



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

**ALFREDO MENDONÇA DE SOUSA**

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA PRODUÇÃO  
DA CULTURA DO PIMENTÃO**

**FORTALEZA**

**2022**

ALFREDO MENDONÇA DE SOUSA

MANEJO DA IRRIGAÇÃO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA PRODUÇÃO DA  
CULTURA DO PIMENTÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo.

Coorientadora: Profa. Dra. Denise Vieira Vasconcelos.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S696m Sousa, Alfredo Mendonça de.  
Manejo da irrigação e da adubação nitrogenada para produção da cultura do pimentão / Alfredo Mendonça de Sousa. – 2022.  
110 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo.  
Coorientação: Profa. Dra. Denise Vieira Vasconcelos.
1. Capsicum annum L.. 2. Déficit hídrico. 3. Eficiência do uso da água. 4. Trocas gasosas. I. Título.  
CDD 630
-

ALFREDO MENDONÇA DE SOUSA

MANEJO DA IRRIGAÇÃO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA PRODUÇÃO DA  
CULTURA DO PIMENTÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Aprovada em: 29 / 04 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Profa. Dra. Denise Vieira Vasconcelos (Coorientadora)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

---

Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. Mário de Oliveira Rebouças Neto  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

---

Prof. Dr. Carlos Newdmar Vieira Fernandes  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

---

Prof. Dr. José Bruno Rego de Mesquita  
Faculdade Terra Nordeste – FATENE

À Deus.

À minha esposa Maria Edvânia, pelo amor e todo apoio durante toda essa trajetória.

Aos meus pais, Ana Luísa e Fernando César, pelo apoio incondicional de sempre. Às minhas Avós, Nilma e Necí, pelo amor e carinho imensurável.

Aos amigos, professores e colegas, pelo incentivo, orientações e amizade.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP, pelo apoio financeiro via bolsa de estudos.

À Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Agrícola e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela estrutura e todo apoio durante a realização do trabalho de pesquisa e atividades de ensino durante o curso.

Ao Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo, pela excelente orientação, amizade e conselhos de inestimável valor.

Aos membros da banca examinadora Denise Vieira Vasconcelos, Alexsandro Oliveira da Silva, Mário de Oliveira Rebouças Neto, Carlos Newdmar Vieira Fernandes e José Bruno Rego de Mesquita, pelo tempo, pelas valorosas colaborações e sugestões.

À minha esposa Maria Edvânia, pelo apoio incondicional em todas as fases do meu curso de doutorado, especialmente na realização do presente trabalho de pesquisa, pela sua paciência e companheirismo.

Aos amigos José Israel Pinheiro e Lucas Oliveira, pela amizade e pelos momentos de descontração e trabalhos ao longo de nossa estadia juntos em Fortaleza, durante todo curso de doutorado.

Aos meus pais, Fernando César e Ana Luíza, pelo apoio, pela paciência, carinho e boas vibrações.

Às minhas avós, Maria Nilma e Neci, pelo carinho, amor e apoio, me incentivando sempre na busca por meus objetivos.

Aos meus irmãos, Marília, Natália, Tatiana, Júlio César, Valdênia e Ana Beatriz, pelo apoio e energias positivas ao longo de minha trajetória no curso.

Aos meus colegas contemporâneos de turma, de modo muito especial, ao Danilo Nogueira, Márcio Régis e Valsérgio Barros, pela amizade, valorosos debates em aulas e trabalhos acadêmicos.

Aos colegas e amigos da Estação Agrometeorológica da UFC, Keivia, Krishna, Anderson, Fernanda, Arnaldo e Paulo, pelos momentos de descontração e apoio em atividades de campo.

Ao servidor da Universidade Federal do Ceará, Kleyton Chagas, pelo fornecimento de materiais de apoio à realização do experimento em campo.

Ao servidor terceirizado da UFC, Weverton Vieira, pelo imenso apoio em todas as atividades de campo e pela sua amizade.

Ao Departamento de Ciências do Solos, pelo apoio na realização de análises laboratoriais e outras atividades inerentes ao trabalho de pesquisa realizado.

A todos os demais professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelos conhecimentos repassados em disciplinas ao longo do curso.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

Albert Einstein

## RESUMO

O pimentão (*Capsicum annum* L.) é uma cultura amplamente cultivada e comercializada em todo mundo, destacando-se também no mercado agrícola brasileiro, onde possui grande importância econômica e social. Em termos agronômicos, a cultura caracteriza-se por ser muito sensível a variações hídricas no ciclo de cultivo e bastante exigente em termos nutricionais, necessitando de especial atenção ao manejo da adubação e irrigação para a obtenção de altas produtividades. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o crescimento, produtividade, trocas gasosas, eficiência do uso da água e estado nutricional da cultura do pimentão em função do manejo do déficit hídrico e da adubação nitrogenada. Foram realizados dois experimentos na Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. No experimento 1 o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos, quatro repetições e parcelas constituídas por duas plantas. Os tratamentos consistiram na reposição da demanda hídrica da cultura do pimentão nas fases fenológicas I, II, III e IV, da seguinte forma (em termos percentuais da ETc): T1 – 100%/I, 100%/II, 100%/III e 100%/IV; T2 – 100%/I, 75%/II, 100%/III e 75%/IV; T3 – 100%/I, 75%/II, 75%/III e 75%/IV; T4 – 100%/I, 75%/II, 75%/III e 50%/IV; T5 – 100%/I, 50%/II, 75%/III e 50%/IV; T6 – 100%/I, 50%/II, 50%/III e 50%/IV; T7 – 100%/I, 50%/II, 50%/III e 25%/IV. No experimento 2, avaliou-se dois métodos de adubação nitrogenada (convencional e fertirrigado) e cinco doses de N (0, 240, 480, 720 e 960 kg ha<sup>-1</sup>), em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial (2 x 5) e parcelas constituídas por duas plantas. O manejo da irrigação conforme T2, T3 e T4 não reduziu a expressão de ampla maioria das variáveis vegetativas e trocas gasosas, em relação à T1. O déficit hídrico aplicado conforme T2 pode ser empregado sem redução significativa da produtividade, proporcionando 12,7% de economia de água em relação à T1. T1 e T2 proporcionaram os maiores valores de eficiência do uso da água. Com relação ao experimento 2, não houve interação entre os fatores testados, e os métodos de adubação influenciaram de forma significativa somente a massa média de frutos (convencional > fertirrigado). As doses de N influenciaram todas as variáveis de crescimento e pós-colheita, com exceção dos sólidos solúveis. Os parâmetros fisiológicos e o teor foliar de N foram influenciados de forma significativa pelas doses de N. A produtividade foi ajustada em um modelo polinomial quadrático em função das doses de N, com média máxima estimada em 13,05 t ha<sup>-1</sup> na dose ótima de 615 kg ha<sup>-1</sup> de N. Conclui-se que os manejos da irrigação realizados conforme T1 e T2 são os mais recomendados para o

cultivo do pimentão em condições de campo e que a dose de 615 kg ha<sup>-1</sup> de N proporciona a produtividade máxima da cultura.

**Palavras-chave:** *Capsicum annum* L.; déficit hídrico; eficiência do uso da água; trocas gasosas.

## ABSTRACT

Bell pepper (*Capsicum annum* L.) is a culture widely cultivated and commercialized worldwide, also standing out in the Brazilian agricultural market, where it has great economic and social importance. In agronomic terms, the crop is characterized by being very sensitive to water variations in the cultivation cycle and quite demanding in nutritional terms, requiring special attention to the management of fertilization and irrigation to obtain high yields. In view of the above, the objective was to evaluate the growth, productivity, gas exchange, water use efficiency and nutritional status of the pepper crop as a function of the management of water deficit and nitrogen fertilization. Two experiments were carried out at the Federal University of Ceará, Fortaleza, CE. In experiment 1, the experimental design was completely randomized, with seven treatments, four replications and plots consisting of two plants. The treatments consisted of replacing the water demand of the pepper crop in the phenological phases I, II, III and IV, as follows (in percentage terms of ETc): T1 – 100%/I, 100%/II, 100%/III and 100%/IV; T2 - 100%/I, 75%/II, 100%/III and 75%/IV; T3 - 100%/I, 75%/II, 75%/III and 75%/IV; T4 - 100%/I, 75%/II, 75%/III and 50%/IV; T5 - 100%/I, 50%/II, 75%/III and 50%/IV; T6 - 100%/I, 50%/II, 50%/III and 50%/IV; T7 - 100%/I, 50%/II, 50%/III and 25%/IV. In experiment 2, two nitrogen fertilization methods (conventional and fertigated) and five N rates (0, 240, 480, 720 and 960 kg ha<sup>-1</sup>) were evaluated in a completely randomized design, with four replications, in a factorial (2 x 5) and plots consisting of two plants. Irrigation management according to T2, T3 and T4 did not reduce the expression of the vast majority of vegetative variables and gas exchange, in relation to T1. The water deficit applied according to T2 can be used without significant reduction in productivity, providing 12,7% of water savings compared to T1. T1 and T2 provided the highest water use efficiency values. Regarding experiment 2, there was no interaction between the factors tested, and the fertilization methods significantly influenced only the average fruit mass (conventional > fertigated). N doses influenced all growth and post-harvest variables, with the exception of soluble solids. Physiological parameters and leaf N content were significantly influenced by N rates. Yield was adjusted in a quadratic polynomial model as a function of N rates, with a maximum estimated average of 13.05 t ha<sup>-1</sup> at the optimal rate. of 615 kg ha<sup>-1</sup> of N. It is concluded that the irrigation managements carried out according to T1 and T2 are the most recommended for the cultivation of sweet pepper in field conditions and that the dose of 615 kg ha<sup>-1</sup> of N provides the productivity maximum of culture.

**Keywords:** *Capsicum annum* L.; water deficit; water use efficiency; gas exchange.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Dados diários de temperatura do ar e umidade relativa (A), velocidade do vento (B), precipitação e evapotranspiração de referência estimada pelo método do tanque Classe A (C) durante o experimento com pimentão Cascadura Ikeda, em Fortaleza, Ceará, Brasil. .... 37
- Figura 2 - Croqui do sistema de irrigação e distribuição dos tratamentos em campo no experimento em Fortaleza, Ceará, Brasil. .... 39
- Figura 3 - Bandejas com mudas (A), planta com 17 cm de altura aos 33 DAS (B), iniciação floral aos 55 DAS (C) e frutificação aos 85 DAS (D) no pimentão Cascadura Ikeda cultivado em campo em Fortaleza, Ceará, Brasil. .... 40
- Figura 4 - Aferição de área foliar utilizando medidor modelo 6400-40 da LI-COR em folhas da cultura do pimentão. .... 42
- Figura 5 - Aferição do índice relativo de clorofila (Índice SPAD) em plantas de pimentão cultivadas em campo em Fortaleza, Ceará, Brasil. .... 42
- Figura 6 - Aferição de variáveis fisiológicas utilizando um analisador de gás infravermelho (IRGA, Mod. Li-COR® 6400 XT) em plantas de plantas de pimentão cultivadas em campo em Fortaleza, Ceará, Brasil. .... 44
- Figura 7 - Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para Produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) do pimentão, cultivar Cascadura Ikeda, em função de diferentes déficits hídricos variáveis dentre os estádios de desenvolvimento da cultura (identificação dos tratamentos conforme tabela 1). .... 50
- Figura 8 - Eficiência do uso da água ( $kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$ ) do pimentão, cultivar Cascadura Ikeda, em função de diferentes déficits hídricos variáveis dentre os estádios de desenvolvimento da cultura (identificação dos tratamentos conforme tabela 1). .... 51
- Figura 9 - Teste de Tukey para a variável índice SPAD no pimentão, cultivar Cascadura Ikeda, em função de diferentes déficits hídricos variáveis dentre os estádios de desenvolvimento da cultura (identificação dos tratamentos conforme tabela 1). .... 53
- Figura 10 - Teste de Tukey para taxa de fotossíntese líquida (A), transpiração (B), condutância estomática (C) e concentração interna de  $CO_2$  (C) em pimentão sob déficits hídricos (identificação dos tratamentos conforme tabela 1). .... 55

Figura 11 - Teste de Tukey para a variável eficiência instantânea de carboxilação na cultura do pimentão, cultivar Cascadura Ikeda, em resposta à aplicação de diferentes déficits hídricos variáveis dentre os estádios de desenvolvimento da cultura (identificação dos tratamentos conforme tabela 1).....	56
Figura 12 - Etapas de preparação da área experimental: roçagem (A), aração (B), gradagem (C) e área preparada com as plantas distribuídas (D).....	67
Figura 13 - Croqui da disposição dos tratamentos em campo (C – adubação convencional; F – Adubação fertirrigada; d0 – sem adubação; d1 – 240 kg ha <sup>-1</sup> de N; d2 – 480 kg ha <sup>-1</sup> de N; d3 – 720 kg ha <sup>-1</sup> de N; e d4 – 960 kg ha <sup>-1</sup> de N).....	68
Figura 14 - Detalhes do sistema de irrigação. Em A, motobomba utilizada no experimento; em B, recalque do sistema de irrigação; em C, detalhe do emissor da linha lateral; em D, visão geral do sistema de irrigação; e em E, linha lateral e muda de pimentão em campo. ....	69
Figura 15 - Aferição do diâmetro do caule (A) e altura (B) em plantas de pimentão cultivado em campo em Fortaleza, Ceará, Brasil. ....	70
Figura 16 - Altura das plantas de pimentão em função de doses de nitrogênio. ....	73
Figura 17 - Diâmetro do caule em pimentão Cascadura Ikeda em função de doses de nitrogênio.....	74
Figura 18 - Resposta da variável área foliar à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.....	75
Figura 19 - Resposta da variável MSPA (massa seca da parte aérea) à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.....	76
Figura 20 - Resposta da variável NFP (número de frutos por planta) à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.....	78
Figura 21 - Resposta da variável comprimento do fruto à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.....	79
Figura 22 - Resposta da variável diâmetro do fruto à diferentes doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.....	80
Figura 23 - Resposta da variável massa média do fruto à diferentes métodos de adubação (A) e doses de nitrogênio (B) na cultura do pimentão Cascadura Ikeda. DMS: 2,02, teste de Tukey, P < 0,05. ....	81
Figura 24 - Resposta da variável produtividade à doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.....	82

Figura 25 - Resposta da variável Índice SPAD à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.....	84
Figura 26 - Resposta da variável fotossíntese líquida à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.....	85
Figura 27 - Resposta da variável transpiração à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.....	86
Figura 28 - Resposta da variável condutância estomática à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.....	87
Figura 29 - Resposta da variável concentração interna de CO <sub>2</sub> à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.....	88
Figura 30 - Resposta da variável eficiência instantânea de carboxilação à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.....	89
Figura 31 - Resposta da variável teor de N foliar em função de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.....	91

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Tratamentos avaliados no experimento. ....	39
<b>Tabela 2</b> - Lâminas acumuladas ao longo do ciclo de cultivo por fases de crescimento em pimentão.....	41
<b>Tabela 3</b> - Resumo da análise de variância e teste de médias para as variáveis de crescimento vegetativo do pimentão cultivado em campo, em Fortaleza, Ceará, Brasil. ....	45
<b>Tabela 4</b> - Resumo da análise de variância e teste de comparação de médias para as variáveis de crescimento reprodutivo do pimentão ( <i>Capsicum annuum</i> L. cv. Cascadura Ikeda) cultivado em campo, em Fortaleza, Ceará, Brasil. ....	47
<b>Tabela 5</b> - Resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas do pimentão cultivado em campo, em Fortaleza, Ceará, Brasil. ....	52
<b>Tabela 6</b> - Características físicas e químicas do solo da área experimental. ....	67
<b>Tabela 7</b> - Resumo da análise de variância para variáveis altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e massa seca de parte aérea (MSPA) do pimentão Cascadura Ikeda cultivado em campo em função das doses e formas de aplicação do nitrogênio.....	72
<b>Tabela 8</b> - Resumo da análise de variância para as variáveis número de frutos por planta (NFP), sólidos solúveis (SS), comprimento (CF), diâmetro (DF) e massa média de frutos (MF) do pimentão em função das doses e métodos de adubação. ....	77
<b>Tabela 9</b> - Resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas do pimentão cultivado em campo, em Fortaleza, Ceará, Brasil. ....	83
<b>Tabela 10</b> - Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P K, Ca e Mg do pimentão Cascadura Ikeda cultivado em campo em função das doses e formas de aplicação do nitrogênio.....	90

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Hipóteses</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2.1</b>	<i>Objetivo geral</i> .....	<b>17</b>
<b>1.2.2</b>	<i>Objetivo geral</i> .....	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>A cultura do Pimentão</b> .....	<b>19</b>
<b>2.2</b>	<b>Agricultura irrigada</b> .....	<b>21</b>
<b>2.2.1</b>	<i>Manejo da irrigação</i> .....	<b>21</b>
<b>2.2.2</b>	<i>Deficiência hídrica</i> .....	<b>22</b>
<b>2.3</b>	<b>Adubação nitrogenada na agricultura</b> .....	<b>24</b>
<b>2.4</b>	<b>Quimigação (fertirrigação)</b> .....	<b>25</b>
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO 2 - MANEJO DO DÉFICIT HÍDRICO NA PRODUÇÃO IRRIGADA DA CULTURA DO PIMENTÃO</b> .....	<b>33</b>
<b>3.1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>35</b>
<b>3.2</b>	<b>Material e Métodos</b> .....	<b>37</b>
<b>3.3</b>	<b>Resultados e Discussão</b> .....	<b>45</b>
<b>3.4</b>	<b>Conclusões</b> .....	<b>57</b>
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO 3 - MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DA CULTURA DO PIMENTÃO</b> .....	<b>62</b>
<b>4.1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>64</b>
<b>4.2</b>	<b>Material e Métodos</b> .....	<b>66</b>
<b>4.3</b>	<b>Resultados e Discussão</b> .....	<b>72</b>
<b>4.3</b>	<b>Conclusões</b> .....	<b>91</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	<b>98</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>99</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é pertencente à família das solanáceas e tem como centro de origem a América tropical. Dentre as características da cultura podem-se citar seu crescimento arbustivo e a presença de caule semilenhoso, observando-se ramificações até o final do ciclo de cultivo. Embora existam variações entre as cultivares, as suas folhas são descritas como simples, lanceoladas ou ovaladas. Com relação às flores, estas são isoladas, pequenas, brancas e hermafroditas (MACHUCA, 2018; MORTATE *et al.*, 2018).

Os frutos do pimentão têm por característica a ocorrência de grande diversidade tanto em cores, como em formas e sabores, podendo serem encontrados frutos de coloração verde, vermelha, amarela, laranja e até lilás, conforme a variedade cultivada e o estágio de maturação do fruto. As inúmeras aplicações culinárias fazem do pimentão um fruto de amplo consumo em diversas regiões do Brasil, sendo consumidos verdes ou maduros, destacando-se, todavia, que 70% do consumo se dá no estágio verde de maturação (SANTOS *et al.*, 2013; SEDIYAMA, 2014).

A cultura é amplamente cultivada em todo território brasileiro e está entre as dez culturas de maior importância econômica do país, ocupando a terceira posição dentre as solanáceas, sendo superada, em termos de produção, apenas por tomate e batata. Alguns aspectos inerentes à produção do pimentão fazem desta uma cultura interessante do ponto de vista econômico, como a possibilidade de rápido retorno financeiro, espaço reduzido entre as colheitas e um amplo mercado consumidor (MORTATE *et al.*, 2018; OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2018).

A cultura do pimentão é altamente exigente do ponto de vista nutricional; uma vez que a produção ocorre de forma contínua até o final do ciclo e as colheitas ocorrem em intervalos curtos, a reposição de nutrientes ao ambiente de cultivo torna-se fator preponderante para o sucesso da produção, visando-se sempre o incremento de produtividade na cultura e salientando-se que a utilização contínua e indiscriminada desses insumos podem causar efeitos negativos ao solo e, conseqüentemente, reduzir a produção do pimentão e outras culturas de interesse agrícola (BERTOLLO *et al.*, 2015).

Uma vez que se constitui em um dos principais fatores para obtenção de êxito na em sistemas de produção agrícola, a adubação nitrogenada é um dos principais temas de estudo no campo científico agropecuário, cujas pesquisas objetivam buscar aumentar a eficiência no uso desse nutriente na planta. A necessidade de aumentar a eficiência na utilização do nitrogênio tornar-se ainda maior, conforme Malavolta (2006), pelo fato de grande parte do

nitrogênio do solo encontrar-se na forma orgânica, e desta forma, indisponível às plantas.

As grandes perdas de N por volatilização da amônia e desnitrificação (no caso da utilização de ureia como fonte de N, produto geralmente mais utilizado para este fim) constituem-se em outro fator relevante que justifica o estudo da eficiência da adubação nitrogenada na agricultura; tais fatores ocasionam perdas que variam de 20 a 70% da ureia aplicada (NAUZ; SULAIMAN, 2016). Trabalhos nessa linha podem ser verificados em Nunes Júnior *et al.* (2017) e Oliveira *et al.* (2013).

Não obstante a exigência em termos nutricionais da cultura, a mesma possui elevada sensibilidade a variações hídricas no ambiente de cultivo, de modo que o excesso no fornecimento de água favorece a ocorrência de doenças, e o déficit hídrico pode ocasionar reduções significativas nos níveis de produtividade em decorrência do abortamento de flores, desequilíbrios nutricionais e fisiológicos e abscisão de frutos, por exemplo (CARVALHO *et al.*, 2016; MATOS FILHO *et al.*, 2020).

A gestão da quantidade de água aplicada nos cultivos agrícolas ultrapassa os aspectos econômicos da produção, podendo constituir-se também em vantagens ambientais e sociais. Nesse cenário, os pesquisadores e produtores agrícolas estão diante de um grande desafio, que é aumentar o rendimento das culturas mantendo ou reduzindo o suprimento hídrico às mesmas (SOUZA *et al.*, 2019).

A quantidade de água a ser aplicada no cultivo depende de parâmetros meteorológicos locais, de aspectos genéticos inerentes à cultivar utilizada, duração do ciclo de cultivo, de características técnicas do sistema de irrigação instalado na área e do ambiente de cultivo, o qual pode ser realizado em ambiente protegido (casa de vegetação) ou em campo, de modo que a demanda hídrica pode variar de 450 mm a 650 mm (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2008). Reposições hídricas da ordem de 600 a 900 mm já foram relatadas para a cultura do pimentão (ALBUQUERQUE *et al.*, 2012), podendo-se chegar a 1250 mm para cultivares de ciclos mais longos (DOORENBOS e KASSAM, 1994).

No âmbito de pesquisas que visam obter ganhos de rendimentos das culturas e redução no consumo de água, um conceito bastante abordado é o de eficiência do uso da água, que expressa a relação entre a produtividade e a quantidade de água necessária para obter tal produção (SILVA *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2014).

Algumas estratégias tem sido empregadas visando aumentar a eficiência do uso da água nos cultivos agrícolas, dentre as quais pode-se citar a irrigação com secamento parcial do sistema radicular (PRD) e a irrigação com déficit hídrico controlado (RDI) (SANTOS *et al.*, 2014; CHAI *et al.*, 2016; SANTOS e BRITO, 2016).

Diante do exposto, o estudo do desenvolvimento da cultura do pimentão sob diferentes níveis de adubação nitrogenada aplicados via fertirrigação e de forma convencional, assim como a aplicação de níveis variados de déficit hídrico, conforme os estádios fenológicos da cultura, possuem grande relevância no contexto da constante busca pela otimização da utilização dos insumos de produção assim como é preponderante no contexto da preservação dos recursos hídricos na agricultura, fornecendo dados relevantes e promovendo a inovação e o desenvolvimento sustentável na produção agrícola em um contexto amplo.

## **1.1 Hipóteses**

O déficit hídrico na cultura do pimentão, com diferentes intensidades nos estádios fenológicos da cultura, proporcionará diferentes níveis de desenvolvimento das plantas, dada a demanda variável de água ao longo de seu crescimento.

A aplicação de diferentes doses de fertilização nitrogenada na cultura do pimentão, assim como a forma de aplicação dos adubos (via água de irrigação ou aplicação convencional), influenciam o desenvolvimento desta cultura, possibilitando encontrar a relação dose x método que maximiza a produtividade em condições de campo.

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo geral***

Analisar o desenvolvimento da cultura do pimentão submetida a condições de déficit hídrico variável em função dos estádios fenológicos e à diferentes níveis de adubação nitrogenada sob manejo convencional e fertirrigado.

### ***1.2.2 Objetivo geral***

Estabelecer a relação Déficit hídrico x Estádio fenológico que proporciona os melhores índices de desenvolvimento da cultura do pimentão.

Avaliar os parâmetros agronômicos e fisiológicos do pimentão em resposta ao déficit controlado em função do estágio fenológico da cultura.

Verificar o efeito de diferentes níveis de adubação nitrogenada sob dois manejos de aplicação, convencional e fertirrigado, sobre o desenvolvimento da cultura do pimentão.

## 2 CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do Pimentão

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) constitui-se em uma planta oriunda do continente americano, desde a Região localizada ao Sul dos Estados Unidos até o Norte do Chile, conforme Filgueira (2008). Segundo este mesmo autor, o cultivo do pimentão já era praticado por povos indígenas da América antes da colonização espanhola. Na Espanha, a cultura foi introduzida somente em 1493, sendo, posteriormente, difundida para outros países da Europa, Ásia e África. Segundo Reifschneider (2000) a introdução da cultura do pimentão no Brasil se deu inicialmente no estado de São Paulo, nos municípios de Mogi das Cruzes e Suzano.

