060, 2013.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. **Nitrogênio**. In: Nutrição Mineral de plantas. Editor Manlio Silvestre Fernandes. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.

TASSO JR., L. C.; MARQUES, M. O.; NOGUEIRA, G. A. L. **A cultura do amendoim**. 1. ed. Jaboticabal: UNESP, 2004. 218 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4º ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.819p.

VALENCIA, J.; BIECHE, B.; BRANTHOME, X. Effect of fertilizers on fruit quality of processing tomatoes. **Acta Horticulturae**, v. 613, p.89-93, 2003.

VANZONEN, P. (Ed.) **Analytical methods for pesticide residues in foodstuffs**. 6th ed. Netherlands: Ministry of Public Health, Welfare and Sport, 1996. part 1, p.4.

VASCONCELOS, D. V.; SOUSA, V. F.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; SOUSA, G. G.; JÚNIOR, J. A. H. C. interação entre níveis de irrigação e fertirrigação potássica na cultura do maracujazeiro. **Revista Irriga**, v. 18, n. 1, p. 160-170, 2013.

VISKELIS, P.; JANKAUSKIENE, J.; BOBINAITE, R. Content of carotenoids and physical properties of tomatoes harvested at different ripening stages. In: BALTIC CONFERENCE ON FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY, 3., 2008 , Jelgava. **Anais...** Jelgava: FOODBALT, 2008. p. 166–170.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G. A. **Irrigação localizada**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997. 184 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 36).

VIEIRA, R. F. Introdução à quimigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação**: Aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994. p. 13-40.

VIANA, P. A.; BRITO, R. A. L.; PINTO, N. F. J. A.; PITTA, G. V. E.; KARAM, D. **Quimigação na cultura do milho**. Sete Lagoas, Minas Gerais. MAPA. 2002. 17p (Circular Técnica, 18).

WANG, F.; KANG, S.; DU, T.; LI, F.; QIU, R. Determination of comprehensive quality index for tomato and its response to different irrigation treatments. **Agriculture Water Management**, v. 98, p.1228-1238, 2011.

WARNER, J.; ZHANG, T. Q.; HAO, X. Effects of nitrogen fertilization on fruit yield and quality of processing tomatoes. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 84, p. 865-871, 2004.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.

WILLS, R. B. H.; KU, V. V. V. Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green to tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 85-90, 2002.

YEMN, E. W., WILLS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, Chicago, v.57, p.508-514, 1954

YURTSEVEN, C.; KESMEZ, G. D.; UNLUKARA, A. The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central anatolian tomato species (*Lycopersicon esculantum*). **Agriculture Water Management**, v. 78, p.128-135, 2005.

ZEHLER, E.; KREIPE, H. **Potassium sulphate and potassium chloride**: Their influence on the yield and quality of cultivated plants. Switzerland: Worblaufen-Bern, 1981.108p.

ZHAO-HIU, L.; LI-HUA, J.; XIAO-LIN, L.; HARDTER, H.; WEN-JUN, Z.; YU-LAN, Z.; DONG-FEND, Z. Effect of N and K fertilizers on yield and quality of greenhouse vegetable crops. **Pedosphere**, v. 18, p.496-502, 2008.