Segundo Melo (1997), a variabilidade genética dentro do gênero *Capsicum* é bastante elevada, com ampla distribuição geográfica. Seu consumo, apreciado em praticamente todo planeta, cresceu de forma significativa nos últimos anos, e muito desse aumento deve-se ao conhecimento de seu conteúdo nutricional, que segundo Reifschneider (2000) e Moreira (2012), é rico em vitaminas (A, B1, B2, C e E), proteínas, glicídios, lipídios, minerais, carotenóides e fibras que auxiliam no processo de digestão e também previnem problemas intestinais. Reifschneider (2000) salienta ainda que os frutos, possivelmente, constituíram-se nos primeiros aditivos aplicados com fins de preservação de alimentos nas antigas civilizações da América, além de proporcionarem benefícios no que se refere ao sabor e ao aroma.

O pimentão é classificado botanicamente conforme segue: Divisão - *Spermatophyta*; Subdivisão - *Angiosperma*; Subclasse - *Malvales-Tubiflorae*; Ordem - *Solanales*; Família - *Solanaceae*; Gênero - *Capsicum*; Espécie - *Capsicum annuum*. A família *Solanaceae*, abrange onze gêneros que ocorrem em regiões de clima temperado e tropical (CASALI; COUTO, 1984). Conforme Nuez, Ortega e Garcia (1996), a classificação taxonômica dentro do gênero *Capsicum* é bastante complexa, devido, principalmente, à grande variabilidade de formas existentes nas espécies cultivadas. Atualmente, reconhecem-se cinco espécies cultivadas, são elas: *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* e *C. pubescens*. A espécie *C. annuum*, que é mais utilizada comercialmente, apresenta a maior variabilidade dentre todas as espécies, contendo os pimentões, algumas cultivares de pimentas e cultivares ornamentais.

Conforme Filgueira (2008), o pimentão é uma planta de crescimento arbustivo,

considerada perene, no entanto cultivada predominantemente como cultura anual. Outros autores se dedicaram a descrição botânica e morfológica da cultura do pimentão, como Goto e Rossi (1997), por exemplo, que descrevem o pimentão como uma planta que atinge, em média, uma altura de 0,5 a 2,5 m, possuindo características de planta tropical, desenvolvendo-se de maneira satisfatória em temperaturas entre 25 e 28 °C. Estes mesmos autores afirmam que a raiz principal desta planta pode chegar de 0,3 a 0,6 m. Outras características marcantes da cultura do pimentão são a presença de folhas ovaladas alternadas na haste, com ápice agudo na parte terminal e coloração verde brilhante e a presença de flores hermafroditas que se localizam imediatamente abaixo da folha, numa região chamada axila. O fruto é a parte comercializada da cultura, sendo caracterizado, conforme Gázquez (2006), como uma estrutura oca de pericarpo espesso e succulento, sendo as sementes armazenadas em um tecido placentário.

Marcussi e Bôas (2003) destacam que a cultura se caracteriza pela possibilidade de obtenção de rápido retorno econômico, dado o curto período para o início da produção. Este aspecto constitui-se em uma das principais razões para que a cultura seja largamente cultivada entre pequenos e médios horticultores que visam obter rápido retorno de investimento.

O pimentão apresenta resultados satisfatórios tanto em cultivos em campo aberto, quanto sob cultivo protegido, em estufas. É importante salientar que embora na primeira modalidade de cultivo obtenham-se índices inferiores no que se refere à produtividade e qualidade do fruto, em relação ao cultivo protegido, a maioria das áreas com esta cultura no Brasil são cultivadas sob esse modelo. Factor *et al.* (2008) afirmam que além de maior produtividade e qualidade do fruto, o cultivo em ambiente protegido possibilita a produção fora das áreas típicas de cultivo. Cerqueira-Pereira *et al.* (2007) afirmam que uma desvantagem desse modelo de cultivo é o alto custo de implantação e o maior tempo requerido para a maturação de frutos, mas que, todavia, o maior valor agregado do produto comercial obtido pode justificar o emprego desse sistema mesmo com maior custo de produção.

No contexto de sistemas de produção da cultura do pimentão, um aspecto fundamental, principalmente no que se refere à produção na região Nordeste do Brasil, é a irrigação. A escolha e adequado manejo do sistema de irrigação, portanto, constitui-se em importante fator de produção da cultura do pimentão, sendo recomendada a utilização de sistemas de irrigação localizada do tipo gotejamento. Este sistema caracteriza-se por aplicar água de forma pontual, formando-se uma área circular em superfície e uma região molhada

em forma de bulbo próximo ao sistema radicular da cultura, apresentando ainda a vantagem de não molhar a parte aérea das plantas, aspecto positivo no que refere à sanidade do cultivo (MANTOVANI, 2009).

O solo ideal para o cultivo do pimentão, em termos gerais, é o solo de textura média, profundo e bem drenado. De maneira semelhante às demais culturas agrícolas, para o crescimento vegetativo e produção satisfatórios, a cultura do pimentão exige a aplicação de determinadas quantidades de nutrientes que variam de acordo com o estado fenológico da cultura e da fertilidade natural do solo, sendo a deficiência de qualquer dos elementos considerados essenciais, aspecto limitante para o pleno desenvolvimento e produção da cultura (PRADO, 2008).

## **2.2 Agricultura irrigada**

### ***2.2.1 Manejo da irrigação***

O manejo adequado da irrigação refere-se à técnica de se aplicar água ao solo no momento correto e em quantidade suficiente para atender a demanda da cultura cultivada, de modo a obter-se o máximo de produtividade associada com economia de água e energia (MONTEIRO *et al.*, 2006). Miranda e Pires (2003) afirmam que o adequado manejo da irrigação, é fator de grande relevância para que os objetivos da prática de irrigação possam ser atingidos, tais como maximização da produção, economia de recursos e aplicação eficiente de água.

Conforme Bernardo *et al.* (2006) o planejamento em um projeto de irrigação, tanto no dimensionamento quanto no manejo, é fator fundamental para a obtenção de níveis satisfatórios de produtividade e qualidade da produção, sendo necessário, dentro desse contexto, a utilização de conhecimentos acerca das relações solo-água-planta-atmosfera para o adequado plano de manejo da irrigação no cultivo. Na região Nordeste, Saraiva *et al.* (2013) afirmam que o manejo da irrigação, de um modo geral, não é adequado, geralmente aplicando-se mais água do que a necessidade da cultura, ocasionando desperdício significativo de água, fator de produção escasso na região.

No sistema solo-planta-atmosfera, a transpiração é o principal processo gerador de fluxo de água, uma vez que a perda de água da planta para a atmosfera ocasiona uma redução no potencial hídrico desta, que se torna mais negativo que o potencial hídrico do solo, criando-se, desta forma, um gradiente que favorece o fluxo de água do solo em direção à zona

radicular (PIMENTEL, 2004). Taiz e Zeiger (2013) afirmam que os estômatos são os responsáveis pelo controle da dinâmica do fluxo de água nesse sistema, pois são estruturas sensíveis à variação de potencial hídrico tanto do solo como da atmosfera.

O manejo da irrigação pode ser realizado adotando-se parâmetros da planta, do solo ou atmosfera. Segundo Martins *et al.* (2007), o manejo da irrigação via planta pode ser realizado pela avaliação do estado hídrico da cultura por meio da medida da temperatura foliar, potencial de águas nas folhas, entre outras avaliações. O manejo via solo, segundo o mesmo autor, considera a umidade do solo em que o sistema radicular está se desenvolvendo. O monitoramento da umidade do solo pode ser realizado por meio de tensiômetros, sondas de nêutron, entre outros dispositivos. O manejo via clima pode ser realizado repondo-se a água consumida pela cultura desde a última irrigação realizada. Nesse sentido, esforços têm sido realizados na busca de tecnologias que possibilitem a estimativa da evapotranspiração, como lisímetros e estimativas à base de dados climatológicos, conduzindo a uma estimativa adequada da demanda de água pela cultura e para a execução do manejo eficiente da irrigação (LACERDA; TURCO, 2015).

Na cultura do pimentão, aspectos relacionados ao processo de irrigação, quando adotados sem planejamento, podem promover condições que ocasionam abortamento de flores e a ocorrência ou agravamento de problemas fitossanitários. Esses fatores são considerados os principais limitantes da produção comercial dessa cultura (PATENÉ; CONSENTINO, 2010). Esse contexto explicita a necessidade de um adequado gerenciamento da prática de irrigação para a obtenção de elevado rendimento técnico e econômico da cultura.

### **2.2.2 Deficiência hídrica**

A água é um dos principais recursos requeridos para o desenvolvimento vegetal, constituindo-se em fator limitante para a produção agrícola (PINTO; TÁVORA; PINTO, 2014), sendo o seu excesso ou deficiência, promotores de efeitos negativos sobre o crescimento das plantas, com potencial de redução drástica dos níveis de produtividade. Neste cenário, a deficiência hídrica é considerada um dos principais entraves ao aumento da produtividade agrícola em todo mundo, interferindo em todos os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas (ALVES, 2013; REDDY; CHAITANYA; VIVEKANANDAN, 2004; SANTOS; CARLESSO, 1998).

O estabelecimento de um cenário de déficit hídrico se dá pela indisponibilidade de água no solo ou pela presença de conteúdo de água neste, mas em quantidade inferior à

demanda da cultura nele cultivada, ou ainda em uma situação em que mesmo com água disponível no solo, a planta encontra-se incapaz de absorver em quantidade e velocidade suficientes para atender a demanda da atmosfera.

Em uma situação de déficit hídrico, caracteres fisiológicos e morfológicos da cultura sofrem alterações. Nesse aspecto, Bergamaschi *et al.* (2006) afirmaram que o déficit hídrico causa, dentre outros efeitos, redução da área foliar, taxas fotossintéticas e outros aspectos do metabolismo da planta. Uma vez que a deficiência hídrica modifica o balanço energético do sistema, ocorre, conseqüentemente, alteração no ambiente físico das culturas. Algumas espécies apresentam adaptações evolutivas de resistência ao déficit hídrico, podendo promover o acúmulo de solutos em suas células e favorecendo a absorção de água do solo. Outra estratégia de resistência a condições de deficiência hídrica é o fechamento estomático em horário de maior demanda evaporativa, mantendo-se, desta forma, o equilíbrio hídrico celular (PIMENTEL, 2004).

A agricultura irrigada é um uso consuntivo da água, isto é, altera suas condições na medida em que é retirada do ambiente, sendo a maior parte consumida pela evapotranspiração das plantas e do solo, não retornando diretamente aos corpos hídricos. A agricultura é responsável pela maior parte do consumo consuntivo de água no Brasil, ou seja, é o setor que mais utiliza água de mananciais, sendo responsável por 67% do total desse consumo (ANA, 2017). O crescimento da população mundial e o rápido crescimento econômico conduziram a um cenário de escassez de água doce, constituindo-se em um problema fundamental e crônico para o desenvolvimento sustentável da agricultura, principalmente em regiões áridas e semiáridas (SOARES *et al.*, 2018). Este contexto de escassez hídrica, indica a necessidade cada vez maior de estudos voltados à essa temática, buscando-se compreender as adaptações das culturas agrícolas ao déficit hídrico, bem como seu potencial de crescimento quando submetidas à tal condição.

A cultura do pimentão, por se tratar de uma planta sensível ao estresse tanto por excesso como pela deficiência hídrica, tem sido objeto de estudos que visam avaliar o efeito de uma condição de estresse sobre o desenvolvimento da cultura, objetivando tanto a maximização da produção como a obtenção de economia de água no cultivo. Albuquerque *et al.* (2011) estudando o crescimento e o rendimento de pimentão fertirrigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, verificaram efeito significativo das lâminas e observaram que na menor dose de K avaliada (80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), as estimativas de maior número de frutos por planta, peso médio de frutos e produtividade, foram obtidas ao empregar-se a lâmina de irrigação equivalente a 96, 120 e 102% da ET<sub>c</sub>, respectivamente.

Silva *et al.* (2018) avaliando a resposta da cultura do pimentão submetida a lâminas de irrigação calculadas por diferentes metodologias, verificaram que a lâmina de 143% da ETC mostrou-se mais adequada em termos de produção, e que a lâmina de 105% da ETC proporcionou a maior eficiência do uso da água.

### 2.3 Adubação nitrogenada na agricultura

O nitrogênio é o elemento mineral geralmente mais requerido pelas plantas e considerado o elemento cuja deficiência constitui-se em um dos principais fatores limitantes da produção. O nitrogênio possui papel relevante no metabolismo vegetal, atuando nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando, por exemplo, a relação fonte-dreno e, conseqüentemente, a distribuição de compostos fotoassimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos (PÔRTO *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2012). O nitrogênio relaciona-se ao processo fotossintético, à respiração, desenvolvimento e atividade das raízes, influenciando, por exemplo, a absorção iônica de vários nutrientes, crescimento e desenvolvimento celular e genético (TAIZ; ZEIGER, 2013). Por atuar como componente de diversos compostos orgânicos e ainda como ativador enzimático em diversos processos vitais no metabolismo vegetal, o nitrogênio é o nutriente que causa os maiores efeitos sobre as plantas no que se refere ao seu crescimento e desenvolvimento, afetando, conseqüentemente, a produtividade das culturas (OKUMARA; MARIANO; ZACCHEO, 2011).

O nitrogênio é absorvido pelas plantas na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) e na forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ), sendo esta última a forma mais absorvida pelas raízes. Por constituir-se em um cátion, a forma  $\text{NH}_4^+$  compete com outros cátions como o  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  nos mesmos sítios de absorção. É importante destacar que quando a absorção de N se dá na forma oxidada, esta deve sofrer redução para a posterior entrada no metabolismo vegetal, isto é, reduzir-se de  $\text{NO}_3^-$  à  $\text{NH}_4^+$ , processo comum tanto às folhas quando ao sistema radicular (CASTRO *et al.*, 2005).

Após sua absorção, o nitrogênio é facilmente redistribuído via floema pela planta, sendo os sintomas de sua deficiência observados inicialmente nas folhas velhas (nutriente de alta mobilidade na planta). O nitrogênio, desta forma, afeta a longevidade das folhas, provocando senescência de folhas velhas em resposta ao deslocamento para folhas jovens (BUSATO, 2007).

Por ser um dos fatores mais limitantes para a produção agrícola, a adubação nitrogenada constitui-se em uma das práticas agrícola mais estudadas, buscando-se aumentar

a eficiência no uso desse nutriente nos cultivos. Essa necessidade é ainda maior, conforme Malavolta (2006), pelo fato de grande parte do nitrogênio do solo encontrar-se na forma orgânica, e desta forma, indisponível às plantas. Outro fator relevante no estudo da eficiência da adubação nitrogenada é a ocorrência de grandes perdas de N por volatilização da amônia e desnitrificação (no caso da utilização de ureia como fonte de N, produto geralmente mais utilizado para este fim), que ocasionam perdas que variam de 20 a 70% da ureia aplicada (NAUZ; SULAIMAN, 2016).

Diversos estudos têm sido realizados investigando o efeito de aspectos relacionados à adubação nitrogenada em cultivos agrícolas, como em Araújo *et al.* (2009) que investigaram características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido em resposta à doses de N aplicados via fertirrigação, e constataram aumento no número de frutos de qualidade superior em resposta ao aumento das doses de N.

Considerando que o nitrogênio, juntamente com o potássio, constitui-se nos nutrientes mais extraídos pela cultura do pimentão (Marcussi *et al.*, 2004; Fontes *et al.*, 2005), e as divergência sobre a exigência da cultura sob fertirrigação nitrogenada (Campos *et al.*, 2008; Araújo *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2013), ressalta-se a importância de estudos sobre este fator de produção sobre o desenvolvimento da referida cultura.

#### **2.4 Quimigação (fertirrigação)**

A quimigação consiste em uma técnica de aplicação de produtos, químicos ou biológicos, concomitantemente à aplicação de água via sistema de irrigação, sendo comumente aplicados por esta técnica, por exemplo, fertilizantes, fungicidas, nematicidas, herbicidas, inseticidas, CO<sub>2</sub> e produtos microbiológicos (COSTA; BRITO, 1994). Segundo estes autores, resultados satisfatórios no uso da quimigação, independentemente do método de irrigação utilizado, dependem fundamentalmente dos seguintes parâmetros: 1) taxa de injeção do produto; 2) quantidade do produto a ser injetado; 3) volume do tanque de injeção; 4) dose do produto a ser aplicada; 5) concentração do produto na água de irrigação; 6) uniformidade e eficiência do sistema de irrigação, entre outros aspectos que devem ser previamente projetados e analisados para obtenção de máxima eficiência do manejo da quimigação. Os avanços em pesquisas e tecnologias, tanto com relação aos sistemas de irrigação como de injeção de produtos, possibilitaram uma expansão significativa do número de produtos aplicados via quimigação (CUNHA, 2001).

Dentre as vantagens de utilização dessa técnica, Cunha (2001) destaca a

uniformidade de aplicação do produto em toda área (salientando que tal condição depende do adequado dimensionamento e funcionamento do sistema de irrigação), economia, flexibilidade no planejamento das aplicações, redução na compactação do solo, redução de danos à cultura, menor exposição do operador aos produtos aplicados, entre outras. É importante destacar também, que apesar das vantagens da utilização da técnica de quimigação, esta também apresenta algumas limitações, como a necessidade de investimento inicial em infraestrutura, necessidade de mão de obra capacitada para preparação de calda e manuseio do sistema de injeção, entre outros aspectos relacionados ao manejo prático, conforme Soccol (2008).

No que se refere ao emprego desta técnica, tem-se observado a utilização cada vez maior dessa prática em sistemas pressurizados, sendo o movimento turbulento da água, característico desses sistemas, fator favorável para uma melhor distribuição do produto nas tubulações, o que conduz à obtenção de maior uniformidade de aplicação (ANDRADE; BRITO, 2006).

Dentre as subdivisões da quimigação, uma das mais comumente empregadas é a fertirrigação, que se refere à aplicação de fertilizantes e água simultaneamente por meio do sistema de irrigação (COELHO, 2003). A prática de fertirrigação proporciona algumas vantagens como menor demanda de mão de obra e menor volume de fertilizantes para a prática da adubação, maior eficiência na utilização dos nutrientes pelas plantas, devido à maior facilidade na aplicação localizada e parcelamento da aplicação, e maior uniformidade na aplicação do fertilizante (PINTO; BRITO, 2010).

Vários estudos têm sido realizados analisando a prática de fertirrigação sobre a nutrição e o desenvolvimento de culturas agrícolas, demonstrando diversos efeitos positivos sobre o desenvolvimento das plantas. Sousa *et al.* (2013), estudando a adubação potássica aplicada via fertirrigação e de forma convencional na cultura do amendoim, verificaram níveis de produtividade significativamente superior quando o potássio foi distribuído via água de irrigação. Pinto *et al.* (2011) em estudo sobre a adubação nitrogenada aplicada convencionalmente e sob fertirrigação na cultura do sorgo, obtiveram maior produtividade no manejo fertirrigado, com uma dose ótima inferior em comparação ao manejo convencional.

Na cultura do pimentão, o estudo sobre estratégias de manejo da fertirrigação também tem sido bastante estudada, exemplos de trabalhos nessa linha podem ser verificados em Oliveira *et al.* (2015), Oliveira *et al.* (2017) e Nunes Júnior *et al.* (2017).

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2017. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf> Acesso em: 04 ago. 2018.
- ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, Ê. F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; LIMA, G. S. Necessidade hídrica e coeficiente de cultivo do pimentão fertirrigado. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 4, p. 481-493, 2012.
- ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; NUNES, M. F. F. N. Crescimento e rendimento de pimentão fertirrigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 686–694, 2011.
- ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; BEZERRA NETO, E.; SOUZA, A. E. R.; SANTOS, A. N. Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 681-687, 2012.
- ALVES, G. M. R. **Variabilidade genotípica de amendoim submetido ao estresse hídrico baseada em descritores bioquímicos**. 2013. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2013.
- ANDRADE, C. L. T.; BRITO, R. A. L. **Métodos de irrigação e quimigação**. Sete Lagoas, MG. MAPA. 2006. 17 p (Circular Técnica, 82).
- ARAÚJO, J. S.; ANDRADE, A. P.; RAMALHO, C. I.; AZEVEDO, C. A. V. Cultivo do pimentão em condições protegidas sob diferentes doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 559-565, 2009.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. M. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- BERTOLLO, G. M. **Atributos biológicos e físicos do solo com uso de biofertilizante**. 2015. 84 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen-RS, 2015.
- 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.

- CAMPOS, V. B.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PRAZERES, S. S. Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão - SE, v. 8, p. 72-79, 2008.
- CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, E. C.; AQUINO, R. F. Pimentão cultivado em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 3, n. 3, p. 236-245, 2016.
- CASALI, V. W. D., COUTO, F. A. A. **Origem e botânica de *Capsicum***. Inf. Agropecuário, v. 10, n. 113, p. 8-10, 1984.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, A.; PERES, L. E. P. **Manual de fisiologia vegetal**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2005. 640 p.
- CERQUEIRA - PEREIRA, E. C. *et al.* Efeito da aplicação de etileno na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão vermelhos e amarelos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2007.
- CHAI, Q.; GAN, Y.; ZHAO, C.; XU, H.; WASKOM, M. R.; NIU, Y.; SIDDIQUE, M. H. K. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 36, p. 01-21, 2016.
- COELHO, A. M. Fertirrigação em culturas anuais produtoras de grãos. In: **Revista Trimestral da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem - ABID**. n. 58, p. 44-54, 2003.
- COSTA, E. F.; BRITO, R. A. L. Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 85-109.
- CUNHA, J. P. A. R. **Irrigação: Água e químicos**. 2001. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/artigo.asp?id=252>. Acesso em: 02 ago. 2010.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p.
- FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. A. C.; VILELLA JÚNIOR, V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 143-149, 2008.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 242 p.
- FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; GRAÇA, R. N. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 275-280, 2005.
- GAZQUEZ, R. **Manejo del pimiento em cultivo sin suelo**. ETIFA-Escuela Tecnológica de Investigación e Formación Agrícola, Españã, Almeria, 7 p. 2006.

GOTO, R.; ROSSI, F. **Cultivo de Pimentão em Estufas – Manual N°095**. Viçosa: CPT, 1997. 66 p.

LACERDA, Z. C.; TURCO, J. E. P. Estimation methods of reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) for Uberlândia – MG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, p.27-38, 2015.

MACHUCA, L. M. R. **Impactos fisiológicos e bioquímicos causados pela deficiência hídrica em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 100 f. 2018. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP, 2018.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Editora Ceres, 2006. 638 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, M. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2009. 400 p.

MARCUSSI, F. F. N.; BÔAS, R. L. V. Teores de macronutrientes no desenvolvimento da planta de pimentão sob fertirrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 120-131, 2003.

MARCUSSI, F. F. N.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Fertigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e K pela planta. **Irriga**, Botucatu, v. 9, p. 41-51, 2004.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2 ed., Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa Hortaliças, 2008. 150 p.

MARTINS, C. C.; SOARES, A. A.; BUSATO, C.; REIS, E. F. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 61-69, 2007.

MATOS FILHO, H. A.; SILVA, C. A.; BASTOS, A. V. S. Níveis de irrigação associados a doses de hidrogel na cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 3906-3918, 2020.

MELO, A. M. T. **Análise Genética de caracteres de fruto em híbridos de pimentão**. Piracicaba, 1997. 112p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1997.

MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2003. 703 p.

MONTEIRO, R. O. C.; COLARES, D. S.; COSTA, R. N. T.; LEÃO, M. C. S.; AGUIAR, J. V. Função de resposta do meloeiro a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 455-459. 2006.

MOREIRA, S. O. **Caracterização morfológica e molecular de pré-cultivares de *Capsicum annuum* L. com resistência à mancha-bacteriana**. 2012. 124 f. Dissertação (Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos Goytacazes, 2012.

- MORTATE, R. K.; ARAÚJO, M. M.; LIMA, M. W. P.; BINOTTI, F. F. S. Resposta de mudas de pimentão submetidas à diferentes reguladores vegetais via foliar. **Revista de Ciência e Tecnologia**, Jaboticabal, v. 10, n. 1, p. 57-64, 2018.
- NAUZ, Y. M.; SULAIMAN, S. A. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: A review. **Journal of Controlled Release**, v. 225, p. 109-120, 2016.
- NUEZ, F. V.; ORTEGA, R. G.; GARCIA, J. C. **El cultivo de pimientos, chiles y ajíes**. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 607 p.
- NUNES JÚNIOR, E. S.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. A.; LIMA, L. A.; BEZERRA, F. M. S.; ALVES, R. C. Nitrogen and potassium fertigation in bell pepper cultivated in greenhouse using fertigation managements. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 3, p. 186-190, 2017.
- OKUMARA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Londrina, v. 4, n. 2, 2011.
- OLIVEIRA FILHO, P.; VALNIR JÚNIOR, M.; ALMEIDA, C. L.; LIMA, J. S.; COSTA, J. N.; ROCHA, J. P. A. Crescimento de cultivares de pimentão em função da adubação potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 4, p. 2814-2822, 2018.
- OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; LIMA, K. S. Nutrição mineral do pimentão submetido a diferentes manejos de fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, 2015.
- OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, R. C. P.; LIMA, C. J. G. S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, 2013.
- OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; AROUCHA, E. M. M.; DIAS, N. S. Quality in the pepper under different fertigation managements and levels of nitrogen and potassium. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 216-223, 2015.
- OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P. Improving sweet pepper yield and quality by means of fertigation management. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 235-242, 2017.
- OLIVEIRA, J. T. L.; CHAVES, L. H. G.; CAMPOS, V. B.; SANTOS JÚNIOR, J. S.; GUEDES FILHO, D. H. Fitomassa de girassol cultivado sob adubação nitrogenada e níveis de água disponível no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 6, n. 1, p. 23-32, 2012.
- PATANÈ, C.; COSENTINO, S. L. Efeitos do déficit hídrico do solo na produção e qualidade do tomate processado sob clima mediterrâneo. **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 131-138, 2010.
- PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, RJ: Edur. 2004. 191 p: il.

- PINTO, C. M.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINTO, O. R. O. Relações hídricas, trocas gasosas em amendoim, gergelim e mamona submetidos a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 35, n. 1, p. 31-40, 2014.
- PINTO, J. M.; BRITO, R. A. L. **Equipamentos para aplicação de fertilizantes via irrigação**. Petrolina: Embrapa Semi árido, 2010.
- PINTO, O. R. O.; AZEVEDO, B. M.; MARINHO, A. B.; FERNANDES, C. N. V.; VIANA, T. V. A.; BRAGA, E. S. Adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero pelo método convencional e por fertirrigação. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 32, n. 1, p. 132–140, 2011.
- PÔRTO, M. L. A.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ALVES, J. C.; ARRUDA, J. A. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 190-195, 2012.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. Ed. UNESP. São Paulo, SP, 2008. 407 p.
- REDDY, A. R.; CHAITANYA, K. V.; VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, n. 11, p. 1189-1202, 2004.
- REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Capsicum pimentas e pimentões do Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa Hortaliças, p. 14-46, 2000. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/capsicum/index.htm>. Acesso em: 18 jul. 2018.
- SANTOS, M. R.; BRITO, C. F. B. Irrigação com água salina opção agrícola consciente. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis-GO, v. 7, p. 33-41, 2016.
- SANTOS, M. R.; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F. Fruit yield and root system distribution of ‘Tommy Atkins’ mango under different irrigation regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 362-369, 2014.
- SANTOS, P.R.; MOURA, F. M.; ALVES, A. O.; ROCHA, F.A.T.; RODRIGUES, J. D.; FILHO, F. P. L.; MENEZES, D. Avaliação de híbridos simples e triplos de pimentão em 19 ambiente protegido. In: XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013, Recife, **Anais** [...]. Recife, 2013.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- SARAIVA, K. R.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, F.; CAMBOIM NETO, L. F. Aplicação do ISAREG no manejo da irrigação na cultura da melancia no Baixo Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 53-60, 2013.
- SEDIYAMA, M. A. N.; MARLEI, R. S.; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C. L. O.; JACOB, L. L. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante de suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 588-594, 2014.

SILVA, G. H.; FERREIRA, M. G.; PEREIRA, S. B.; DELAZARI, F. T.; SILVA, D. J. H. Response of bell pepper crop subjected to irrigation depths calculated by different methodologies. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 1, p. 45-50, 2018.

SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; AZEVEDO, P. V. Water-use efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 120, p. 467-472, 2009.

SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S.; SUASSUNA, J. F.; PEREIRA, R. F. Gas exchanges and production of colored cotton irrigated with saline water at different phenological stages. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 2, 2018.

SOCOL, O. J. **Quimigação - Vantagens e adequações**. 2008. Disponível em: <http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=94>. Acesso em: 02 ago. 2018.

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

SOUZA, A. H. C.; REZENDE, R.; LORENZONI, M. Z.; SANTOS, F. A. S.; OLIVEIRA, J. M. Resposta de pimentão a níveis de reposição hídrica e horários de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, 2019.

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

### 3 CAPÍTULO 2 - MANEJO DO DÉFICIT HÍDRICO NA PRODUÇÃO IRRIGADA DA CULTURA DO PIMENTÃO

#### RESUMO

Informações sobre o manejo da irrigação são imprescindíveis para a obtenção de resultados satisfatórios no cultivo do pimentão em campo. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes intensidades de déficit hídrico, variável entre os estádios fenológicos da cultura, sobre a produção, crescimento, fisiologia e eficiência do uso da água da cultura *Capsicum annuum* L. cv. Cascadura Ikeda. Considerando a homogeneidade da área experimental, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com sete tratamentos, quatro repetições e parcelas constituídas por duas plantas. Os tratamentos consistiram na reposição da demanda hídrica nas fases fenológicas I, II, III e IV, da seguinte forma (em termos percentuais da ETc): T1 – 100%/I, 100%/II, 100%/III e 100%/IV ( $L_{\text{ciclo}}$ : 291,71 mm); T2 – 100%/I, 75%/II, 100%/III e 75%/IV ( $L_{\text{ciclo}}$ : 254,69 mm); T3 – 100%/I, 75%/II, 75%/III e 75%/IV ( $L_{\text{ciclo}}$ : 221,30 mm); T4 – 100%/I, 75%/II, 75%/III e 50%/IV ( $L_{\text{ciclo}}$ : 203,85 mm); T5 – 100%/I, 50%/II, 75%/III e 50%/IV ( $L_{\text{ciclo}}$ : 184,29 mm); T6 – 100%/I, 50%/II, 50%/III e 50%/IV ( $L_{\text{ciclo}}$ : 150,90 mm); T7 – 100%/I, 50%/II, 50%/III e 25%/IV ( $L_{\text{ciclo}}$ : 133,44 mm). As plantas foram cultivadas em campo e submetidas a irrigação por gotejamento. Foram analisadas as variáveis altura de planta, diâmetro do caule, área foliar, massa seca de parte aérea, número de frutos por planta, sólidos solúveis, comprimento, diâmetro e massa de frutos, produtividade, índice relativo de clorofila, trocas gasosas e eficiência do uso da água. O manejo da irrigação conforme T2, T3 e T4 não reduziu a expressão de ampla maioria das variáveis vegetativas e trocas gasosas, em relação à T1. O déficit hídrico aplicado conforme T2 pode ser empregado sem redução significativa da produtividade, proporcionando 12,7% de economia de água em relação à T1. T1 e T2 proporcionaram os maiores valores de eficiência do uso da água (43,26 e 43,58 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, respectivamente). Os manejos da irrigação realizados conforme T1 e T2 são, portanto, os mais recomendados para o cultivo do pimentão em condições de campo.

**Palavras-chave:** *Capsicum annuum* L., trocas gasosas, manejo de irrigação.

## CHAPTER 2 - MANAGEMENT OF WATER DEFICIT IN THE IRRIGATED PRODUCTION OF BELL PEPPER CROP

### ABSTRACT

Information on irrigation management is essential to obtain satisfactory results in sweet pepper cultivation in the field. Thus, the objective was to evaluate the effects of different intensities of water deficit, which varies between the phenological stages of the culture, on the production, growth, physiology and efficiency of water use of the culture *Capsicum annuum* L. cv. Cascadura Ikeda. Considering the homogeneity of the experimental area, the experimental design used was completely randomized, with seven treatments, four replications and plots consisting of two plants. The treatments consisted of replacing the water demand in the phenological phases I, II, III and IV, as follows (in percentage terms of ETC): T1 - 100%/I, 100%/II, 100%/III and 100%/IV (Lcycle: 291.71 mm); T2 - 100%/I, 75%/II, 100%/III and 75%/IV (Lcycle: 254.69 mm); T3 - 100%/I, 75%/II, 75%/III and 75%/IV (Lcycle: 221.30 mm); T4 - 100%/I, 75%/II, 75%/III and 50%/IV (Lcycle: 203.85 mm); T5 - 100%/I, 50%/II, 75%/III and 50%/IV (Lcycle: 184.29 mm); T6 - 100%/I, 50%/II, 50%/III and 50%/IV (Lcycle: 150.90 mm); T7 - 100%/I, 50%/II, 50%/III and 25%/IV (Lcycle: 133.44 mm). The plants were grown in the field and subjected to drip irrigation. The variables plant height, stem diameter, leaf area, shoot dry mass, number of fruits per plant, soluble solids, length, diameter and mass of fruits, productivity, relative chlorophyll index, gas exchange and efficiency of the plant were analyzed. water usage. Irrigation management according to T2, T3 and T4 did not reduce the expression of the vast majority of vegetative variables and gas exchange, in relation to T1. The water deficit applied according to T2 can be used without significant reduction in productivity, providing 12,7% of water savings compared to T1. T1 and T2 provided the highest water use efficiency values (43.26 and 43.58 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, respectively). Irrigation managements performed according to T1 and T2 are, therefore, the most recommended for sweet pepper cultivation under field conditions.

**Keywords:** *Capsicum annuum* L.. gas exchange. irrigation management.

### 3.2 Introdução

O crescimento da população mundial associado à crescente demanda por alimentos está levando a um cenário de escassez de água para atender as diferentes demandas da humanidade, incluindo dentre estas, a irrigação de terras agrícolas (ASHRAF *et al.* 2017). Nesse sentido, esforços para aumentar a eficiência do uso da água e otimização de práticas de manejos nos cultivos agrícolas revestem-se de grande relevância para a preservação dos recursos hídricos, aspecto agravado pelo contexto das mudanças climáticas, cujos efeitos poderão impactar substancialmente a produtividade agrícola (JACINTO JÚNIOR *et al.*, 2019).

Estratégias de manejos da irrigação visando maior economia de água têm sido objeto de estudo em diversas pesquisas. Shammout *et al.* (2018) avaliaram o efeito do déficit hídrico, sem variação entre as fases fenológicas, no rendimento e eficiência do uso da água na cultura do pimentão e verificaram que o uso da irrigação deficitária reduz o consumo de água sem perda significativa no rendimento da cultura. Nessa linha, Silva *et al.* (2018) avaliaram o efeito de cinco lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura - ETc) sobre as características agrônômicas da cultura do pimentão e constataram que os melhores caracteres agrônômicos foram obtidos quando se aplicou lâminas superiores a 100% da ETc.

A cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) é altamente valorizada e amplamente cultivada em todo mundo, constituindo-se, inclusive, em importante fonte de renda para a agricultura familiar (SOARES *et al.*, 2020; ABDELKHALIK *et al.*, 2019). A versatilidade de aplicações culinárias e suas propriedades nutricionais permitem o comércio *in natura* ou integrado ao agronegócio, consistindo em um dos principais vegetais consumidos pelos brasileiros (BOMFIM *et al.*, 2020).

Dentre as variedades comerciais, destaca-se a cultivar Cascadura Ikeda, caracterizada pela rusticidade, adaptação a temperaturas mais elevadas, alto valor comercial e elevada aceitação no mercado nacional. Morfologicamente, é uma planta de crescimento ereto com alto vigor e produção, frutos cônicos com coloração verde escuro brilhante (vermelhos quando maduros) e ciclo variando de 110 a 120 dias (CARDOZO *et al.*, 2016; COSTA *et al.*, 2014).

Alguns fatores são considerados limitantes para obtenção de altas produtividades na cultura, como a ocorrência de pragas e doenças, manejo ineficiente de adubação e suprimento hídrico inadequado (CARVALHO *et al.*, 2016; NUNES JUNIOR *et al.*, 2017). O pimentão é especialmente sensível ao fornecimento irregular de água, de forma que o excesso

pode favorecer a proliferação de pragas e doenças, e condições de deficiência hídrica podem ocasionar abortamento e queda de flores, constituindo-se em um dos principais entraves para obtenção de altos rendimentos produtivos (NASCIMENTO, 2014).

Restrição no fornecimento de água ao longo do ciclo de crescimento pode reduzir o rendimento da cultura do pimentão. Destaca-se, todavia, que a magnitude dessa redução pode ser minorada se o déficit hídrico ocorrer em estádios fenológicos menos sensíveis a menor disponibilidade de água, como no caso da pimenta (SEZEN *et al.*, 2014; YANG *et al.*, 2017). Na cultura do pimentão, o estabelecimento do efeito do déficit hídrico em diferentes fases do crescimento da cultura carece de experimentação, pois embora sensível a deficiência hídrica, tal informação pode aumentar a eficiência na utilização da água no cultivo.

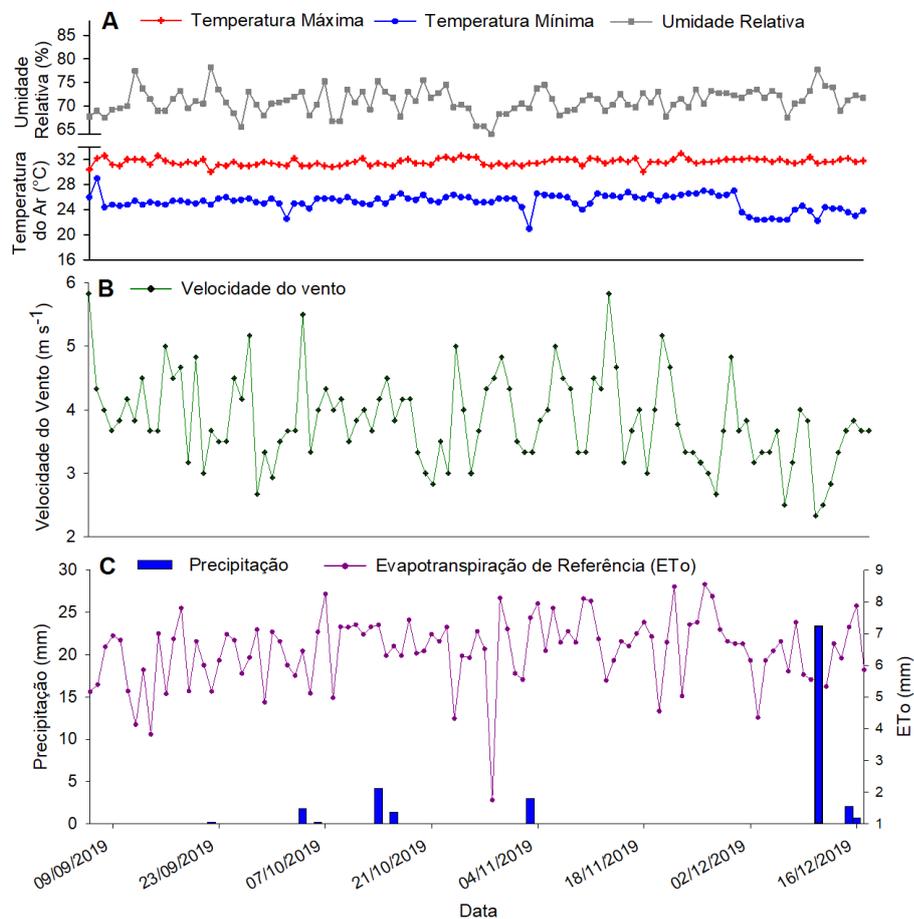
Considerando a falta de informações a respeito da variação de demanda hídrica ao longo do ciclo de crescimento da cultura do pimentão, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de diferentes intensidades de déficit hídrico, variável entre os estádios fenológicos da cultura, sobre a produção, crescimento, fisiologia e eficiência do uso da água da cultura *Capsicum annuum* L. cv. Cascadura Ikeda.

### 3.3 Material e métodos

O experimento foi realizado entre 06/09/2019 e 17/12/2019 em campo a pleno sol na Universidade Federal do Ceará (Campus do Pici Professor Prisco Bezerra), localizada em Fortaleza, Ceará, Brasil ( $3^{\circ} 44' 45''$  S,  $38^{\circ} 34' 55''$  W, e altitude de 19,5 m).

O clima na região, conforme classificação de Köppen, é do tipo Aw', caracterizado como savana tropical chuvosa, muito quente, com período mais seco concentrado durante o inverno e precipitação máxima nas estações de verão e outono. Os dados de precipitação, umidade relativa, velocidade do vento, temperatura do ar e evapotranspiração de referência estimada pelo método do Tanque Classe A, durante a realização do experimento, foram coletados em uma estação meteorológica instalada na área de estudo e constam na figura 1.

**Figura 1** – Dados diários de temperatura do ar e umidade relativa (A), velocidade do vento (B), precipitação e evapotranspiração de referência estimada pelo método do tanque Classe A (C) durante o experimento com pimentão Cascadura Ikeda, em Fortaleza, Ceará, Brasil.



Fonte: Elaborada pelos autores.

De acordo com a figura 1, pode-se observar que não houve alterações atípicas nas variáveis climáticas da região durante o experimento. Os valores máximos, mínimos e médios para as variáveis temperatura máxima do ar, temperatura mínima do ar, umidade relativa e velocidade do vento foram 33,0, 30,0 e 31,3 °C; 29,0, 21,0 e 25,2 °C; 78,3, 64,0 e 71,0 %; e 5,8, 2,3 e 3,8 m s<sup>-1</sup>, respectivamente. As chuvas totalizaram 37,0 mm e consistiram em eventos isolados dado o período de execução do experimento. A evapotranspiração de referência total no período foi 699,2 mm com valores máximo, mínimo e médio iguais a, respectivamente, 8,6, 1,8 e 6,5 mm dia<sup>-1</sup>.

A cultivar de pimentão selecionada foi a Cascadura Ikeda. A semeadura foi realizada em 06/09/2019 em bandejas de poliestireno contendo 128 células preenchidas com substrato a base de composto orgânico e vermiculita (1:1). As bandejas foram mantidas em ambiente protegido e 25 dias após semeadura (DAS) realizou-se o transplântio das mudas para o campo.

Após roçagem da vegetação, a área experimental foi preparada por aração e gradagem. Adotou-se o espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, totalizando uma área experimental de 450 m<sup>2</sup>. Ao lado de cada planta foram fincadas estacas que serviram de tutor para proporcionar sustentação às plantas de pimentão ao longo do ciclo. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme Filgueira (2013).

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo de textura franco argilo arenosa (EMBRAPA, 2013), com 62, 10 e 28% de areia, silte e argila, respectivamente, além de densidade global de 1,52 g cm<sup>-3</sup>. As principais características químicas verificadas foram: C orgânico de 6,41 g kg<sup>-1</sup>, N total de 0,66 g kg<sup>-1</sup>, relação C:N de 9,71, P assimilável de 33 mg kg<sup>-1</sup>, K<sup>+</sup> de 0,31 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, Ca<sup>2+</sup> de 1,13 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, Mg<sup>2+</sup> de 0,65 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, Al<sup>3+</sup> de 0,18 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> de 2,07 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, pH em água de 6,2 e CE de 0,41 dS m<sup>-1</sup>. As análises químicas e físicas foram realizadas conforme metodologia proposta por Silva *et al.* (2009).

No transplântio das mudas, aplicou-se um litro de composto orgânico a base de esterco bovino por planta. Na fertilização mineral, as fontes de macronutrientes utilizadas foram o superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; aplicado integralmente na fundação), cloreto de potássio (58% de K<sub>2</sub>O) e ureia (45% de N), os dois últimos aplicados por fertirrigação parcelados em nove aplicações ao longo do ciclo. A fonte de micronutrientes foi o FTE-BR 12, aplicado integralmente em fundação. A adubação foi realizada conforme Aquino *et al.* (1993), considerando uma eficiência de absorção do P de 20 % (VU *et al.*, 2008), perdas do N aplicado em torno de 60 % (SENGIK e KIEHL, 1995a e b; LARA-CABEZAS *et al.*, 1997) e

uma perda de K por movimentação vertical em torno de 30 % (OLIVEIRAS e VILLAS BOAS, 2008). As quantidades de adubo aplicadas por planta ao longo do ciclo foram: 210 g de superfosfato simples, 55 g de ureia, 12 g de cloreto de potássio e 2,5 g de FTE-BR 12.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com sete tratamentos, quatro repetições e duas plantas por parcela. Os tratamentos consistiram em déficits hídricos variáveis conforme os estádios de desenvolvimento da cultura (Tabela 1).

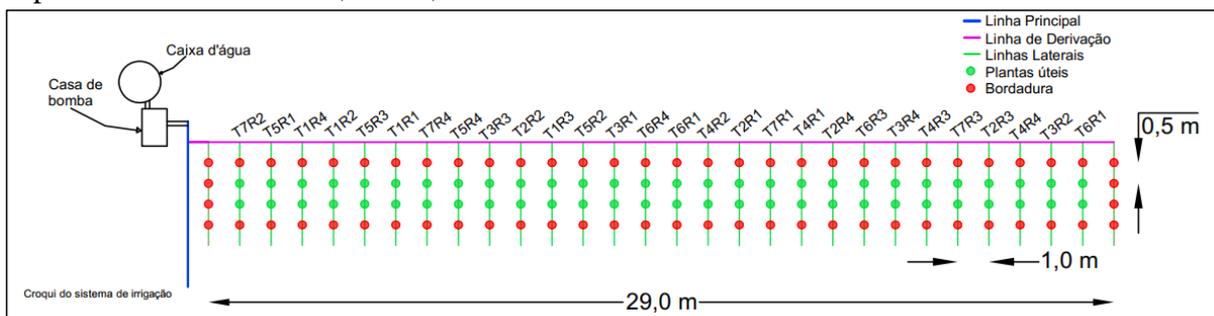
**Tabela 1** – Tratamentos avaliados no experimento.

Tratamentos	Percentagem da ETc			
	Estádio I	Estádio II	Estádio III	Estádio IV
T1	100	100	100	100
T2	100	75	100	75
T3	100	75	75	75
T4	100	75	75	50
T5	100	50	75	50
T6	100	50	50	50
T7	100	50	50	25

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na figura 2 a seguir consta a representação esquemática do sistema de irrigação e distribuição dos tratamentos em campo.

**Figura 2** – Croqui do sistema de irrigação e distribuição dos tratamentos em campo no experimento em Fortaleza, Ceará, Brasil.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

O manejo da irrigação baseou-se na reposição diária da evapotranspiração da cultura, calculada conforme equação 1.

$$ET_c = ECA * K_p * K_c \quad (1)$$

Onde:

$ET_c$  = evapotranspiração da cultura ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

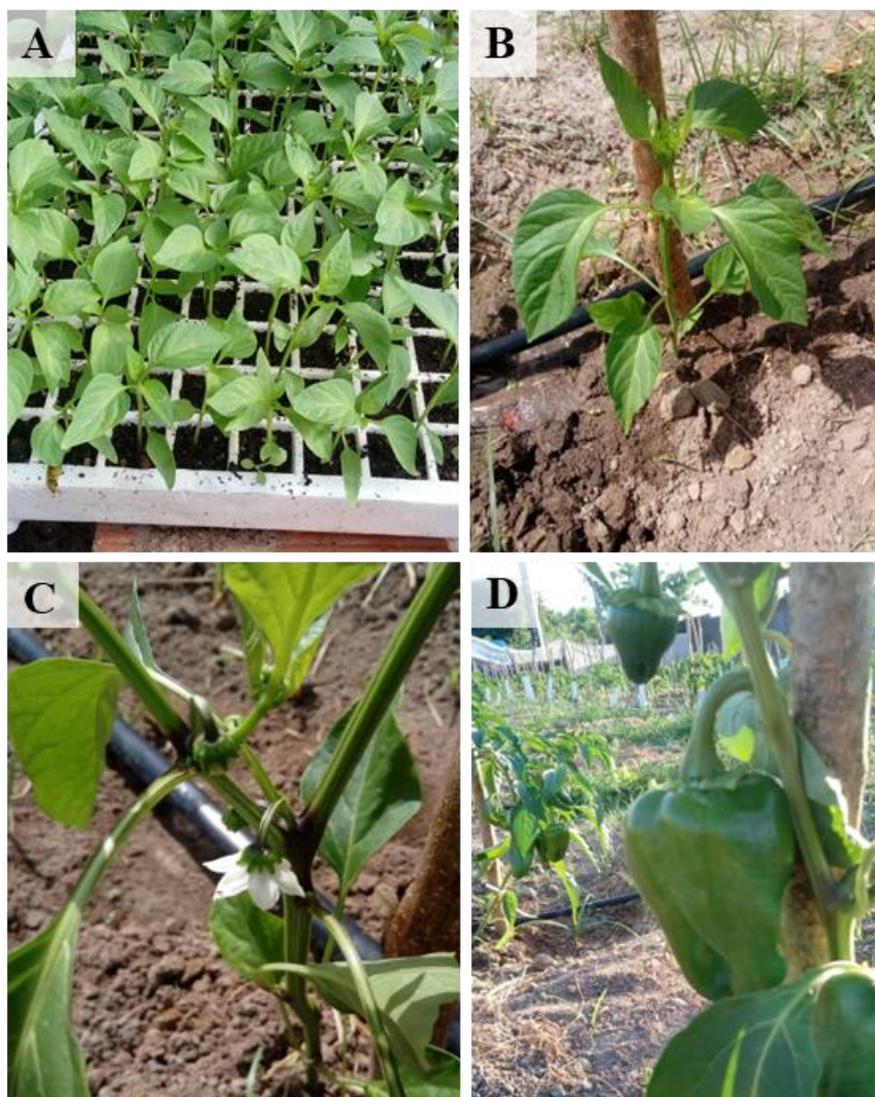
$ECA$  = evaporação do tanque Classe “A” ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

$K_p$  = coeficiente do tanque (adimensional);

$K_c$  = coeficiente da cultura (adimensional).

Os valores de  $K_c$  utilizados, com base nos estádios fenológicos da cultura, foram: 0,40 estágio I (da emergência até 10% do desenvolvimento - 30 DAS); 0,70 no estágio II (10% do desenvolvimento até 75% do desenvolvimento e aparecimento das primeiras flores - 55 DAS); 1,05 (floração plena até a maturação plena de frutos - 82 DAS), e 0,85 (da maturação até a última colheita - 103 DAS), de acordo com Doorenbos e Pruitt (1977) (Figura 3).

**Figura 3** – Bandejas com mudas (A), planta com 17 cm de altura aos 33 DAS (B), iniciação floral aos 55 DAS (C) e frutificação aos 85 DAS (D) no pimentão Cascadura Ikeda cultivado em campo em Fortaleza, Ceará, Brasil.



Fonte: Elaborada pelos autores.

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, com emissores de vazão de 1,42 l h<sup>-1</sup>. O tempo de irrigação foi calculado conforme a equação 2.

$$T_i = \frac{ET_c * E_L * E_P * F_c}{E_i * q_e} * 60 \quad (2)$$

Onde:

T<sub>i</sub> = tempo de irrigação (min.); ET<sub>c</sub> = evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>); E<sub>L</sub> = espaçamento entre linhas de irrigação (m); E<sub>P</sub> = espaçamento entre plantas (m); F<sub>C</sub> = fator de cobertura do solo (adimensional), igual a 0,62, com base na localização, espaçamento, área molhada e área sombreada (KELLER, 1978); E<sub>i</sub> = eficiência de irrigação (adimensional), de 0,91, estimada a partir do CUD pela metodologia de Keller e Karmeli (1975), e q<sub>e</sub> = vazão do emissor (L h<sup>-1</sup>).

O tempo de irrigação foi dividido em dois turnos, sendo metade aplicado no turno da manhã e metade no final da tarde. A diferenciação dos tratamentos ocorreu após 5 DAT, início do estágio II. Na tabela 2 a seguir constam as lâminas acumuladas ao longo de cultivo podendo-se também o volume por fase de crescimento. A água utilizada apresentou as seguintes características: CE = 0,95 dS m<sup>-1</sup>; pH = 8,0; RAS = 3,05; Ca<sup>2+</sup> = 1,3 mmolc L<sup>-1</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 3,1 mmolc L<sup>-1</sup>; Na<sup>+</sup> = 4,5 mmolc L<sup>-1</sup> e K<sup>+</sup> = 0,4 mmolc L<sup>-1</sup>; Classificação = C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>.

**Tabela 2.** Lâminas acumuladas ao longo do ciclo de cultivo por fases de crescimento em pimentão.

Tratamento	Lâminas acumuladas ao longo do ciclo, mm				
	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV	Total
T1	10,08	78,25	133,56	69,81	291,71
T2	10,08	58,68	133,56	52,36	254,69
T3	10,08	58,68	100,17	52,36	221,30
T4	10,08	58,68	100,17	34,91	203,85
T5	10,08	39,12	100,17	34,91	184,29
T6	10,08	39,12	66,78	34,91	150,90
T7	10,08	39,12	66,78	17,45	133,44

Fonte: Elaborada pelos autores.

Aos 56 dias após transplântio (DAT) foram avaliadas as variáveis altura da planta (AP, cm) e diâmetro do caule (DC, mm). Aos 57 DAT realizou-se a primeira colheita de um total de quatro, realizadas em intervalos de sete dias. Por ocasião das colheitas, contabilizou-se o número de frutos por planta (NFP).

As variáveis de pós-colheita avaliadas foram: sólidos solúveis (SS, °Brix); comprimento (CF, mm), diâmetro (DF, mm) e massa média de frutos (MF, g fruto<sup>-1</sup>).

Após as quatro colheitas (78 DAT), avaliou-se a área foliar (AF, cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) (Figura 4). O material vegetal foi acondicionado em sacos de papel e, em seguida, colocados para secar em estufa a 60 °C, até atingirem valor constante, determinando-se a massa seca de parte aérea (MSPA, g planta<sup>-1</sup>). Com os dados referentes às quatro colheitas realizadas, estimou-se a produtividade da cultura em cada tratamento (PROD, t ha<sup>-1</sup>).

**Figura 4.** Aferição de área foliar utilizando medidor modelo 6400-40 da LI-COR em folhas da cultura do pimentão.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

O índice relativo de clorofila (Índice SPAD), expressos em unidades SPAD, foi medido usando um medidor portátil (SPAD 502, Minolta Co, Ltd, Osaka, Japan), aos 28 DAT (florescimento) e 56 DAT (maturação) (Figura 5).

**Figura 5.** Aferição do índice relativo de clorofila (Índice SPAD) em plantas de pimentão cultivadas em campo em Fortaleza, Ceará, Brasil.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

As taxas de fotossíntese líquida ( $A$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ , ppm) foram determinadas usando um analisador de gás infravermelho (IRGA, Mod. Li-COR® 6400 XT). As medições foram realizadas no período de 8 às 11 horas, nas mesmas folhas utilizadas para avaliação do índice relativo de clorofila (Figura 6).

**Figura 6.** Aferição de variáveis fisiológicas utilizando um analisador de gás infravermelho (IRGA, Mod. Li-COR® 6400 XT) em plantas de plantas de pimentão cultivadas em campo em Fortaleza, Ceará, Brasil.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

As informações de trocas gasosas foram utilizadas para a estimativa da eficiência instantânea de carboxilação, calculada pela relação entre a fotossíntese e a concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $A/C_i$ ,  $\mu\text{mol H}_2\text{O } \mu\text{mol CO}_2^{-1}$ ).

A eficiência do uso da água (EUA,  $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ ) foi calculada para todos os tratamentos por meio da relação entre a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e a lâmina total aplicada (mm) (SILVA *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2014).

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, e quando significativos por esse teste, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), utilizando o Microsoft Excel (2013) e o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3.4 Resultados e Discussão

#### *Crescimento vegetativo do pimentão Cascadura Ikeda*

As variáveis de crescimento vegetativo do pimentão Cascadura Ikeda foram influenciadas de forma significativa ( $P < 0,01$ ) pelos déficits hídricos aplicados (Tabela 3).

**Tabela 3** – Resumo da análise de variância e teste de médias para as variáveis de crescimento vegetativo do pimentão cultivado em campo, em Fortaleza, Ceará, Brasil.

Fonte de variação	Análise de Variância - Teste F			
	AP	DC	AF	MSPA
Tratamento	5,67**	12,10**	4,91**	3,83**
CV (%)	16,29	7,57	27,48	25,18
Déficit hídrico	Teste de Tukey ( $P < 0,05$ )			
DMS	18,03	1,23	504,94	37,94
T1	59,9 a	8,40 a	1051,74 ab	79,92 ab
T2	55,3 a	7,61 ab	1079,46 a	86,91 a
T3	48,3 ab	7,54 ab	931,20 abc	77,13 ab
T4	54,6 a	7,13 b	872,66 abc	58,48 ab
T5	43,2 ab	6,94 b	617,63 abc	62,38 ab
T6	42,9 ab	6,39 bc	551,45 bc	49,75 ab
T7	32,7 b	5,51 c	489,95 c	44,12 b

Médias seguidas pelas mesmas letras em uma coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ); \*\* - significativo ( $P < 0,01$ ); CV - coeficiente de variação; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ); AP - altura da planta, cm; DC - diâmetro do caule, mm; AF - área foliar,  $\text{cm}^2 \text{planta}^{-1}$ ; MSPA - massa fresca de parte aérea,  $\text{g planta}^{-1}$ .

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com exceção do tratamento T7, a altura das plantas apresentou valores estatisticamente iguais em todos os tratamentos. A maior média para a altura de plantas foi verificada em T1, 59,9 cm, média 83% superior a 32,7 cm, média verificada para o tratamento T7.

Os maiores valores de diâmetro do caule ocorreram nos tratamentos T1, T2 e T3. O maior valor dessa variável nos referidos tratamentos foi 8,40 mm, em T1, média superior em 52,5% à média de T7, menor média verificada no estudo (5,51 mm).

A variável área foliar apresentou médias superiores nos déficits hídricos T1, T2, T3, T4 e T5, cuja média máxima entre esses tratamentos ocorreu em T2 (1079,46 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>), média 120,3% maior que 489,95 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>, valor médio estimado para o tratamento T7.

A massa fresca de parte área apresentou comportamento similar às demais variáveis de crescimento vegetativo, verificando-se médias superiores nos tratamentos de menor severidade. Comparando-se a média dos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6 com a média verificada no tratamento T7 (44,12 g planta<sup>-1</sup>), constata-se uma superioridade de 97% da média de T2 em relação à média obtida no déficit hídrico aplicado em T7.

Em geral, o aumento da severidade do déficit hídrico reduziu o crescimento vegetativo da cultura devido à menor disponibilidade de água. Os tratamentos que mais afetaram a cultura foram T4, T5, T6 e T7; dentre estes, os tratamentos T6 e T7 proporcionaram menor crescimento vegetativo da cultura, devido à condição de maior déficit hídrico a que as plantas estavam expostas, onde, com exceção da fase I, a cultura foi submetida às condições de déficit hídrico igual ou inferior à reposição de 50% da ETc.

O déficit hídrico, dependendo do nível e da duração de exposição das culturas, pode afetar as respostas vegetativas de várias espécies de interesse agrícola. No pimentão, o diâmetro do caule, por exemplo, tende a aumentar com o aumento dos níveis de irrigação (SOUZA *et al.*, 2019).

A altura máxima da planta foi obtida em T1, isto é, na condição de fornecimento pleno de água para a cultura (100% da ETc em todas as fases). Os resultados verificados para essa variável divergem parcialmente dos resultados obtidos por Matos Filho *et al.* (2020), onde os autores obtiveram altura máxima da planta (51,9 cm) quando utilizaram irrigação correspondente à reposição de 75% da evaporação do tanque Classe A. Os autores destacaram ainda que maiores níveis de irrigação podem ocasionar a lixiviação de nutrientes, como o nitrogênio, que possivelmente influenciou na altura de planta, proporcionando maiores médias dessa variável em condições de reposição da evaporação do tanque Classe A inferiores a 100%. Padrón *et al.* (2015a), adicionalmente, obteve maior altura média das plantas, 91,5 cm, quando submeteu a cultura à condição de regime hídrico referente à reposição de 60% da ETc, utilizando irrigação diária.

De um modo geral, o estímulo ao crescimento vegetativo da cultura do pimentão, em resposta aos maiores níveis de irrigação, pode ser explicado pelo maior crescimento celular, impulsionado pelo turgor e maior atividade fotossintética (DÍAZ-PÉREZ e HOOK, 2017).

Destaca-se que as médias das variáveis de crescimento vegetativo mostraram-se estatisticamente iguais em ampla parcela dos tratamentos avaliados, sugerindo a possibilidade de economia de água no cultivo sem comprometer de forma significativa o desenvolvimento da cultura. Observando-se as médias obtidas nas quatro variáveis avaliadas, verifica-se que entre os tratamentos T1, T2 e T3 não há diferença estatística entre as médias obtidas, logo, manejando-se a irrigação conforme T3, pode-se obter uma economia de 24,1% de água no cultivo, sem comprometer o desenvolvimento vegetativo da cultura.

*Crescimento reprodutivo, produtividade e eficiência do uso da água do pimentão Cascadura Ikeda*

Conforme mostrado na tabela 4, todas as variáveis reprodutivas foram influenciadas de forma significativa ( $P < 0,01$ ) pelos déficits hídricos aplicados.

**Tabela 4** – Resumo da análise de variância e teste de comparação de médias para as variáveis de crescimento reprodutivo do pimentão (*Capsicum annum* L. cv. Cascadura Ikeda) cultivado em campo, em Fortaleza, Ceará, Brasil.

Fonte de variação	Análise de Variância - Teste F				
	NFP	SS	CF	DF	MF
Tratamento	6,64**	14,82**	60,13**	19,88**	13,83**
CV (%)	24,48	7,41	4,88	7,46	8,36
Déficit hídrico	Teste de Tukey ( $P < 0,05$ )				
DMS	5,84	0,62	7,94	7,12	9,21
T1	12,38 a	3,14 a	81,43 d	50,18 a	51,03 a
T2	13,63 a	2,95 a	74,10 cd	44,47 ab	40,75 b
T3	11,88 a	3,38 a	55,35 a	47,58 a	32,83 bc
T4	11,75 a	4,15 b	94,08 e	38,92 bc	28,21 cd
T5	9,13 ab	4,18 b	62,68 ab	32,65 c	19,78 d
T6	10,13 a	4,11 b	61,48 ab	32,90 c	19,85 d
T7	3,75 b	3,45 a	66,50 bc	43,97 ab	32,26 bc

Médias seguidas pelas mesmas letras em uma coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ); \*\* - significativo ( $P < 0,01$ ); CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ); NFP - número de frutos por planta; SS - sólidos solúveis, °Brix; CF - comprimento do fruto, mm; DF - diâmetro do fruto, mm; MF - massa média de frutos, g fruto<sup>-1</sup>.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Não se observou, à exceção de T7, diferença estatística entre os tratamentos com relação ao número de frutos por planta, destacando-se valores superiores à 10 unidades por planta em T1, T2, T3 e T4, e uma redução significativa em T7, quando se obteve 3,75 frutos por planta, 70% menos que a média obtida em T1.

A tendência de redução, em termos absolutos, do número de frutos por planta em função do aumento do déficit hídrico, está de acordo com Carvalho *et al.* (2016) e Santos *et al.* (2020), que verificaram redução do número de frutos de pimentão por planta com o aumento da tenção hídrica no solo, possibilitando inferir que a expressão da média dessa variável é influenciada de forma significativa pela técnica de manejo da irrigação. O aumento do déficit hídrico ocasiona maiores tensões de água no solo, reduzindo a disponibilidade hídrica, o que conduz a um cenário de estresse hídrico para a cultura e influencia diretamente sua produção de frutos (SANTOS *et al.*, 2020).

Com relação à variável sólidos solúveis, verificou-se as maiores médias nos tratamentos T4, T5 e T6, com a maior média entre esses tratamentos estimada em 4,18 °Brix, em T5, média 41,7% superior à média observada no tratamento T2 (2,95 °Brix), menor média verificada. Incremento no teor de sólidos solúveis em resposta à condições de maior déficit hídrico foi verificado também por Kuşçu *et al.* (2016), em pimenta vermelha, e Díaz-Pérez e Hook (2017), na cultura do pimentão.

O estresse hídrico reduz o acúmulo de água nos frutos (PATANE e SAITA, 2015), concentrando os sólidos solúveis. Faria *et al.* (2013) afirmam que o teor de sólidos solúveis possui grande importância na qualidade dos frutos, tanto na produção destinada ao consumo *in natura* como para processamento industrial, uma vez que altos valores desse parâmetro possibilitam redução de tempo e energia para evaporação da água e maior rendimento do fruto, obtendo-se maior eficiência no processamento.

O tratamento T4 proporcionou a maior média referente à variável comprimento do fruto, verificando-se superioridade de 70% em relação à média do tratamento T3 (55,35 mm). O resultado verificado discorda parcialmente dos obtidos por Santos *et al.* (2018) ao observarem comprimento máximo do fruto (11,36 cm) com a aplicação da lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura; a média máxima no presente estudo foi obtida utilizando 30,1% menos água. Souza *et al.* (2019) não observaram efeito significativo no comprimento dos frutos de pimentão em resposta à aplicação de diferentes níveis de irrigação (60%, 80%, 100%, 120% e 140% da ETc), o que sugere desempenho satisfatório da variável mesmo em condições de maior restrição hídrica, aspecto similar ao observado no presente estudo. O comprimento do fruto não se constitui em parâmetro absoluto indicador de desempenho

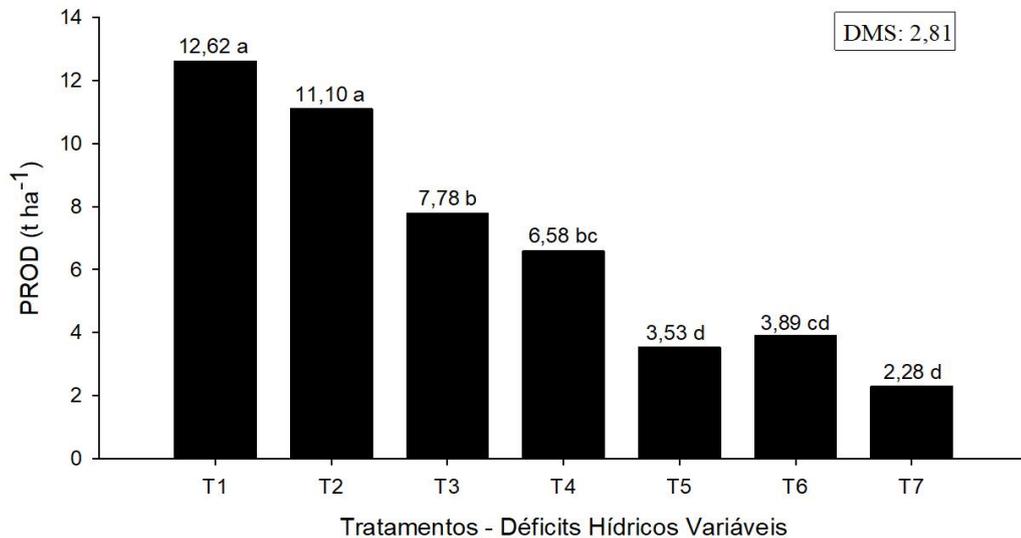
produtivo da cultura, uma vez que sua relação com outros atributos, conforme mostrado a seguir, podem resultar em baixas produtividades em determinados tratamentos.

As maiores médias da variável diâmetro do fruto foram verificadas nos tratamentos T1, T2, T3 e T7. A maior média estimada para esses tratamentos foi de 50,18 mm para T1, média 53,7% superior à média verificada no tratamento T5 (32,65 mm). Observe que o tratamento T4 proporcionou a maior média da variável comprimento do fruto; em contrapartida, esse mesmo tratamento proporcionou uma das menores médias para a variável diâmetro do fruto, evidenciando o formato alongado do mesmo e não relacionando-se diretamente à massa verificada. Resposta significativa dessa variável em função de variações no fornecimento de água à cultura foram observadas também por Lima *et al.* (2016), onde verificaram menores médias em condições de maior restrição hídrica.

A maior média para a variável massa de frutos (51,03 g) foi obtida no tratamento T1, tratamento onde as plantas não foram submetidas a estresse hídrico. A massa média de frutos verificada nesse tratamento foi 158% maior que a média do tratamento T5 (19,78 g), tratamento que proporcionou a menor média para essa variável. É importante destacar a média obtida no tratamento T7, estatisticamente igual às médias verificadas em T2 e T3, aspecto que, no entanto, não se configurou em elevada produtividade naquele tratamento, devido ao baixo número de frutos por planta. Souza *et al.* (2019) verificaram aumento do peso médio de frutos em resposta à maior disponibilidade hídrica. Santos *et al.* (2018), estudando lâminas de irrigação e adubação potássica na cultura do pimentão, encontraram peso médio de fruto máximo quando utilizaram lâmina estimada em 100,48% da ET<sub>c</sub>, concordando com os resultados verificados no presente estudo.

A variável produtividade da cultura ( $t\ ha^{-1}$ ) foi influenciada de forma significativa pelos diferentes déficits hídricos aplicados na cultura do pimentão ( $F_c = 41,32$ ;  $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ ) conforme figura 7.

**Figura 7** – Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para Produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) do pimentão, cultivar Cascadura Ikeda, em função de diferentes déficits hídricos variáveis dentre os estádios de desenvolvimento da cultura (identificação dos tratamentos conforme tabela 1).



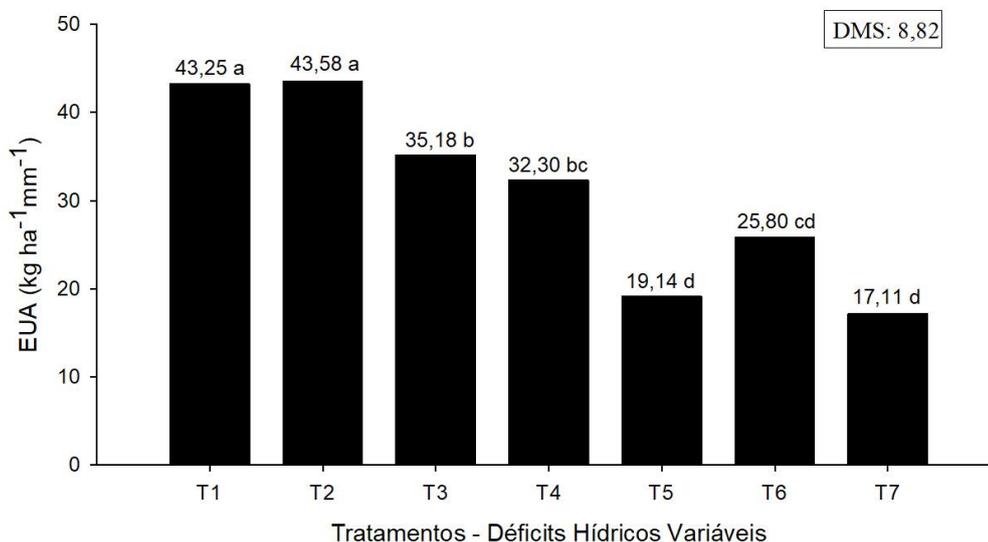
Fonte: Elaborada pelos autores.

As maiores produtividades do pimentão foram obtidas nos tratamentos T1 e T2, cujas médias ( $12,62$  e  $11,10\ t\ ha^{-1}$ , respectivamente) foram 5,5 e 4,8 vezes maior que a produtividade verificada em T7 ( $2,28\ t\ ha^{-1}$ ), tratamento que apresentou a menor média para essa variável. T1 e T2 apresentaram médias estatisticamente iguais; todavia, destaca-se que T2 utilizou 12,7% menos água em relação à T1, aspecto relevante no âmbito de economia de água na agricultura.

O pimentão constitui-se em uma cultura sensível ao déficit hídrico, e reduções nos níveis de produtividade, quando a cultura é submetida a condições de estresse, são esperadas. Souza *et al.* (2019), analisando níveis de reposição de água na cultura do pimentão, obtiveram decréscimos significativos no rendimento da cultura em função da aplicação de maior restrição hídrica.

A variável eficiência do uso da água ( $kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$ ) respondeu de forma significativa aos déficits hídricos aplicados à cultura do pimentão ( $F_c = 28,83$ ;  $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ ) conforme figura 8.

**Figura 8** – Eficiência do uso da água ( $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ ) do pimentão, cultivar Cascadura Ikeda, em função de diferentes déficits hídricos variáveis dentre os estádios de desenvolvimento da cultura (identificação dos tratamentos conforme tabela 1).



Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme pode ser observado na figura 8, o maior valor para eficiência do uso da água, em termos absolutos, foi verificado em T2, todavia, com média estatisticamente igual a T1 pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Observa-se um incremento de 166,4% na eficiência do uso da água em T2 quando comparado à T7, condição de maior restrição hídrica aplicada às plantas.

A tendência de redução da eficiência do uso da água na cultura do pimentão em condições de maior restrição hídrica está de acordo com Santos *et al.* (2020), que verificaram redução linear da eficiência do uso da água com o aumento das tensões de água no solo, observando a menor média desse parâmetro na condição hídrica mais crítica (tensão de 65 kPa).

Embora a lâmina de irrigação seja menor nos tratamentos de maior restrição hídrica, como T3, T4, T5, T6 e T7, a redução nos níveis de produção reduzem de maneira significativa os valores de eficiência do uso da água nesses tratamentos, dado que a água é um dos fatores que mais influenciam a produção agrícola (TAIZ e ZEIGER, 2013). As condições de restrição hídrica ocasionam, dentre outros efeitos, desidratação celular e consequentemente redução da pressão de turgor, resultando na diminuição da taxa de crescimento, fechamento de estômatos e inibição fotossintética, culminando em reduções significativas nos níveis de produtividade.

*Caracteres fisiológicos do pimentão Cascadura Ikeda*

Todos os parâmetros fisiológicos avaliados foram influenciados de forma significativa pelos déficits hídricos, tanto aos 28 DAT quanto aos 56 DAT (Tabela 5).

**Tabela 5** – Resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas do pimentão cultivado em campo, em Fortaleza, Ceará, Brasil.

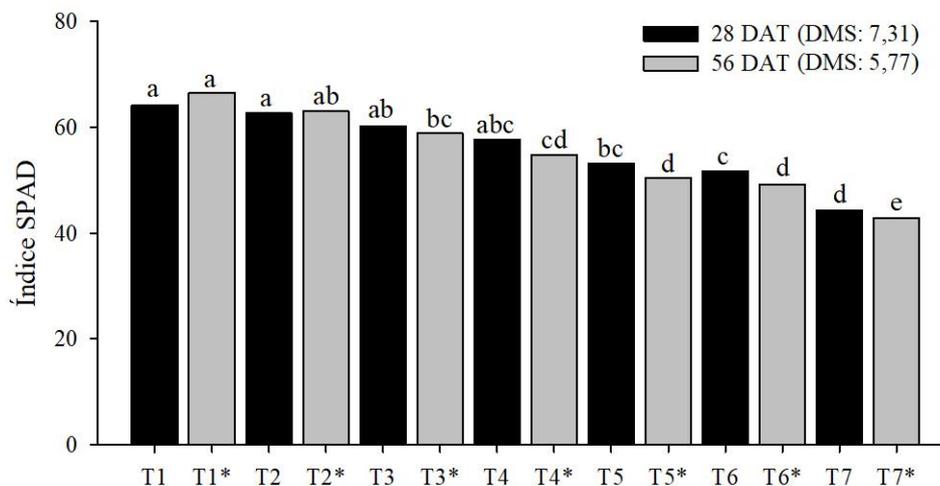
Análise de Variância - Teste F				
Variável		Fonte de Variação		
		Tratamento		CV (%)
Índice SPAD	28 DAT	19,41**		5,65
	56 DAT	43,72**		4,55
A	28 DAT	63,37**		6,17
	56 DAT	14,38**		14,13
E	28 DAT	17,15**		6,72
	56 DAT	10,02**		10,01
gs	28 DAT	13,21**		17,75
	56 DAT	6,30*		21,84
Ci	28 DAT	4,48*		5,45
	56 DAT	8,27**		6,03
A/Ci	28 DAT	18,71**		9,34
	56 DAT	13,50**		11,18

\*\* - significativo ( $P < 0,01$ ); \* - significativo ( $P < 0,05$ ); CV - coeficiente de variação; A - taxa de fotossíntese líquida,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; E - transpiração,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; gs - condutância estomática,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; Ci - concentração interna de  $\text{CO}_2$ , ppm; A/Ci - eficiência instantânea de carboxilação,  $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ .

Fonte: Elaborada pelos autores.

A variável índice SPAD, que se relaciona ao teor relativo de clorofila e o estado de N na planta, apresentou comportamento decrescente conforme aumento da severidade dos déficits hídricos aplicados, nas duas avaliações realizadas (Figura 9).

**Figura 9** – Teste de Tukey para a variável índice SPAD no pimentão, cultivar Cascadura Ikeda, em função de diferentes déficits hídricos variáveis dentre os estádios de desenvolvimento da cultura (identificação dos tratamentos conforme tabela 1).



Fonte: Elaborada pelos autores.

Aos 28 DAT, as maiores médias para a variável índice SPAD foram observadas nos tratamentos T1, T2, T3 e T4, e variaram de 57,62 a 64,25. As menores médias foram observadas nos tratamentos T5, T6 e T7, tratamentos cujos déficits hídricos apresentam maior severidade.

Aos 56 DAT, a variável índice SPAD apresentou padrão de comportamento similar ao verificado aos 28 DAT. As maiores médias foram observadas em T1 e T2 (66,58 e 63,0 respectivamente). A menor média foi verificada em T7 (42,9).

O índice SPAD já foi utilizado como parâmetro de avaliação do estado de N na cultura do pimentão (COSTA *et al.*, 2018). Embora não se tenha relação estabelecida para o comportamento do índice SPAD no pimentão em resposta à variação de fornecimento hídrico à cultura, em outras plantas de interesse agrícola tem-se observado reduções na expressão dessa variável em função do déficit hídrico, como em Silva *et al.* (2013), que verificaram menores valores de índice SPAD quando a cultura foi submetida a condições de estresse, notadamente em genótipos mais sensíveis ao déficit hídrico.

Na cultura do pimentão se observou tendência de redução do índice SPAD com o aumento do déficit hídrico aplicado, de forma similar ao comportamento observado por Silva *et al.* (2013). Um dos principais mecanismos de absorção de nitrogênio pela planta é por fluxo de massa, assim, a menor disponibilidade hídrica no solo em tratamentos de maior severidade pode ter comprometido a absorção de N pela planta, aspecto corroborado pelas menores médias de transpiração das plantas nos tratamentos com maior déficit hídrico (Figura 10B).

Aos 28 DAT, a taxa de fotossíntese líquida apresentou média máxima em T1 ( $23,49 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), média superior em 229% à média do tratamento T7. Aos 56 DAT, a tendência de comportamento da variável foi mantida, todavia, embora superior em termos absolutos, T1 apresentou média estatisticamente igual a T2, T3, T4 e T5 (Figura 10A).

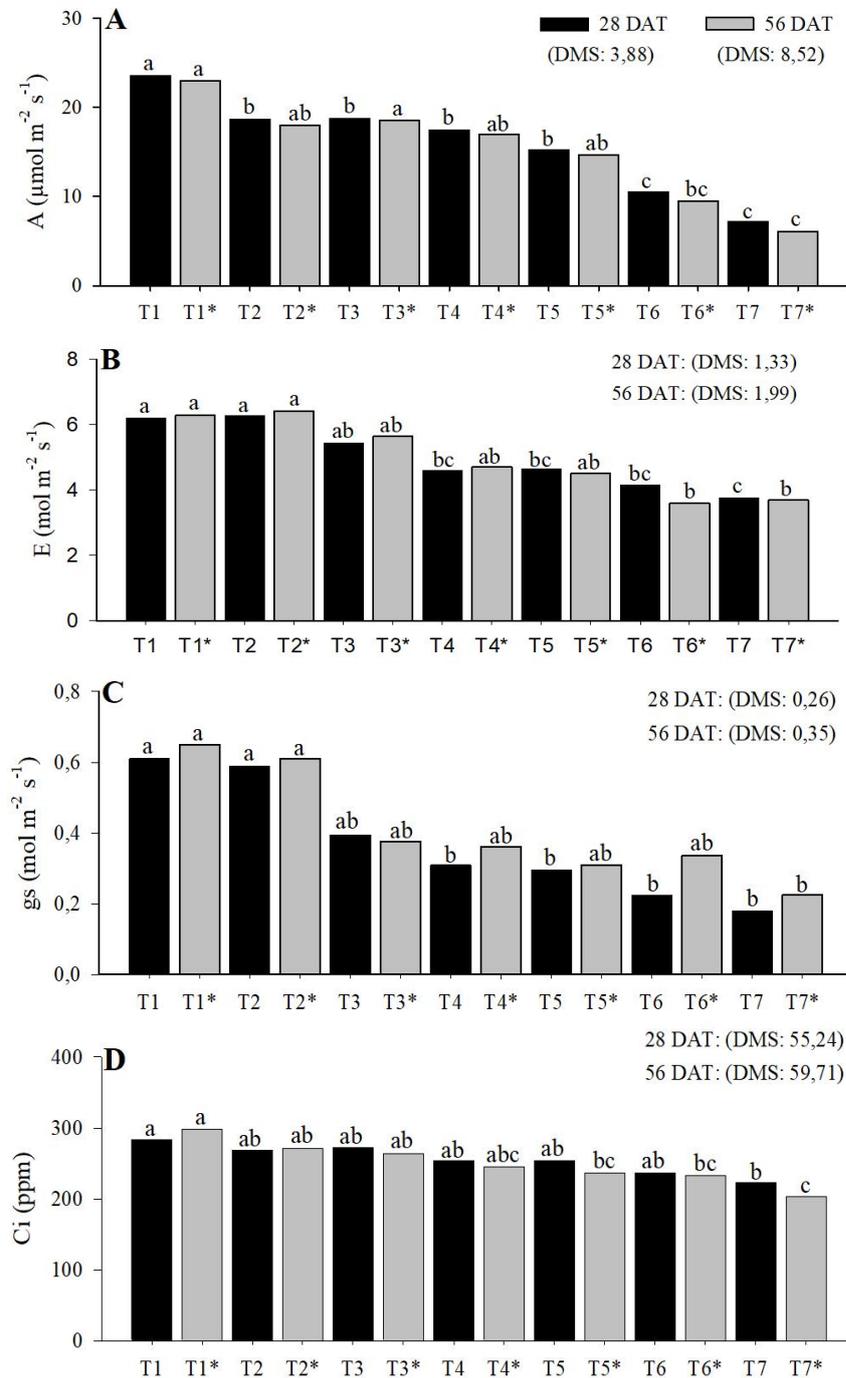
Alterações em caracteres fisiológicos, notadamente nas taxas fotossintéticas, têm efeito direto sobre o desenvolvimento e produção da cultura do pimentão (LORENZONI *et al.*, 2018), aspecto evidenciado pelo comportamento das variáveis taxa de fotossíntese líquida e produtividade, onde verifica-se similaridade entre os tratamentos que proporcionaram as maiores médias.

Soares *et al.* (2012) observaram efeito similar do déficit hídrico sobre a taxa fotossintética do tomateiro, aplicado na fase de floração da cultura. Bosco *et al.* (2009) destacam que a redução do fluxo normal de  $\text{CO}_2$  em direção aos sítios de carboxilação constitui-se no principal fator restritivo à atividade fotossintética. Nesse aspecto, destaca-se que a disponibilidade hídrica no ambiente de cultivo influencia diretamente o processo de abertura e fechamento estomático, influenciando assim a expressão da taxa de fotossíntese líquida, o que justifica a redução na expressão dessa variável em condições de maior déficit hídrico, conforme figura 10A.

As variáveis transpiração e condutância estomática também foram influenciadas de forma significativa pelos déficits hídricos aplicados. Aos 28 e 56 DAT, a média máxima para a variável transpiração foi verificada em T2 ( $6,21$  e  $6,29 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente), todavia estatisticamente iguais às médias verificadas em T1 e T3, em ambas as avaliações (Figura 10B). Para a variável condutância estomática as maiores médias foram verificadas em T1, T2 e T3, com valores máximos de  $0,61$  e  $0,65 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  observados em T1, respectivamente às avaliações realizadas aos 28 e 56 DAT (Figura 10C).

É sabido que o influxo de  $\text{CO}_2$  ocorre necessariamente por meio dos estômatos na atividade fotossintética, ocorrendo também nesse processo, o efluxo de água por meio da transpiração, constituindo o movimento de abertura e fechamento estomático como o principal mecanismo de controle de trocas gasosas em plantas superiores (SILVA *et al.*, 2015). Assim, a baixa disponibilidade hídrica no solo pode ocasionar o fechamento estomático e prejudicar a expressão das variáveis transpiração e condutância estomática, conforme pode ser observado nas figuras 10B e 10C, onde tratamentos com déficits hídricos mais severos proporcionaram menor expressão das referidas variáveis.

**Figura 10** – Teste de Tukey para taxa de fotossíntese líquida (A), transpiração (B), condutância estomática (C) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (C) em pimentão sob déficits hídricos (identificação dos tratamentos conforme tabela 1).



Colunas de mesma cor com médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05). \* - avaliação realizada aos 56 DAT.

Fonte: Elaborada pelos autores.

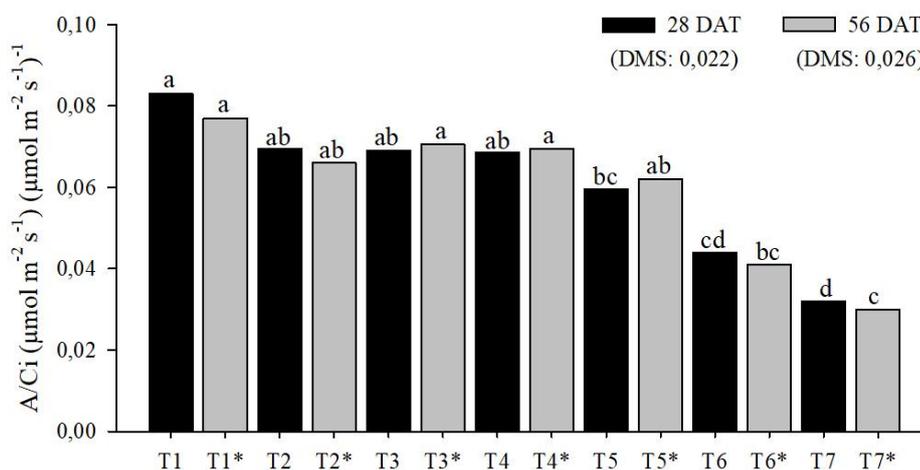
A maior média para a variável concentração interna de CO<sub>2</sub> na avaliação realizada aos 28 DAS foi verificada em T1 (283,50 ppm), todavia, estatisticamente igual aos demais tratamentos, à exceção de T7 (223,50 ppm). Aos 56 DAT a variável manteve comportamento

similar à primeira avaliação, destacando-se maior diferenciação das médias em resposta aos déficits hídricos aplicados. As maiores médias nessa avaliação foram observadas em T1, T2, T3 e T4, com valor máximo verificado em T1 (298 ppm), média 46,4% superior à média do tratamento T7 (Figura 10D).

Resultado similar foi observado na cultura da berinjela por Silva *et al.* (2015), onde verificaram maiores médias da variável concentração interna de CO<sub>2</sub> em condições de maior disponibilidade hídrica. Maiores valores de Ci são comumente acompanhados de acréscimos na gs, fato corroborado pelos resultados verificados na cultura do pimentão, conforme figura 10D.

A eficiência instantânea de carboxilação na cultura do pimentão respondeu de forma significativa à aplicação de déficits hídricos variáveis (Figura 11). Aos 28 DAT, as maiores médias foram observadas em T1, T2, T3 e T4, cujo maior valor, 0,083 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )<sup>-1</sup>, verificado em T1, foi superior em 159% ao valor médio do tratamento T7, 0,032 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )<sup>-1</sup>.

**Figura 11** – Teste de Tukey para a variável eficiência instantânea de carboxilação na cultura do pimentão, cultivar Cascadura Ikeda, em resposta à aplicação de diferentes déficits hídricos variáveis dentre os estádios de desenvolvimento da cultura (identificação dos tratamentos conforme tabela 1).



Fonte: Elaborada pelos autores.

Aos 56 DAT, a eficiência de carboxilação manteve o mesmo padrão de variação verificado aos 28 DAT, em resposta aos tratamentos aplicados. A média máxima, em termos absolutos, foi verificada em T1, 0,077 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )<sup>-1</sup>, todavia, estatisticamente igual à T2, T3, T4 e T5. As menores médias, verificadas em T6 e T7, foram iguais a 0,041 e 0,030 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )<sup>-1</sup>, respectivamente.

A eficiência instantânea de carboxilação possui correlação direta com a taxa fotossintética das plantas, com a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e sua concentração intracelular. Assim, caso as concentrações de CO<sub>2</sub> intercelulares estiverem em níveis baixos, o influxo deste componente nas células do mesófilo será restringido; nesse cenário, a planta passará a utilizar o CO<sub>2</sub> oriundo da respiração para manter um nível mínimo de fotossíntese, todavia, limitada (TAIZ e ZEIGER, 2013).

### **3.5 Conclusões**

O manejo da irrigação com déficit hídrico pode ser aplicado na cultura do pimentão com economia de 12,7% de água sem comprometer a produtividade e a eficiência do uso da água, desde que realizada com redução de 25% da lâmina de irrigação nos estádios II e IV, conforme T2, sugerindo também a possibilidade de maior preservação dos recursos hídricos disponíveis.

Reduções de até 30,1% nas lâminas de irrigação, distribuídas conforme T2, T3 ou T4, não prejudicam a expressão de ampla maioria dos parâmetros vegetativos e fisiológicos da cultura do pimentão. Reduções superiores, como em T5, T6 e T7, reduzem de forma acentuada a expressão das referidas variáveis e qualidade estética das plantas, devido ao maior déficit hídrico.

Portanto, os manejos de irrigação recomendados para o cultivo do pimentão em campo são T1 e T2 (100% da lâmina de irrigação e redução de 25% da lâmina nos estádios II e IV, respectivamente). Os manejos conforme T3, T4, T5, T6 e T7 não são recomendados para a cultura sob cultivo em campo.

## REFERÊNCIAS

- ABDELKHALIK, A.; PASCUAL, B.; NÁJERA, I.; DOMENE, M.A.; BAIXAULI, C.; PASCUAL-SEVA, N. Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip-irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under Mediterranean conditions. **Irrigation Science**, Califórnia, v. 38, p. 89-104, 2020.
- AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I.; UCHÔA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. 1. ed. Fortaleza: UFC, 1993. 247 p.
- ASHRAF, M.; SHAHZAD, S. M; AKHTAR, N.; IMTIAZ, M.; ALI, A. Salinização/sodificação do solo e dinâmica fisiológica do girassol irrigado com água salina-sódica que altera o adubo de potássio e quintal da fazenda. **Jornal de Reutilização e Dessalinização da Água**, London, v. 7, p. 476-487, 2017.
- BOMFIM, M. P.; SILVA, J. S.; COSTA, C. C.; SANTOS J.B. Physical-chemical quality and bioactive compounds of red bell pepper, under soil cover and fertilization. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, Recife, v. 15, n. 1, e6020, 2020.
- BOSCO, M. R. O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, p. 296-302, 2009.
- CARDOZO, M. T. D.; GALBIATTI, J. A.; SANTANA, M. J.; CAETANO, M. C. T.; CARRASCHI, S. P.; NOBILE, F. O. Pimentão (*Capsicum annuum*) fertilizado com composto orgânico e irrigado com diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 673-684, 2016.
- CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C; OLIVEIRA, E. C.; AQUINO, R. F. Pimentão cultivado em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 236-245, 2016.
- COSTA, F. C.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; MARTINS, W. M. O.; FREITAS, C. I. A. Produtividade, compatibilidade e fenologia de pimentão enxertado sobre diferentes portas enxertos em cultivo orgânico. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 4, p. 441-448, 2014.
- COSTA, F. S.; LIMA, A. S.; MAGALHÃES, I. D.; CHAVES L. H. G.; GUERRA, C. Fruit production and SPAD index of pepper (*Capsicum annuum* L.) under nitrogen fertilizer doses. **Australian Journal of Crop Science**, Austrália, v. 12, p. 11-15, 2018.
- DÍAZ-PÉREZ, J. C.; HOOK, J. E. Plastic-mulched Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.) Plant Growth and Fruit Yield and Quality as Influenced by Irrigation Rate and Calcium Fertilization. **American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 52, n. 5, p. 774-781, 2017.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179 p. Irrigation and Drainage Paper, 24.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

FARIA, P. N. L.; CARDOSO, G. A.; FINGER, K. A.; LUIS, F.; CECON, P. R. Estudo da variabilidade genética de amostras de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.) existentes num banco de germoplasma: um caso de estudo. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 1, p. 17- 22, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Revisada e ampliada. Viçosa, MG: UFV, 2013. 421 p.

JACINTO JÚNIOR, S. G.; MORAES, J. G. L.; SILVA, F. D. B.; SILVA, B. N.; SOUSA, G. G.; OLIVEIRA, L. L. B.; MESQUITA, R. O. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 3, p. 413-422, 2019.

KELLER, J. **Trickle irrigation**. En Soil Conservation Service National Engineering Handbook. Colorado, 1978, 129.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation desing**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975.

KOPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**. Leipzig: Walter de Gruyter, 1931. 338 p.

KUŞÇU, H.; TURHAN, A.; ÖZMEN, N.; AYDINOL, P.; DEMIR, A. O. Response of red pepper to deficit irrigation and nitrogen fertigation. **Archives of Agronomy and Soil Science**, Berlin, v. 62, n. 10, p. 1396-1410, 2016.

LARA-CABEZAS, W. A. R.; KORNDÖRFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de  $\text{NNH}_3$  na cultura do milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluídas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 489-496, 1997.

LIMA, G. S.; BROETTO, F.; SOUSA, A. P.; CORREIA, J. S.; SILVA, A. O. Impactos nutricionais e produção de pimentão submetido à deficiência hídrica. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 724-735, 2016.

LORENZONI, M. Z.; REZENDE, R.; SOUZA, A. H. C.; SANTOS, F. A. S.; LOZANO, C. S.; SERON, C. C. Gas exchange, leaf and root dry mass in bell pepper under fertigation with nitrogen and potassium. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 2, p. 511-520, 2018.

MATOS FILHO, H. A.; SILVA, C. A.; BASTOS, A.V. S. Níveis de irrigação associados a doses de hidrogel na cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 3906-3918, 2020.

NASCIMENTO, W. M. **Produção de Sementes de Hortaliças** - Volume I. 1. ed., 2014. 315 p.

NUNES JÚNIOR, E. S.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. A.; LIMA, L. A.; BEZERRA, F.M.S.; ALVES, R.C. Nitrogen and potassium fertigation in bell pepper cultivated in greenhouse using fertigation managements. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 3, p. 186-190, 2017.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BOAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 95-103, 2008.

PADRÓN, R. A. R.; GUEDES, J. V. C.; SWAROWSKY, A.; NOGUEIRA, C. U.; CERQUERA, R. R.; DÍAZ-PEREZ, J. C. Supplemental irrigation levels in bell pepper under shade mesh and in open-field: crop coefficient, yield, fruit quality and water productivity. **African Journal of Agricultural Research**, Ilha Vitoria, v. 10, n. 44, p. 4117-4125, 2015b.

PATANÈ, C.; SAITA, A. Biomass, fruit yield, water productivity and quality response of processing tomato to plant density and deficit irrigation under a semi-arid Mediterranean climate. **Crop and Pasture Science**, Melbourne, v. 66, p. 224-234, 2015.

SANTOS, E. S.; SILVA, E. F. F.; MONTENEGRO, A. A. S.; SOUZA, E. S.; SOUZA, R. M. S.; SILVA, J. R. I. Produtividade do pimentão sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio em região semiárida. **Irriga**, Botucatu, v. 23, n. 3, p. 518-534, 2018.

SANTOS, H. C. A.; LIMA JÚNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P.; CASTRO, G. L. S.; GOMES, R. F. Yield of fertigated bell pepper under different soil water tensions and nitrogen fertilization. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 1, p. 172-183, 2020.

SENGIK, E.; KIEHL, J. C. Controle da volatilização em terra tratada com uréia e turfa pelo emprego de sais inorgânicos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 19, p. 455-461, 1995a.

SENGIK, E.; KIEHL, J. C. Efeito dos resíduos orgânicos e do fosfato monocálcico na volatilização da NH<sub>3</sub> em terra tratada com ureia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 19, p. 321-326, 1995b.

SEZEN, S. M.; YAZAR, A.; DASGAN, Y.; YUCEL, S.; AKYILDIZ, A.; TEKIN, S.; AKHOUNDNEJAD, Y. Evaluation of crop water stress index (CWSI) for red pepper with drip and furrow irrigation under varying irrigation regimes. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 143, p. 59-70, 2014.

SHAMMOUT, M. W.; QTAISHAT, T.; RAWABDEH, H.; SHATANAWI, M. Improving Water Use Efficiency under Deficit Irrigation in the Jordan Valley. **Sustainability**, Basel, v. 10, 2018.

SILVA, F. C. 2009. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília DF, Brasil, 627 p.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.

- SILVA, G. H.; FERREIRA, M. G.; PEREIRA, S. B.; DELAZARI, F. T.; SILVA, D. J. H. Resposta da cultura do pimentão a lâminas de irrigação calculadas por diferentes metodologias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 1, 2018.
- SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SILVA, J. A. G.; SANTOS, C. M.; SHARMA, V. Relationships between physiological traits and productivity of sugarcane in response to water deficit. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 152, 2013.
- SOARES, J. R. S.; PAES, J. S.; ARAÚJO, V. C. R.; ARAÚJO, T. A.; RAMOS, R. S.; PICANÇO, M. C.; ZANUNCIO, J. C. Spatiotemporal Dynamics and Natural Mortality Factors of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) in Bell Pepper Crops, **Neotropical Entomology**, Londrina, 2020.
- SOARES, L. A. A.; SOUSA, J. R. M.; BRITO, M. E. B.; ANDRADE, E. M. G.; SÁ, F. V. S.; SILVA, E. C. B. Respostas fisiológicas tomateiro na fase de floração sob estresse hídrico. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 51-55, 2012.
- SOUZA, A. H. C.; REZENDE, R.; LORENZONI, M. C.; SANTOS, F. A. S.; OLIVEIRA, J. M. Response of bell pepper to water replacement levels and irrigation times. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, 2019.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 954p.
- VU, D. T.; TANG, C.; ARMSTRONG, R. D. Changes and availability of P fractions following 65 years of P application to a calcareous soil in a Mediterranean climate. **Plant and soil**, Barcelona, v. 304, p. 21-34, 2008.
- YANG, H.; DU, T.; QIU, R.; CHEN, J.; WANG, F.; LI, Y.; WANG, C.; GAO, L.; KANG, S. Improved water use efficiency and fruit quality of greenhouse crops under regulated deficit irrigation in northwest China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 179, p. 193-204, 2017.

#### 4 CAPÍTULO 3 - MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DA CULTURA DO PIMENTÃO

##### RESUMO

O manejo adequado da adubação nitrogenada constitui-se em fator fundamental para a obtenção de níveis satisfatórios de produtividade na cultura do pimentão. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito de doses de nitrogênio aplicadas convencionalmente e por fertirrigação sobre o crescimento vegetativo, parâmetros fisiológicos e nutrição da cultura do pimentão (*Capsicum Annum* L.). O estudo foi conduzido na Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, sob um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial (2 x 5), sendo duas formas de adubação (convencional e fertirrigado) e cinco doses de N (0, 240, 480, 720 e 960 kg ha<sup>-1</sup>). A parcela constituiu-se de duas plantas. Foram avaliadas as variáveis altura da planta, diâmetro do caule, área foliar e massa seca de parte aérea. Contabilizou-se o número de frutos por planta e nas variáveis de pós-colheita foram avaliadas o diâmetro, comprimento e massa média de frutos, sólidos solúveis e a produtividade. Nos parâmetros fisiológicos foram estimadas a fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO<sup>2</sup>, eficiência instantânea de carboxilação e índice SPAD. Foram determinados também os teores foliares de N, P, K, Ca e Mg. Não houve interação entre os fatores testados e os métodos de adubação influenciaram de forma significativa somente a massa média de frutos (convencional > fertirrigado). As doses de N influenciaram todas as variáveis de crescimento e pós-colheita, com exceção dos sólidos solúveis. Os parâmetros fisiológicos e o teor foliar de N foram influenciados de forma significativa pelas doses de N. A produtividade foi ajustada em um modelo polinomial quadrático em função das doses de N, com média máxima estimada em 13,05 t ha<sup>-1</sup> na dose ótima de 615 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Palavras-chave:** *Capsicum annum* L.; quimigação; adubação nitrogenada; trocas gasosas.

### CHAPTER 3 - NITROGEN FERTILIZATION MANAGEMENT IN PIMENTÃO CULTURE PRODUCTION

#### ABSTRACT

The proper management of nitrogen fertilization is a fundamental factor to obtain satisfactory levels of productivity in the pepper crop. Therefore, the objective was to evaluate the effect of nitrogen doses applied conventionally and by fertigation on the vegetative growth, physiological parameters and nutrition of the sweet pepper (*Capsicum Annum* L.) crop. The study was carried out at Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, under a completely randomized design with four replications, in a factorial scheme (2 x 5), with two forms of fertilization (conventional and fertigated) and five doses of N (0, 240, 480, 720 and 960 kg ha<sup>-1</sup>). The plot consisted of two plants. The variables plant height, stem diameter, leaf area and shoot dry mass were evaluated. The number of fruits per plant was counted and in the post-harvest variables the diameter, length and average weight of fruits, soluble solids and productivity were evaluated. In the physiological parameters, net photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, internal CO<sub>2</sub> concentration, instantaneous carboxylation efficiency and SPAD index were estimated. Leaf contents of N, P, K, Ca and Mg were also determined. There was no interaction between the factors tested and the fertilization methods significantly influenced only the average fruit mass (conventional > fertigated). N doses influenced all growth and post-harvest variables, with the exception of soluble solids. Physiological parameters and leaf N content were significantly influenced by N rates. Yield was adjusted in a quadratic polynomial model as a function of N rates, with a maximum estimated average of 13.05 t ha<sup>-1</sup> at the optimal rate. of 615 kg ha<sup>-1</sup> of N.

**Keywords:** *Capsicum annum* L.; chemigation; nitrogen fertilization; gas exchange.

#### 4.1 Introdução

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) constitui-se em uma das espécies de solanaceae mais cultivada e amplamente consumida no Brasil (LORENZONI *et al.*, 2015), com produção anual próxima de 290.000 toneladas, posicionando o país entre os maiores produtores dessa cultura no mundo (OLIVEIRA *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2019). Esse alto valor comercial faz dessa hortaliça uma cultura de grande importância econômica e social no mercado nacional, cujos principais estados produtores são Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Ceará e Pernambuco, que juntos somam 87% da produção nacional (PALMIERI *et al.*, 2017).

A cultura é bastante sensível em vários aspectos, como a ocorrência de pragas e doenças e o manejo da irrigação (CARVALHO *et al.*, 2016; NUNES JUNIOR *et al.*, 2017). Oliveira *et al.* (2015) acrescentam ainda o fator nutrientes, cujo manejo inadequado constitui-se em um dos principais entraves ao desenvolvimento da cultura, especialmente o nitrogênio, que é demandado em grande quantidade e de forma variada ao longo do cultivo, possuindo papel preponderante no crescimento e na obtenção de níveis de produtividade economicamente viáveis (ARAGÃO *et al.*, 2012). O nitrogênio atua na síntese de aminoácidos, clorofila, ácidos nucléicos, enzimas e outros componentes estruturais, além de participar de várias etapas de processos metabólicos e fisiológicos (KRAPP, 2015; TAIZ *et al.*, 2016), influenciando assim a qualidade dos frutos de pimentão (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Apesar de demandado em grande quantidade e influenciar de forma significativa a produção e o crescimento da cultura do pimentão, a aplicação de nitrogênio em excesso no cultivo dessa cultura pode provocar abortamento de flores e maturação tardia, aumentando a possibilidade de ocorrência de doenças, explicitando a importância do emprego de quantidades adequadas de adubos no manejo da fertilização do solo cultivado (LORENZONI *et al.*, 2015).

A possibilidade de realizar o manejo da adubação de forma concomitante à realização da irrigação, apresenta-se como uma alternativa para a obtenção de maior eficiência técnica e econômica nos cultivos. Tendo seu uso cada vez mais frequente, a técnica de fertirrigação possibilita a aplicação dos nutrientes na zona de maior ocorrência de raízes e permite a realização de parcelamento das adubações com facilidade, além de possibilitar ajustes na quantidade de adubos aplicada em diferentes estádios fenológicos da cultura, proporcionando, assim, ganhos econômicos no cultivo (VASCONCELOS *et al.*, 2015).

O pimentão é amplamente cultivado em sistema de produção que usam a irrigação localizada como forma de aplicação de água, técnica que tem como característica a ocorrência de uma restrição do sistema radicular à zona molhada pelo emissor. Tal característica impõe ao manejo da adubação a necessidade de manter nutrientes disponíveis constantemente nessa zona, exigência passível de ser atendida por meio do uso da fertirrigação, em razão das características supracitadas. Costa *et al.* (2015) afirmam que o emprego dessa técnica possibilita o parcelamento das doses de nutrientes entre os diferentes estádios fenológicos da cultura, além de promover uma melhor distribuição dos fertilizantes na zona molhada pelo emissor, região do solo onde há maior concentração de raízes.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o estado nutricional e o desenvolvimento morfológico, fisiológico e produtivo do pimentão cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada aplicados via dois sistemas de manejo, convencional e fertirrigado.

## 4.2 Material e Métodos

O estudo foi conduzido em área experimental, a pleno sol, na Universidade Federal do Ceará (Campus do Pici Professor Prisco Bezerra) em Fortaleza, Ceará, Brasil, localizada precisamente a 3°44' 45" S, 38°34' 55" W, e altitude de 19,5 m, no período de 06 de setembro de 2019 a 17 de dezembro de 2019.

O clima na região onde conduziu-se o estudo caracteriza-se como savana tropical chuvosa, muito quente, com período mais seco concentrado durante o inverno e precipitação máxima nas estações de verão e outono, sendo classificado, conforme Köppen, como do tipo Aw'.

O monitoramento das variáveis climatológicas durante o experimento não indicou a ocorrência de variações atípicas durante a condução do estudo, observando-se valores máximos, mínimos e médios para as variáveis temperatura máxima do ar, temperatura mínima do ar, umidade relativa e velocidade do vento iguais a 33,0, 30,0 e 31,3 °C; 29,0, 21,0 e 25,2 °C; 78,3, 64,0 e 71,0 %; e 5,8, 2,3 e 3,8 m s<sup>-1</sup>, respectivamente. As chuvas consistiram em eventos isolados totalizando um acumulado de 37 mm durante toda a condução da cultura, fato justificado pelo período do ano em que o experimento foi realizado. A evapotranspiração de referência no período totalizou 699,2 mm cujos valores máximo, mínimo e médio foram iguais a, respectivamente, 8,6, 1,8 e 6,5 mm dia<sup>-1</sup>.

A cultivar de pimentão selecionada para a realização do estudo, com base em seu alto valor comercial e características adaptativas à região, foi a Cascadura Ikeda. A semeadura foi realizada em 06 de setembro de 2019 em bandejas de poliestireno de 128 células. As bandejas foram preparadas com substrato a base de composto orgânico e vermiculita (1:1), e mantidas em ambiente protegido até 25 dias após semeadura (DAS). As mudas foram aclimatadas durante cinco dias recebendo três horas de sol diariamente e em seguida foram transplantadas para o campo.

A área experimental foi preparada seguindo algumas etapas, sendo inicialmente realizada a roçagem da vegetação, seguida de aração e gradagem. O espaçamento empregado foi de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, cujo tutoramento foi realizado por meio de piquetes instalados juntos à planta para proporcionar sustentação ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura. Na figura 12, a seguir, pode-se verificar as etapas de preparo da área experimental e as plantas em campo durante a condução do estudo. Outros tratamentos não mencionados foram realizados conforme Filgueira (2013).

**Figura 12** – Etapas de preparação da área experimental: roçagem (A), aração (B), gradagem (C) e área preparada com as plantas distribuídas (D).



Fonte: elaborada pelo autor.

O solo da área experimental foi classificado, conforme Embrapa (2013), como um Argissolo Vermelho-Amarelo de textura franco argilo arenosa. As principais características físicas e químicas verificadas, mediante análises realizadas conforme Silva *et al.* (2009), constam na tabela 6.

**Tabela 6** – Características físicas e químicas do solo da área experimental.

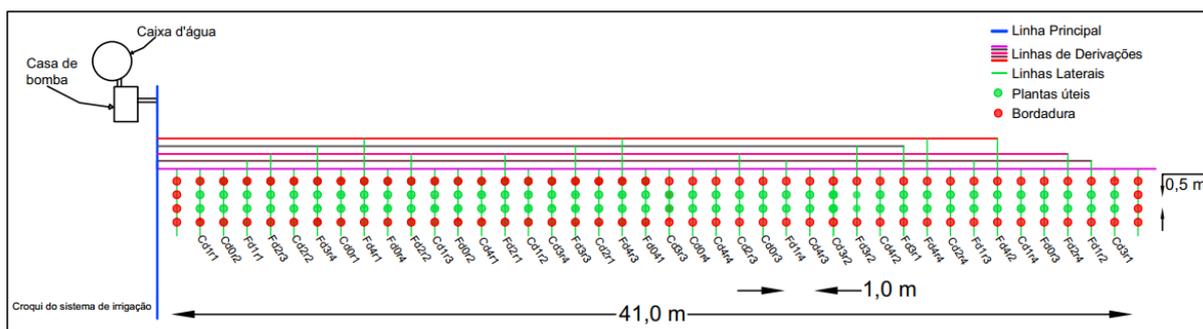
<b>Análise Física</b>				
Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	
62	10	28	1,52	
<b>Complexo sortivo (cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>)</b>				
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>
1,13	0,65	0,31	2,07	0,18
P assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )	N total (g kg <sup>-1</sup> )	C orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	Relação C:N	
33	0,66	6,41	9,71	
pH em água			CE (ds m <sup>-1</sup> )	
6,2			0,41	

Fonte: elaborado pelo autor.

O experimento foi realizado sob um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 x 5), com quatro repetições, onde os fatores consistiram em dois métodos de aplicação do nitrogênio às plantas (convencional e fertirrigado) e os níveis consistiram nas quantidades de 0, 240, 480, 720 e 960 kg ha<sup>-1</sup> de N, que correspondem, respectivamente, aos

tratamentos: sem adubação nitrogenada, metade da dose recomendada, dose recomendada, 150% da dose recomendada e o dobro da dose recomendada para a cultura do pimentão, em ambos os métodos de aplicação do nutriente mencionados anteriormente. A parcela foi constituída de duas plantas (Figura 13).

**Figura 13** – Croqui da disposição dos tratamentos em campo (C – adubação convencional; F – Adubação fertirrigada; d0 – sem adubação; d1 – 240 kg ha<sup>-1</sup> de N; d2 – 480 kg ha<sup>-1</sup> de N; d3 – 720 kg ha<sup>-1</sup> de N; e d4 – 960 kg ha<sup>-1</sup> de N).



Fonte: elaborado pelo Autor.

No preparo da cova para o transplântio das mudas, aplicou-se um litro de composto orgânico a base de esterco bovino por planta. Na fertilização mineral utilizou-se ureia (45% de N), superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (58% de K<sub>2</sub>O), como fontes de N, P e K, respectivamente. O fósforo foi aplicado integralmente na fundação, na forma de superfosfato simples, correspondendo à dose de 704 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. O cloreto de potássio foi aplicado via fertirrigação parcelada em nove aplicações ao longo do ciclo, correspondendo à dose total de 142 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A ureia foi aplicada de forma convencional e fertirrigada, conforme os tratamentos supracitados. Na fertilização convencional, o N foi aplicado da seguinte forma: um terço como fundação, antes do transplântio (160 kg ha<sup>-1</sup>), e dois terços como cobertura, sendo um terço aos 20 e um terço aos 40 dias após o transplante (DAT). Na fertilização via fertirrigação, a aplicação do N foi parcelada em nove aplicações via sistema de irrigação, sendo a primeira aplicação aos 04 DAT. Utilizou-se o FTE - BR 12 como fonte de micronutrientes.

As quantidades de adubos foram definidas com base em Aquino *et al.* (1993). Considerou-se uma eficiência de absorção do P de 20 % (VU *et al.*, 2008), perdas do N aplicado em torno de 60 % (SENGIK e KIEHL, 1995a e b; LARA-CABEZAS *et al.*, 1997) e uma perda de K por movimentação vertical em torno de 30 % (OLIVEIRAS e VILLAS BOAS, 2008).

As irrigações foram realizadas via sistema de gotejamento com vazão média dos emissores de 1,42 l h<sup>-1</sup> e pressão de serviço de 1,0 kgf cm<sup>-2</sup> (Figura 14). A água utilizada

apresentou as seguintes características:  $CE = 0,95 \text{ dS m}^{-1}$ ;  $\text{pH} = 8,0$ ;  $\text{RAS} = 3,05$ ;  $\text{Ca}^{2+} = 1,3 \text{ mmolc L}^{-1}$ ;  $\text{Mg}^{2+} = 3,1 \text{ mmolc L}^{-1}$ ;  $\text{Na}^+ = 4,5 \text{ mmolc L}^{-1}$  e  $\text{K}^+ = 0,4 \text{ mmolc L}^{-1}$ ; Classificação =  $\text{C}_3\text{S}_1$ .

**Figura 14.** Detalhes do sistema de irrigação. Em A, motobomba utilizada no experimento; em B, recalque do sistema de irrigação; em C, detalhe do emissor da linha lateral; em D, visão geral do sistema de irrigação; e em E, linha lateral e muda de pimentão em campo.



Fonte: elaborado pelo Autor.

O manejo da irrigação consistiu na reposição diária da evapotranspiração estimada pelo método do tanque Classe A e pelos coeficientes de cultura nas diferentes fases de desenvolvimento das plantas, conforme Doorenbos e Pruitt (1977). O tempo de irrigação foi dividido em dois turnos, sendo metade aplicado no turno da manhã e metade no final da tarde.

Aos 56 DAT foram avaliadas as variáveis altura da planta (AP, cm) e diâmetro do caule (DC, mm) (Figura 15). Aos 57 DAT realizou-se a primeira colheita de um total de quatro, realizadas em intervalos de sete dias. Por ocasião das colheitas, contabilizou-se o número de frutos por planta (NFP).

**Figura 15.** Aferição do diâmetro do caule (A) e altura (B) em plantas de pimentão cultivado em campo em Fortaleza, Ceará, Brasil.



Fonte: elaborado pelo Autor.

As variáveis de pós-colheita avaliadas foram: sólidos solúveis (SS, °Brix); comprimento (CF, mm), diâmetro (DF, mm) e massa média de frutos (MF, g fruto<sup>-1</sup>). Com os dados das colheitas estimou-se a produtividade da cultura em cada tratamento (PROD, t ha<sup>-1</sup>).

Após a realização das quatro colheitas (78 DAT), avaliou-se a área foliar (AF, cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>). O material vegetal foi acondicionado em sacos de papel e, em seguida, colocados para secar em estufa a 60 °C, até atingirem valor constante, determinando-se a massa seca de parte aérea (MSPA, g planta<sup>-1</sup>). Após a determinação da MSPA, as partes aéreas das plantas foram moídas em moinho tipo Wiley. O material moído foi acondicionado em recipientes vedados para posterior determinação dos teores foliares dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg. A digestão e determinação dos macronutrientes foram realizadas conforme Silva *et al.* (2009). A partir do extrato obtido da digestão nitro-perclórica determinou-se os teores de K, P, Ca e Mg. Os teores de K foram determinados por fotometria de chama, os teores de P por espectrofotometria e os teores de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (SILVA *et al.*, 2009). Os teores de Nitrogênio foram determinados em extratos obtidos por digestão sulfúrica pelo método micro-Kjeldahl (TEDESCO *et al.*, 1995).

O índice relativo de clorofila (Índice SPAD), expressos em unidades SPAD, foi medido usando um medidor portátil (SPAD 502, Minolta Co, Ltd, Osaka, Japan), aos 56 DAT (maturação). As taxas de fotossíntese líquida ( $A$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ),

condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ , ppm) foram determinadas usando um analisador de gás infravermelho (IRGA, Mod. Li-COR® 6400 XT). As medições foram realizadas no período de 8 às 11 horas, nas mesmas folhas utilizadas para avaliação do índice relativo de clorofila. Os dados de trocas gasosas foram utilizados para a determinação da eficiência instantânea de carboxilação, calculada pela relação entre a fotossíntese e a concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $A/C_i$ ,  $\mu\text{mol H}_2\text{O} \mu\text{mol CO}_2^{-1}$ ).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando significativos, os dados foram submetidos ao teste de Tukey para comparação entre as médias. Na análise de regressão optou-se pelas equações que melhor se ajustaram aos dados, selecionando-as com base na significância dos coeficientes de regressão pelo teste F e no coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Utilizou-se o Microsoft Excel (2013) e o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 4.3 Resultados e Discussão

#### *Crescimento vegetativo*

O fator doses de nitrogênio influenciou de forma significativa todas as variáveis de crescimento avaliadas ( $P < 0,01$ ) (Tabela 7).

Não foi verificado efeito significativo para o fator métodos de aplicação, isto é, realizar a aplicação do nitrogênio de forma convencional ou fertirrigada não influencia o crescimento da cultura do pimentão em condições de campo. Não houve interação significativa entre os fatores estudados, de modo que o efeito das doses de nitrogênio deve ser estudado de forma isolada.

**Tabela 7** – Resumo da análise de variância para variáveis altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e massa seca de parte aérea (MSPA) do pimentão Cascadura Ikeda cultivado em campo em função das doses e formas de aplicação do nitrogênio.

FV	GL	Análise de Variância - Quadrados Médios			
		AP	DC	AF	MSPA
Métodos (M)	1	0,8202 <sup>ns</sup>	0,0093 <sup>ns</sup>	0,0414 <sup>ns</sup>	78,822 <sup>ns</sup>
Doses (D)	4	21,975 <sup>**</sup>	1,4085 <sup>**</sup>	17,717 <sup>**</sup>	11521 <sup>**</sup>
M x D	4	1,348 <sup>ns</sup>	0,0185 <sup>ns</sup>	0,4478 <sup>ns</sup>	297,95 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	4,8369	0,1423	2,7974	281,73
Total	39	-	-	-	-
CV (%)	-	10,45	10,16	5,23	9,34

\*\*significativo a 0,01 pelo teste F; (ns) não significativo pelo teste F. FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade.

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 16 observa-se o comportamento da variável altura de plantas em função das doses de nitrogênio aplicadas. O modelo que melhor ajustou-se aos dados foi o linear ( $R^2$  igual a 0,85), com valor de altura estimado em 53,04 cm na maior dose de nitrogênio avaliada ( $960 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

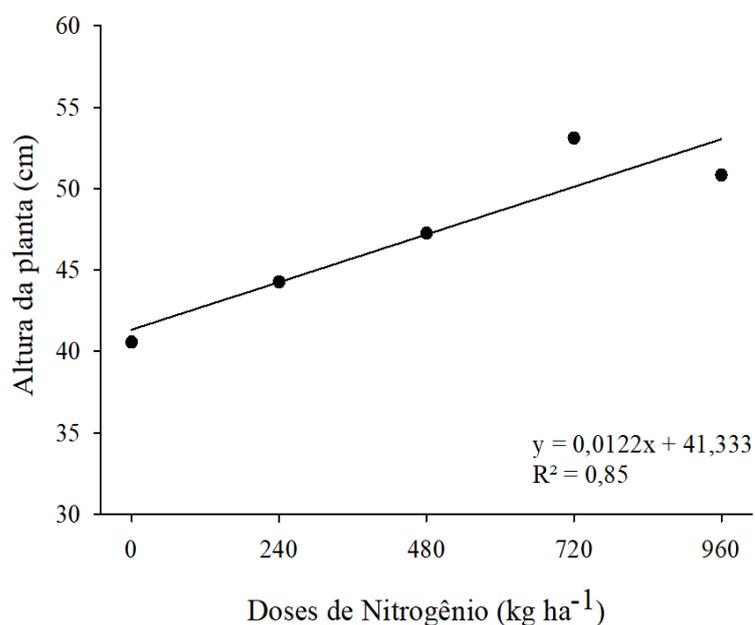
Oliveira *et al.* (2013) também verificaram incremento na altura da cultura do pimentão em resposta à aplicação de doses de nitrogênio, todavia, os autores obtiveram resposta quadrática, onde verificaram incremento de 37,1% na dose máxima estimada em relação à testemunha.

Na literatura constam resultados divergentes quanto ao comportamento dessa variável em resposta à adubação nitrogenada. Araújo (2005) verificou resultados similares aos obtidos no presente estudo com relação a essa variável, obtendo um comportamento linear

crescente desta em função do aumento da adubação nitrogenada fornecida. Carvalho *et al.* (2013), discordando dos resultados supracitados, verificaram um comportamento linear decrescente.

Ortas (2013) na cultura da pimenta e Porto *et al.* (2014) na cultura do tomateiro verificaram efeito positivo da adubação nitrogenada na expressão da variável altura da planta. Posto isso, sugere-se uma investigação mais detalhada do efeito do nitrogênio sobre essa variável, buscando-se repetir os aspectos metodológicos de outros trabalhos.

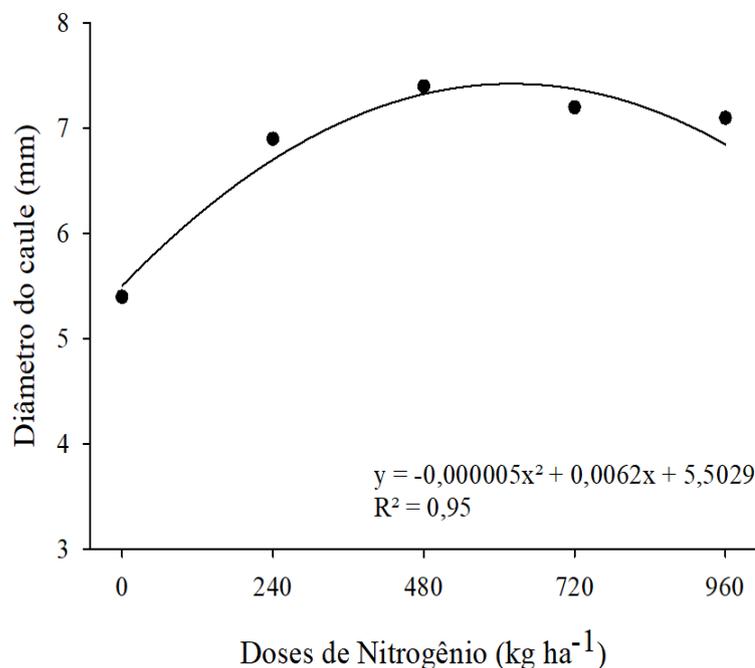
**Figura 16** – Altura das plantas de pimentão em função de doses de nitrogênio.



Fonte: elaborado pelo autor.

Para o diâmetro do caule (Figura 17), o modelo polinomial quadrático apresentou-se como o mais adequado, com  $R^2$  igual a 0,95. O valor máximo para a variável foi estimado em 7,42 mm, obtido com a aplicação de 620 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Figura 17** – Diâmetro do caule em pimentão Cascadura Ikeda em função de doses de nitrogênio.

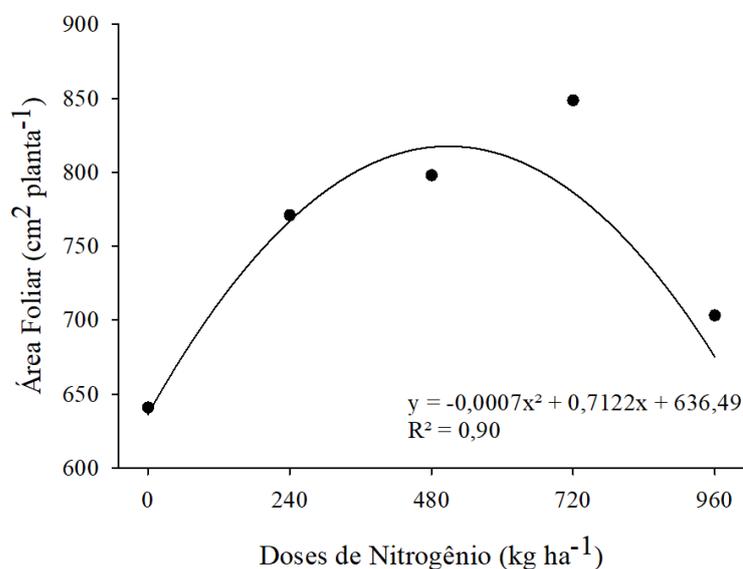


Fonte: elaborada pelo autor.

Respostas similares foram observadas por Medeiros *et al.* (2014) e Oliveira *et al.* (2012), que verificaram comportamento quadrático da variável diâmetro do caule em função da aplicação de N. A influência significativa da adubação nitrogenada sobre variáveis de crescimento da cultura do pimentão era esperada, uma vez que o N é o nutriente mais exportado pela cultura do pimentão (NUNES JÚNIOR *et al.*, 2017) e tem papel preponderante no crescimento vegetativo da cultura (FILGUEIRA, 2008).

A variável área foliar apresentou resposta polinomial quadrática, com  $R^2$  igual a 0,90 (Figura 18). O valor máximo estimado para essa variável foi de 817,64 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> obtido com a aplicação de 508,71 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Figura 18** – Resposta da variável área foliar à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.



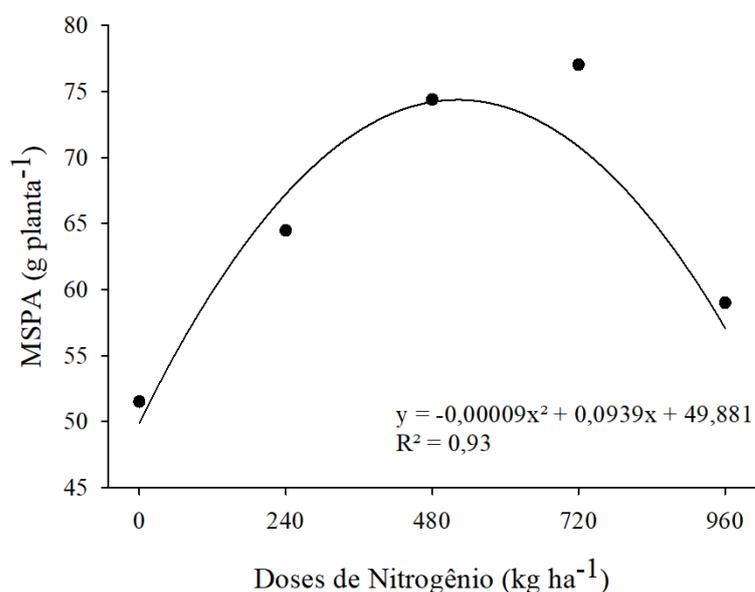
Fonte: elaborado pelo autor.

Oliveira *et al.* (2013) verificaram resposta similar às observadas no presente estudo na cultura do pimentão. Trabalhando com outra cultura agrícola, Silva Júnior *et al.* (2010) observaram resultados na mesma linha, ao verificarem resposta quadrática para o número de folhas e para área foliar em meloeiro em função do aumento das concentrações de nitrogênio na solução do solo.

O nitrogênio é um dos principais promotores do crescimento vegetativo, cuja expressão é notadamente representada pela variável área foliar. Todavia, destaca-se que a aplicação em excesso do nitrogênio no meio de cultivo, ou um desequilíbrio com outro macro ou micronutriente, tem efeitos danosos sobre o crescimento e rendimento do pimentão (MALAVOLTA, 2006). Esse aspecto explica a redução da expressão da variável área foliar em doses acima de 508,71 kg ha<sup>-1</sup> de N, condição observada para outras variáveis conforme comentado nos próximos parágrafos.

No tocante à variável massa seca de parte aérea, verificou-se comportamento similar ao observado em relação à variável área foliar. O modelo que melhor ajustou-se à resposta da variável massa seca de parte aérea do pimentão em função das doses de nitrogênio foi o modelo polinomial quadrático, com  $R^2$  igual a 0,93 (Figura 19). O valor máximo estimado para essa variável, 74,37 g planta<sup>-1</sup>, foi obtido com a dose de 521,66 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Figura 19** – Resposta da variável MSPA (massa seca da parte aérea) à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.



Fonte: elaborado pelo autor.

A dose ótima de adubação nitrogenada com relação à variável massa seca de parte aérea proporcionou um ganho de 44,4 % em relação à expressão da mesma na dose zero de nitrogênio (51,51 g planta<sup>-1</sup>). Os resultados constataam a importância da adubação nitrogenada para a obtenção de crescimento adequado no cultivo de pimentão.

Os efeitos positivos da adubação nitrogenada já foram relatados por outros autores também em outras culturas agrícolas, como em Medeiros *et al.* (2015), na cultura da berinjela, Vieira *et al.* (2016), no tomate cereja, e Medeiros *et al.* (2012), na cultura do tomateiro. Malavolta (2006) destaca que o nitrogênio promove efeitos positivos, no tocante ao crescimento e acúmulo de biomassa nas plantas, devido ao seu papel no metabolismo, uma vez que compõe molécula de clorofila, ácidos nucléicos e proteínas.

Com os resultados obtidos, e considerando a expressão da variável massa seca de parte aérea, extrai-se que o nitrogênio é requerido pelo pimentão até uma dose ótima. Trabalhando com a dose ótima para o crescimento da cultura, pode-se obter maiores níveis de rendimento produtivo, de modo a não ter no aspecto nutricional, um fator limitante para a produção (COSTA *et al.*, 2015).

Haja vista que a dose ótima para a expressão desta e de outras variáveis foram superiores à dose de 100% da recomendação de adubação nitrogenada, os resultados apresentados podem servir de base para o manejo do nitrogênio na cultura do pimentão, uma

vez que o cultivo de hortaliças, visando maior qualidade e produtividade, demanda especial atenção à fertilização do solo e a demanda da cultura (MORAES *et al.*, 2017).

#### *Crescimento reprodutivo e produtividade*

As doses de nitrogênio influenciaram de forma significativa ( $P < 0,01$ ) as variáveis número de frutos por planta, comprimento, diâmetro e massa média de frutos e produtividade (Tabela 8).

Não houve interação significativa dos fatores em nenhuma das variáveis avaliadas, verificando-se efeito significativo isolado dos métodos de adubação apenas para massa média do fruto ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 8** – Resumo da análise de variância para as variáveis número de frutos por planta (NFP), sólidos solúveis (SS), comprimento (CF), diâmetro (DF) e massa média de frutos (MF) do pimentão em função das doses e métodos de adubação.

FV	GL	Análise de Variância - Quadrados Médios					
		NFP	SS	CF	DF	MF	PROD
Métodos (M)	1	0,0077 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	2215,3 <sup>ns</sup>	974,57 <sup>ns</sup>	132,45*	0,1796 <sup>ns</sup>
Doses (D)	4	0,5059**	0,0007 <sup>ns</sup>	5956,8**	6538,3 **	460,57**	2,2419**
M x D	4	0,0014 <sup>ns</sup>	0,0057 <sup>ns</sup>	1123,4 <sup>ns</sup>	12,005 <sup>ns</sup>	12,083 <sup>ns</sup>	0,0030 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0,0229	0,0028	765,72	251,76	20,337	0,0611
Total	39						
CV (%)		6,32	6,44	10,02	8,92	6,31	8,01

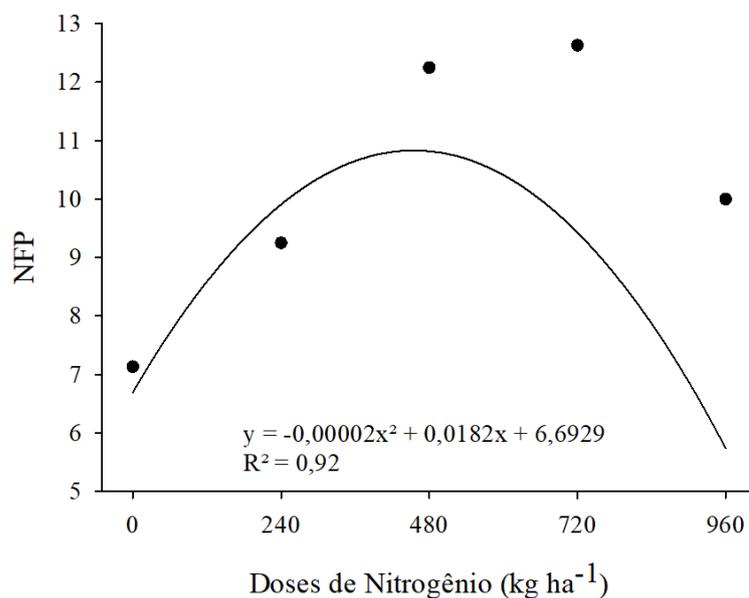
\*\*significativo a 0,01 pelo teste F; \*significativo a 0,05 pelo teste F; (ns) não significativo pelo teste F. FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade.

Fonte: elaborado pelo autor.

Na figura 20 observa-se o comportamento da variável número de frutos por planta em função das doses de nitrogênio.

O modelo que melhor ajustou-se aos dados foi o polinomial quadrático com  $R^2$  de 0,92. O número máximo de frutos por planta foi estimado em 10,8 na dose de 455 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Figura 20** – Resposta da variável NFP (número de frutos por planta) à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.

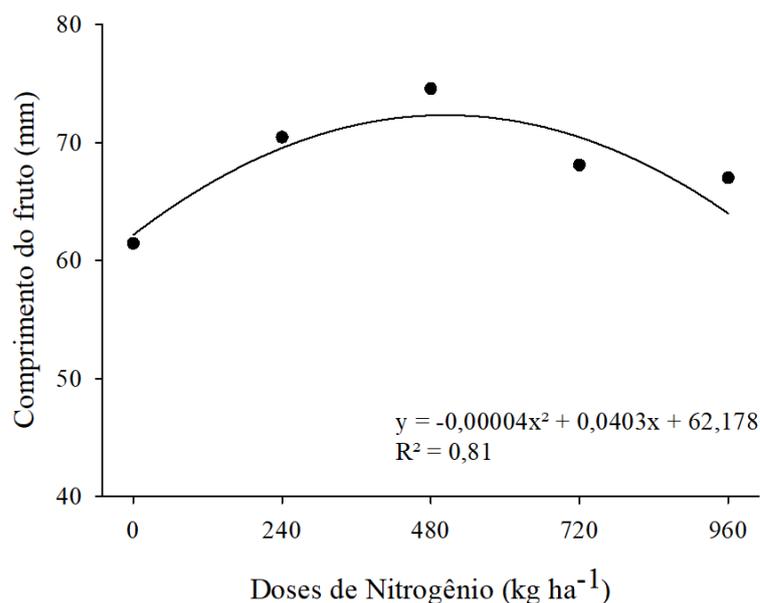


Fonte: elaborado pelo autor.

Ajuste quadrático do número de frutos em pimentão em função de doses de nitrogênio foi verificado também em Oliveira *et al.* (2013), cujas médias diminuíram em níveis de adubação acima da dose ótima. O número de frutos por planta constitui-se em um parâmetro de grande relevância com relação à obtenção de níveis de produtividade satisfatórios; todavia, é importante destacar que a comparação entre esses parâmetros em estudos envolvendo a cultura do pimentão deve ser feita com bastante cautela, pois há uma grande variabilidade entre os ciclos das culturas conduzidas pelos pesquisadores, variando de 126 dias até 224 dias (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

A resposta da variável comprimento do fruto em função das doses de nitrogênio consta na figura 21.

**Figura 21** - Resposta da variável comprimento do fruto à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.



Fonte: elaborado pelo autor.

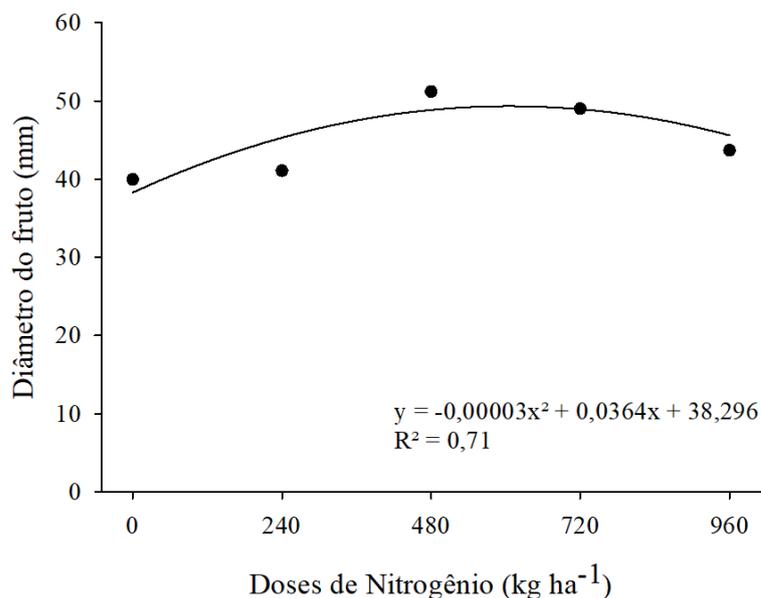
Conforme a figura 14, observa-se que a variável comprimento do fruto ajustou-se a um modelo polinomial quadrático com  $R^2$  igual a 0,81. A dose ideal foi estimada em 503,75 kg ha<sup>-1</sup> de N, à qual proporcionou o comprimento máximo do fruto de 72,34 mm.

Os resultados verificados para essa variável discordam dos obtidos por Santos *et al.* (2020), que não observaram efeito significativo da adubação nitrogenada sobre o comprimento, diâmetro e número de frutos na cultura do pimentão. Resultados semelhantes foram observados por Wahocho *et al.* (2016), os quais obtiveram em cultivo protegido, resposta positiva da variável comprimento do fruto em função da adubação nitrogenada.

A influência positiva da adubação nitrogenada sobre parâmetros produtivos do pimentão, como as características dos frutos, era esperada, dada o papel fundamental desse macronutriente no crescimento vegetal; o comportamento quadrático, sinalizando efeitos negativos em doses elevadas desse nutriente, corrobora com Malavolta (1980) e Lyra (2007) onde abordam as funções e os efeitos negativos da aplicação excessiva de nitrogênio às plantas.

A variável diâmetro do fruto foi influenciada de forma significativa pelas doses de nitrogênio, cuja resposta está apresentada na Figura 22.

**Figura 22** – Resposta da variável diâmetro do fruto à diferentes doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.



Fonte: elaborado pelo autor.

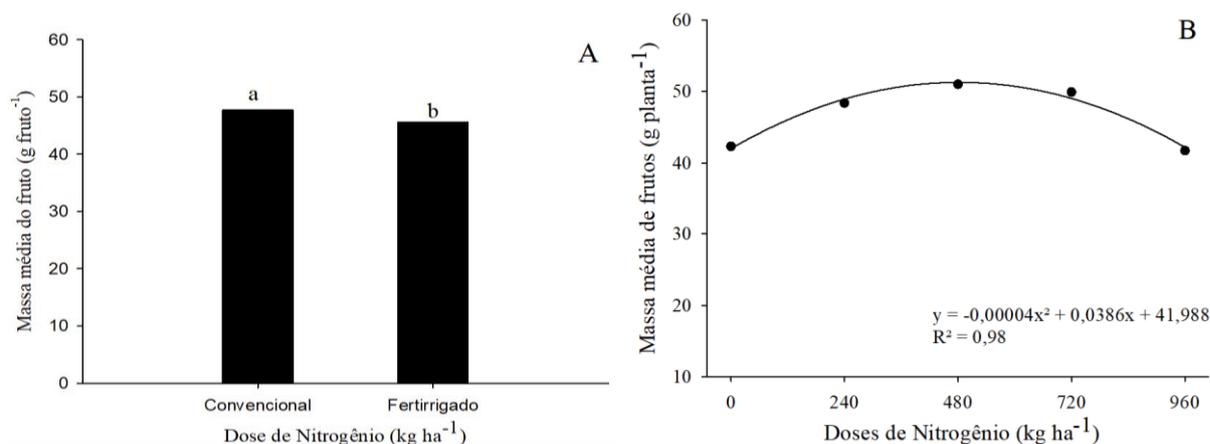
Conforme pode-se observar na Figura 22, a variável diâmetro do fruto ajustou-se a um modelo polinomial quadrático em função das doses de nitrogênio aplicadas, com  $R^2$  de 0,71. O valor máximo para o diâmetro do fruto foi estimado em 49,34 mm, na dose de 606,67 kg ha<sup>-1</sup>.

A resposta obtida no presente estudo é diferente da observada por Santos *et al.* (2020), em estudo investigando o efeito de tensões de água no solo e doses de nitrogênio sobre o crescimento da cultura do pimentão, onde os autores não verificaram efeito significativo das doses de nitrogênio sobre a expressão da variável diâmetro do fruto. Já Araújo *et al.* (2009b), estudando o desenvolvimento da cultura do pimentão cultivado sob doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação, verificaram efeito significativo na variável diâmetro do fruto em função das doses de nitrogênio aplicadas, ajustando os dados em um modelo de regressão linear, diferentemente do ajuste empregado para essa variável na presente pesquisa.

A inibição da expressão dessa variável em doses acima da dose ótima estimada pode ter ocorrido devido a efeitos tóxicos do excesso de nitrogênio ou a baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura.

A variável massa média do fruto respondeu de forma significativa aos métodos de adubação ( $P < 0,05$ ) e às doses de nitrogênio ( $P < 0,01$ ), cujos comportamentos podem ser observados nas figuras 23A e 23B, respectivamente.

**Figura 23** – Resposta da variável massa média do fruto à diferentes métodos de adubação (A) e doses de nitrogênio (B) na cultura do pimentão Cascadura Ikeda. DMS: 2,02, teste de Tukey,  $P < 0,05$ .



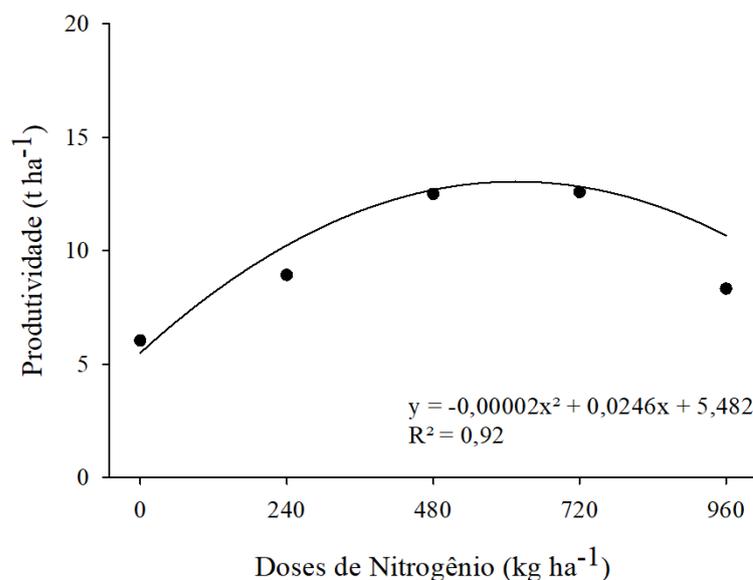
Fonte: elaborado pelo autor.

Observa-se que a média verificada para a massa de frutos no manejo convencional da adubação nitrogenada foi significativamente superior à verificada no manejo fertirrigado (Figura 23A). Apesar da significância estatística verificada, o incremento na massa média de frutos observada no manejo convencional não se converteu em maiores níveis de produtividade, em função de essa tendência de comportamento não ter se repetido nas demais variáveis, como o número de frutos por planta. Esse resultado está de acordo com Teixeira, Natale e Martins (2007), que afirmaram que diversos pesquisadores têm demonstrado que, a depender do nutriente e da espécie agrônômica estudada, nem sempre serão verificadas respostas significativas dos parâmetros de crescimento em função do método de adubação empregado (convencional ou fertirrigado). Apesar da diferença significativa, as médias verificadas para essa variável foram similares nos dois métodos testados (47,72 e 45,62 g fruto<sup>-1</sup> para os métodos convencional e fertirrigado, respectivamente).

Com relação às doses de N, os dados da variável massa média de frutos se ajustaram em um modelo polinomial quadrático com  $R^2$  igual a 0,98. A dose ótima de N foi estimada em 482,5 kg ha<sup>-1</sup>, correspondendo a uma massa de fruto máxima de 51,3 g fruto<sup>-1</sup>. Esse padrão comportamental da massa média de frutos em função da adubação nitrogenada foi observado também por Campos *et al.* (2008). Os autores atribuíram esse efeito positivo do N até o ponto crítico (dose ótima), às inúmeras funções que esse nutriente possui no crescimento e fisiologia, sendo componente da célula vegetal, incluindo aminoácidos e ácidos nucléicos; em excesso, todavia, pode desenvolver resposta tóxicas nas plantas, influenciando negativamente o desenvolvimento das mesmas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A variável produtividade não foi influenciada pelos métodos de aplicação do N e nem pela interação dos fatores testados. Observou-se efeito significativo isolado apenas para o fator doses de N, cujo efeito sobre a produtividade do pimentão está apresentado na Figura 24.

**Figura 24** – Resposta da variável produtividade à doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.



Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme a Figura 24, os dados de produtividade ajustaram-se em um modelo polinomial quadrático em função das doses de N, com  $R^2$  de 0,92. A produtividade máxima foi estimada em  $13,05 \text{ t ha}^{-1}$  de pimentão com a dose ótima de  $615 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Santos *et al.* (2020) verificaram o mesmo padrão de comportamento da produtividade do pimentão em função da adubação nitrogenada. No estudo, os autores destacaram a redução da produtividade em doses superiores à dose ótima estimada, explicitando a importância de uma adubação em quantidades corretas para a obtenção de níveis elevados de produtividade e otimização do uso de fertilizantes. Essa influência positiva da adubação nitrogenada sobre a produção do pimentão já foi destacada também por Filgueira (2008).

Outros autores têm verificado efeitos positivos da adubação nitrogenada sobre o crescimento e a produtividade do pimentão, seja em cultivo em campo aberto (AMINIFARD *et al.*, 2018; MOLLA *et al.*, 2019), ou em cultivo protegido (XIANG *et al.*, 2018; RATURI *et al.*, 2019).

É importante destacar que as variáveis de crescimento, como a massa de parte aérea e área foliar, por exemplo, apresentaram o mesmo padrão de comportamento verificado na variável produtividade; uma explicação para essa observação sustenta-se no fato de plantas

com maior área para captação de luz, apresentar maior produção de fotoassimilados, e consequentemente, potencial de apresentar maiores rendimentos produtivos (ANDRIOLO, 1999).

Além dos benefícios agrônômicos, relacionados ao crescimento e a produtividade das culturas, e os benefícios econômicos, como a redução do desperdício de fertilizante, destaca-se ainda o fato de o N constituir-se em um importante contaminante ambiental, de modo que otimizar seu uso é fundamental para a preservação do meio ambiente (YASUOR *et al.*, 2013).

### *Caracteres fisiológicos*

Todos os parâmetros fisiológicos avaliados foram influenciados de forma significativa e isolada pelo fator doses de nitrogênio. Não houve efeito significativo dos métodos de aplicação e da interação entre os fatores testados, conforme pode ser observado na Tabela 9 a seguir.

**Tabela 9** – Resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas do pimentão cultivado em campo, em Fortaleza, Ceará, Brasil.

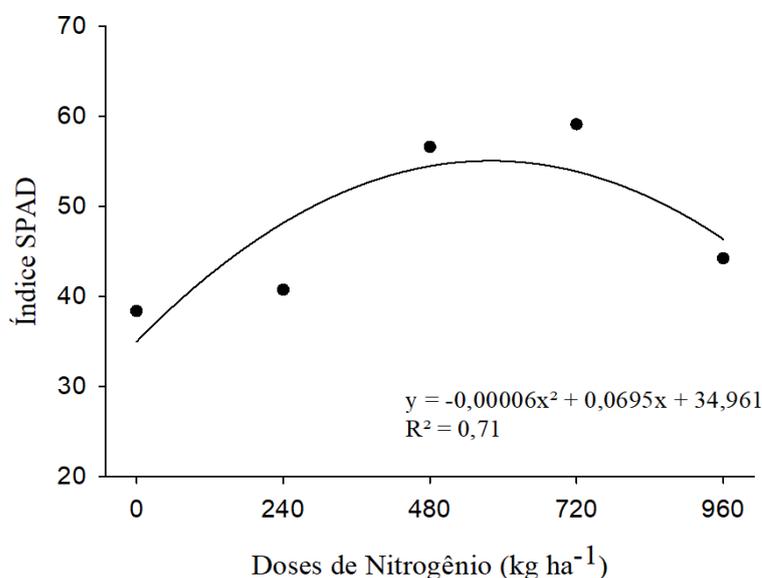
FV	GL	Análise de Variância - Quadrados Médios					
		Índice SPAD	A	E	gs	Ci	A/Ci
Métodos (M)	1	0,0019 <sup>ns</sup>	0,0713 <sup>ns</sup>	0,0177 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	0,0464 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>
Doses (D)	4	0,2005**	368,81**	3,5654**	0,0267**	0,9186**	0,0096**
M x D	4	0,0025 <sup>ns</sup>	1,4497 <sup>ns</sup>	0,0216 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0033 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0,0046	5,2780	0,0580	0,0017	0,0638	0,0001
Total	39	-	-	-	-	-	-
CV (%)		1,95	7,13	8,15	16,25	1,68	0,98

<sup>ns</sup> - Não significativo; \*\* - significativo (P<0,01); \* - significativo (P<0,05); CV - coeficiente de variação; A - taxa de fotossíntese líquida,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; E - transpiração,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; gs - condutância estomática,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; Ci - concentração interna de CO<sub>2</sub>, ppm; A/Ci - eficiência instantânea de carboxilação,  $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ .

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 25 a seguir, consta o comportamento da variável índice SPAD em função das doses de nitrogênio aplicadas.

**Figura 25** – Resposta da variável Índice SPAD à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.



Fonte: elaborado pelo autor.

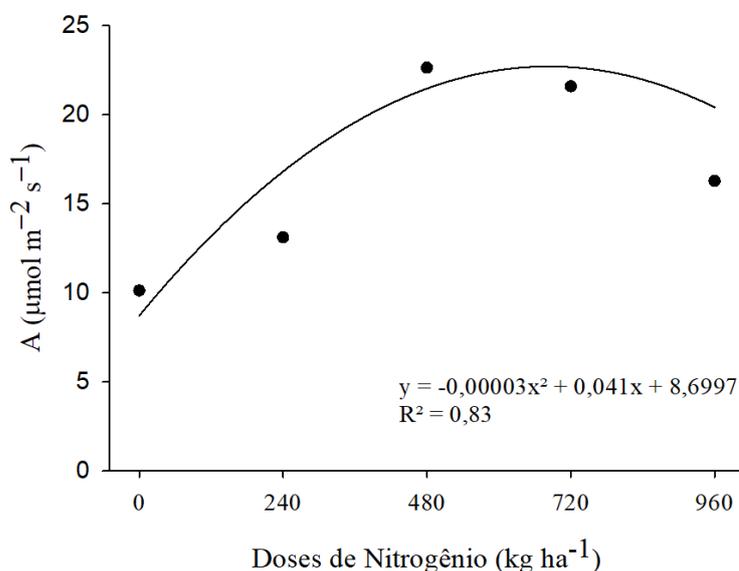
Conforme pode ser observado na figura 25, a variável índice SPAD foi ajustada em um modelo polinomial quadrático, a exemplo do teor de N foliar (Figura 31), com  $R^2$  igual a 0,71. A dose ótima de N foi estimada em 579,17 kg ha<sup>-1</sup>, com a qual estimou-se a média máxima de 55,08 unidades SPAD.

O índice SPAD, ou a medida da intensidade do verde, tem apresentado correlação significativa com o teor de clorofila e concentração de N foliar (FERNANDES *et al.*, 2011; FONTES, 2016).

O aumento do índice SPAD em função do aumento da adubação nitrogenada até a dose ótima explicita a relação entre esse nutriente com a intensidade do verde da planta, teor de clorofila, aumento da atividade fotossintética e aumento da produção (TAIZ e ZEIGER, 2013).

O comportamento da variável fotossíntese líquida em função de doses de nitrogênio consta na Figura 26. O modelo que melhor ajustou-se aos dados foi o polinomial quadrático. A dose ótima estimada pelo modelo foi igual a 683,33 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, cuja média correspondente para a variável fotossíntese líquida é estimada em 22,71  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

**Figura 26** – Resposta da variável fotossíntese líquida à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.



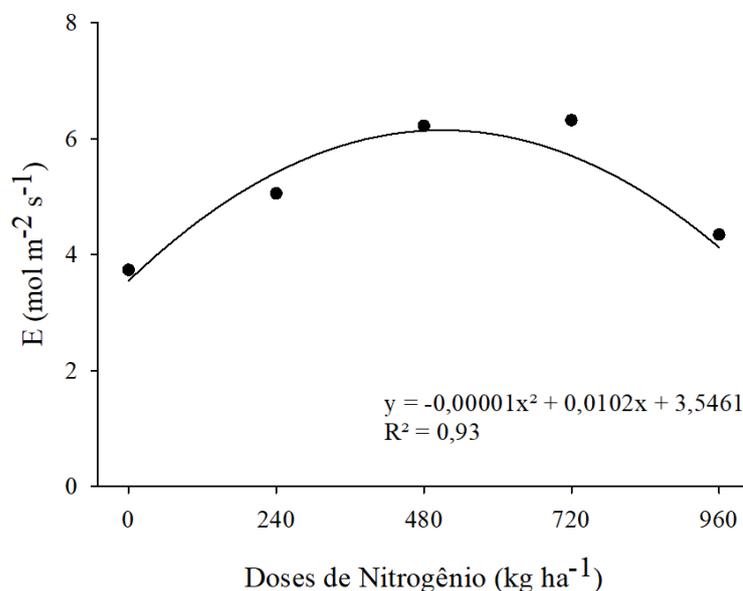
Fonte: elaborado pelo autor.

Observando a Figura 26, verifica-se que o aumento na dose de N promoveu incremento na fotossíntese líquida até certo ponto, a partir do qual diminuiu. Esse tipo de comportamento da taxa de fotossíntese líquida em função de doses de adubação nitrogenada foi verificado também em Lorenzoni *et al.* (2018), em estudos sobre a influência da adubação com N e K sobre as trocas gasosas do pimentão.

As menores taxas de fotossíntese líquida em condições de baixo fornecimento de N às plantas associam-se ao fechamento dos estômatos, evento que responde diretamente à deficiência de N no meio de cultivo ou ao aumento da pressão parcial de CO<sub>2</sub> dentro dos cloroplastos (BROADLEY *et al.*, 2001). Por outro lado, Marschner (2012) destaca que o excesso de N também pode ser prejudicial ao processo fotossintético, pois em grande quantidade podem desencadear estresse osmótico ou causar efeitos tóxicos às plantas, que podem causar fechamento estomático, reduzir a condutância estomática e transpiração, e, conseqüentemente, ocasionar uma redução na taxa de fotossíntese, o que pode explicar os resultados verificados no presente estudo para essa variável em doses acima de 683,33 kg ha<sup>-1</sup> de N.

O modelo que melhor ajustou-se aos dados de transpiração em função de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda foi o modelo polinomial de segundo grau com R<sup>2</sup> igual a 0,93, conforme pode-se observar na Figura 27 a seguir.

**Figura 27** – Resposta da variável transpiração à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.

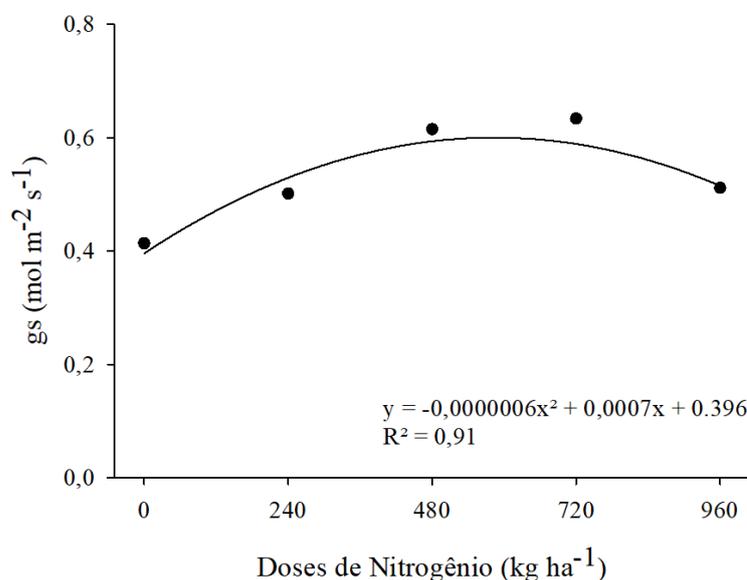


Fonte: elaborado pelo autor.

A dose ótima de nitrogênio foi estimada em 510 kg ha<sup>-1</sup>, com a qual estima-se uma transpiração média de 6,15 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. O comportamento da variável transpiração apresentou a mesma tendência de comportamento observada para a variável fotossíntese líquida. Essa tendência similar era esperada, dada a correlação positiva entre os dois parâmetros, já observada inclusive em outras culturas, como o orégano, por exemplo (PRAZERES *et al.*, 2015). Concordando com os resultados obtidos no presente estudo, Lorenzoni *et al.* (2018) observaram comportamento quadrático para a variável transpiração da cultura do pimentão cultivada sob doses de nitrogênio. Destaca-se que o fator determinante para o processo de transpiração nas plantas é o fechamento e abertura estomática, de modo que condições de estresse, como a deficiência ou excesso de N no meio de cultivo, tendem a impactar esse mecanismo fisiológico, afetando, conseqüentemente, a expressão da variável transpiração (LIMA *et al.*, 2010).

A variável condutância estomática também respondeu de forma significativa à aplicação de doses de nitrogênio, ajustando-se a um modelo de regressão polinomial de segundo grau com R<sup>2</sup> igual a 0,91, conforme Figura 28.

**Figura 28** – Resposta da variável condutância estomática à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.



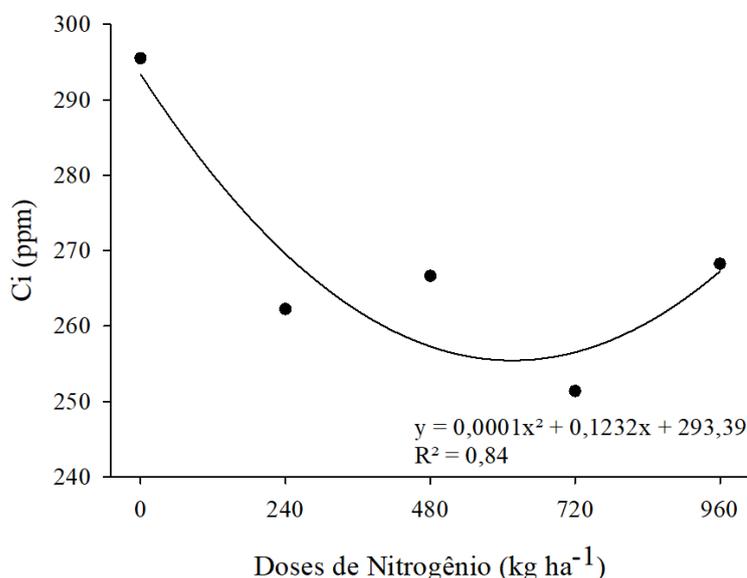
Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme pode-se observar na Figura 28, a variável condutância apresentou comportamento similar ao verificado para as variáveis fotossíntese líquida e transpiração. A dose ótima de N estimada pelo modelo foi igual a 583,33 kg ha<sup>-1</sup>. A média máxima para a variável condutância estomática estimada com a dose ótima de N foi igual a 0,601 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

O resultado verificado indica que a adubação nitrogenada induz a abertura estomática de forma eficiente até um ponto crítico (dose ótima), ocasionando, de forma consequente, aumento das taxas de fotossíntese líquida. Doses elevadas podem reduzir o potencial osmótico da solução do solo, induzindo ao fechamento estomático, impactando sobremaneira a fotossíntese da planta por motivos similares aos pontuados com relação à variável transpiração (BROADLEY *et al.*, 2001).

O comportamento da variável concentração interna de CO<sub>2</sub> consta na figura 29 a seguir.

**Figura 29** – Resposta da variável concentração interna de CO<sub>2</sub> à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.



Fonte: elaborado pelo autor.

A concentração interna de CO<sub>2</sub> apresentou uma tendência quadrática decrescente em função do aumento das doses N, diferentemente do observado para os demais parâmetros fisiológicos. O valor mínimo da concentração interna de CO<sub>2</sub> foi estimada em 255,44 ppm em função da dose de 616 kg ha<sup>-1</sup> de N. O comportamento verificado no presente estudo assemelha-se ao verificado por Andrade Júnior *et al.* (2011) ao estudarem o efeito de doses de N sobre as trocas gasosas na cultura do melão.

Observa-se que enquanto houve redução na concentração interna de CO<sub>2</sub>, verificou-se incremento nas taxas fotossintéticas. Esse comportamento, conforme destacam Andrade Júnior *et al.* (2011), demonstra uma maior eficiência na utilização do CO<sub>2</sub> que entra na célula.

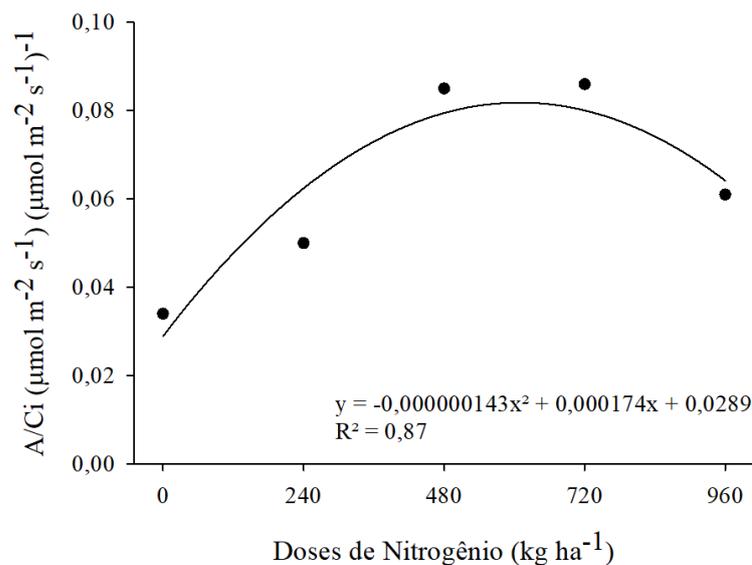
É importante destacar que em doses superiores a 616 kg ha<sup>-1</sup> de N, o CO<sub>2</sub> interno, ainda que disponível, não foi assimilado ou relacionado ao processo fotossintético. Desse comportamento, extrai-se que a redução do processo fotossintético não depende de forma isolada do processo de abertura estomática, mas também das células responsáveis pela assimilação do CO<sub>2</sub> (LORENZONI *et al.*, 2018). O processo de assimilação de CO<sub>2</sub> pode ser influenciado pela redução do potencial osmótico ou acumulação de íons fora da faixa tolerável pela cultura.

Baixos níveis de concentração interna de CO<sub>2</sub> constituem-se em fator limitante à entrada de CO<sub>2</sub> no mesófilo, ocasionando redução do processo fotossintético devido à planta

usar CO<sub>2</sub> da respiração para manter os níveis de assimilação (TAIZ e ZEIGER, 2013; MELO *et al.*, 2017).

O comportamento da variável eficiência instantânea de carboxilação consta na figura 30 a seguir.

**Figura 30** – Resposta da variável eficiência instantânea de carboxilação à aplicação de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do modelo apresentado na figura 30, estimou-se a dose ótima de 608,39 kg ha<sup>-1</sup> de N, com a qual estimou-se a eficiência instantânea de carboxilação máxima de 0,0818 (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>.

A variável eficiência instantânea de carboxilação ajustou-se a um modelo polinomial quadrático com R<sup>2</sup> igual a 0,87. Silva *et al.* (2015) afirmam que elevados níveis de concentração interna de CO<sub>2</sub> e condutância estomática conduzem a elevados valores de eficiência instantânea de carboxilação, devido a disponibilidade de ATP e NADPH. Todavia, destaca-se que mesmo em menores concentrações de CO<sub>2</sub>, a variável eficiência instantânea de carboxilação apresentou o mesmo padrão de comportamento que a variável fotossíntese em função das doses de N.

Melo *et al.* (2017) verificaram comportamentos similares para as variáveis concentração interna de CO<sub>2</sub> e eficiência instantânea de carboxilação. Os autores destacam a estreita relação entre a última variável e as taxas de assimilação e concentração de CO<sub>2</sub>.

Silva *et al.* (2015), adicionalmente, relatam que a eficiência instantânea de carboxilação é dependente da disponibilidade de CO<sub>2</sub> no mesófilo da folha, mas destacam que

o processo fotossintético requer também radiação solar e temperatura em níveis adequados e atividades enzimáticas, evidenciando que o processo fotossintético é também controlado por fatores não estomáticos, aspectos que podem ser refletidos na eficiência instantânea de carboxilação.

*Estado nutricional do pimentão Cascadura Ikeda*

As doses de nitrogênio influenciaram de forma significativa apenas a variável teor de N foliar ( $P < 0,01$ ), conforme Tabela 10.

Não houve efeito significativo dos métodos de adubação sobre nenhuma variável e também não se verificou interação significativa dos fatores estudados.

**Tabela 10** – Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P K, Ca e Mg do pimentão Cascadura Ikeda cultivado em campo em função das doses e formas de aplicação do nitrogênio.

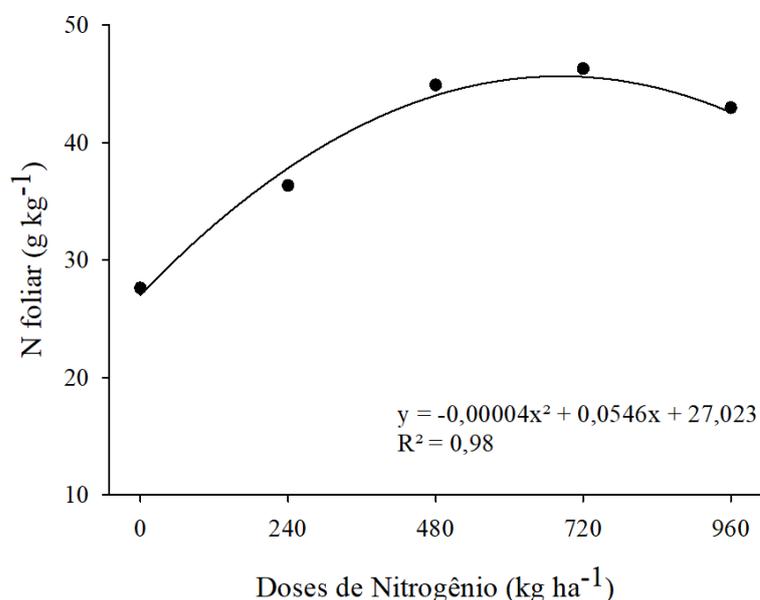
FV	GL	Análise de Variância - Quadrados Médios				
		N	P	K	Ca	Mg
Métodos (M)	1	1,1733 <sup>ns</sup>	0,0022 <sup>ns</sup>	2,9644 <sup>ns</sup>	0,0320 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
Doses (D)	4	1479,9**	0,0019 <sup>ns</sup>	7,6984 <sup>ns</sup>	0,0155 <sup>ns</sup>	0,6784 <sup>ns</sup>
M x D	4	9,4134 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>ns</sup>	0,7377 <sup>ns</sup>	0,0118 <sup>ns</sup>	0,2058 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	46,739	0,0051	6,3122	0,0539	1,27
Total	39					
CV (%)		11,31	6,48	7,94	5,31	24,13

\*\*significativo a 0,01 pelo teste F; (ns) não significativo pelo teste F. FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 31 consta o comportamento do teor foliar de N em função de doses de nitrogênio. Observe que os dados se ajustaram em um modelo polinomial quadrático com  $R^2$  igual a 0,98. A dose ótima estimada pelo modelo foi igual a 682,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, com a qual obteve-se teor foliar de N igual a 40,2 g kg<sup>-1</sup>.

**Figura 31** – Resposta da variável teor de N foliar em função de doses de nitrogênio na cultura do pimentão Cascadura Ikeda.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Trani (2014) destaca que a faixa ideal de teores de nitrogênio nas folhas de pimentão é de 30 a 60 g kg<sup>-1</sup>. No presente estudo, destaca-se que os teores de N foliar mantiveram-se dentro da faixa em ampla faixa de doses abrangida pelo modelo ajustado para os dados, estando ligeiramente abaixo em doses inferiores a 58,9 kg ha<sup>-1</sup> de N. Embora não verificado tal efeito nos resultados apresentados, destaca-se que eventuais reduções nos teores de N foliar na cultura do pimentão na fase produtiva, fora da faixa ideal, são aceitáveis, dado que o N tende a se acumular nos frutos nessa fase (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

Em estudos sobre diferentes manejos de fertirrigação com N e K na cultura do pimentão, Oliveira *et al.* (2015) verificaram comportamento semelhante do teor de N foliar em função de doses de adubação nitrogenada. Influência da adubação nitrogenada sobre o teor de N foliar foi verificada também por Ortas (2013), em pimentão e tomate, onde o autor verificou ainda efeito significativo da adubação nitrogenada sobre os teores de P e K, diferentemente do observado no presente estudo.

#### 4.4 Conclusões

Não houve interação entre os fatores testados sobre nenhuma variável estudada, e houve efeito isolado significativo dos métodos de adubação somente para a variável massa média de frutos.

O fator doses de N influenciou todas as variáveis de crescimento vegetativo do pimentão e todas as variáveis reprodutivas e de pós colheita, com exceção dos sólidos solúveis.

Todas as variáveis fisiológicas foram influenciadas de forma significativa pelas doses de N e o teor de N foliar foi ajustado em um modelo polinomial quadrático em função da adubação nitrogenada.

O aumento das doses de N implicou em aumento da produtividade, com média máxima estimada em  $13,05 \text{ t ha}^{-1}$  na dose de  $615 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

## REFERÊNCIAS

- AMINIFARD, M. H.; BAYAT, H. Influence of different rates of nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annum* L. var. California Wander). **Journal of Horticulture and Postharvest Research**, Birjand, v. 1, p. 105-114, 2018.
- ANDRADE JÚNIOR, W. P.; PEREIRA, F. H. F.; FERNANDES, O. B.; QUEIROGA, R. C. F.; QUEIROGA, F. M. Efeito do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 110-119, 2011.
- ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.
- ARAGÃO, V. F. et al. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 6, p. 207-216, 2012.
- ARAÚJO, E. N. **Rendimento do pimentão (*Capsicum annum* L.), adubado com esterco bovino e biofertilizante**. 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Rural da Paraíba, Areia, 2005.
- ARAÚJO, J. S.; ANDRADE, A. P.; RAMALHO, C. I.; AZEVEDO, C. A. V. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 152-157, 2009b.
- BROADLEY, M. R.; ESCOBAR-GUTIÉRREZ, A. J.; BURNS, A.; BUNS, I. G. Nitrogen-limited growth of lettuce is associated with lower stomatal conductance. **New Phytologist**, Lancaster, v. 152, n. 1, p. 97-106, 2001.
- CAMPOS, V. B.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PRAZERES, S. S. Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. **Revista Biologia e Ciências Da Terra**, São Cristóvão, v. 8, n. 2, 2008.
- CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, E. C.; AQUINO, R. F. Pimentão cultivado em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 23, p. 236-245, 2016.
- CARVALHO, K. S.; KOETZ, M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; NUNES, A. S. Adubação nitrogenada na cultura do pimentão em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 9, n. 17, p. 49-58, 2013.
- COSTA, A. R.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. A cultura da abobrinha italiana em ambiente protegido utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 105-127, 2015.
- FERNANDES, L. J. C. BÔAS, R. L. V.; BACKES, C.; LIMA, C. P.; BÜLL, L. T. Contribuição das concentrações de nitrogênio em bulbilhos de alho tratados com doses de N em cobertura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 242 p.

FONTES, P. C. R. **Nutrição mineral de plantas: análise e diagnóstico**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2016.

KRAPP, A. Plant nitrogen assimilation and its regulation: a complex puzzle with missing pieces. **Current Opinion in Plant Biology**, Oxford, v. 25, p. 155-122, 2015.

LIMA, M. A.; BEZERRA, M. A.; GOMES FILHO, E.; PINTO, C. M.; ENÉAS FILHO, J. Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 654-663, 2010.

LORENZONI, M. Z. et al. Produção de pimentão fertirrigado sob diferentes níveis de nitrogênio e potássio em ambiente protegido. In: **IX Encontro Internacional de produção científica –EPCC**, 2015, Maringá. Anais...Maringá: UniCesumar, n. 9, p. 4-8, 2015.

LORENZONI, M. Z.; REZENDE, R.; SOUZA, A. H. C.; SANTOS, F. A. S.; LOZANO, C. S.; SERON, C. C. Gas exchange, leaf and root dry mass in Bell Pepper under fertigation with nitrogen and potassium. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 2, p. 511-520, 2018.

LYRA, G. B. **Estimativa dos níveis ótimos econômicos de irrigação e de adubação nitrogenada nos mamoeiros (Carica papaya L.) cultivar Golden e do híbrido uenf calíman 01**. 2007.160 f. Tese (Doutorado em Produção vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Goytacazes, 2007.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 254 p.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3th ed. London: Academic Press, 2012. 651 p.

MEDEIROS, A. S.; NOBRE, R. G.; FERREIRA, E. S.; ARAÚJO, W. L.; QUEIROZ, M. M. F. Crescimento inicial da berinjela sob adubação nitrogenada e fosfatada e irrigada com água de reuso. **Revista verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 3, p. 34-40, 2015.

MEDEIROS, A. S.; NUNES JÚNIOR, E. S.; MEDEIROS, J. F.; LINHARES, P. S. F.; ALVES, R. C.; BEZERRA, F. M. S. Desenvolvimento de plantas de pimentão sob diferentes manejos de fertirrigação e proporções de NK. In: **II Inovagri International Meeting**, Fortaleza. 2014.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Eficiência do uso de água e de fertilizantes no manejo de fertirrigação no cultivo do tomateiro sob condições de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, p. 344-351, 2012.

MELO, H. F.; SOUZA, E. R.; DUARTE, H. H. F.; CUNHA, J. C.; SANTOS, H. R. B. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 1, p. 38-43, 2017.

MOLLA, T.; ABERA, G.; BEYENE, S. Effects of nitrogen fertilizer and mulch application on growth performance and pod yields of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) under irrigated condition. **International Journal of Plant & Soil Science**, Hooghly, p. 1-15, 2019.

MORAIS, E. G.; FREIRE, M. M.; SANTOS, A. Y. O.; SILVA JÚNIOR, D. N.; COSTA, B. A. M.; SILVA, G. G. C. Acúmulo de matéria fresca e seca de plantas de rúcula. In: **II Simpósio de Manejo de Solo e Água - SMSA**, 2017, Mossoró. Anais... Mossoró: UFERSA, 2017. n. 2, p. 4-8.

NASCIMENTO, J. T.; SANTOS, H. C. A.; LIMA JÚNIOR, J. A.; GURGEL F. L.; AVIS, W. L. C.; LIMA, V. M.; BARRAL, D. S.; SILVA, D. P.; SOARES, R. C.; SILVA, J. F. Teor nutricional na folha e no fruto de pimentão fertirrigado, em função de tensões de água no solo e doses de nitrogênio. In: RIBEIRO, J. C. (Org.). **Impacto, excelência e produtividade das ciências agrárias no Brasil 3**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

NUNES JÚNIOR, E.S.; MEDEIROS, J.F.; OLIVEIRA, F.A.; LIMA, L.A.; BEZERRA, F.M.S.; ALVES, R.C. Nitrogen and potassium fertigation in bell pepper cultivated in greenhouse using fertigation managements. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 3, p. 186-190, 2017.

OLIVEIRA, F. A.; **Cultivo de pimentão em ambiente protegido utilizando diferentes manejos de fertirrigação**. 2012. 223 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade de São Paulo – ESALQ, Piracicaba, 2012.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, R. C. P.; LIMA, C. J. G. S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1152–1159, 2013.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; LIMA, K. S. Nutrição mineral do pimentão submetido a diferentes manejos de fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 216-223, 2015.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, R. C. P.; LIMA, K. S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1152-1159, 2013.

ORTAS I. Influences of nitrogen and potassium fertilizer rates on pepper and tomato yield and nutrient uptake under field conditions. **Scientific Research and Essays**, v. 8, p. 1048-1055, 2013.

PALMIERI, F. G.; RODRIGUES, G. G.; MARCOMINI, L. R. S. Pequenos mercados, grandes oportunidades: boas opções para diversificar a produção. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 171, p. 8-14, 2017.

PORTO, J. S.; AMORIM, Y. F.; REBOUÇAS, T. N. H.; LEMOS, O. L.; LUZ, J. M. Q.; COSTA, R. Q. Índice SPAD e crescimento do tomateiro em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 10, n. 11, p. 110-203, 2014.

PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAÚJO, I. C. S.; CAVALCANTI, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijãocaupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agroambiente On-line**, Boa vista, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015.

RATURI, H. C.; UPPAL, G. S.; SINGH, S. K.; KACHWAYA, D. S. Effect of organic and inorganic nutrient sources on growth, yield and quality of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under polyhouse condition. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, New Delhi, v. 8, p. 1788-1792, 2019.

SANTOS, H. C. A.; LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P.; CASTRO, G. L. S.; GOMES, R. F. Yield of fertigated bell pepper under different soil water tensions and nitrogen fertilization. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 1, p. 172–183, 2020.

SILVA JÚNIOR, M. J.; DUARTE, S. N.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; DUTRA, I. Resposta do meloeiro à fertigação controlada através de íons da solução do solo: Desenvolvimento vegetativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 715-722, 2010.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.

SOUZA, I. L.; TOMAZELLA, V. B.; SANTOS, A. J. N.; MORAES, T.; SILVEIRA, L. C. P. Parasitoids diversity in organic Sweet Pepper (*Capsicum annuum*) associated with Basil (*Ocimum basilicum*) and Marigold (*Tagetes erecta*). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 79, n. 4, p. 603-611, 2019.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I. M. MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora. 888 p. 2016.

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

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional-estado nutricional das bananeiras e produção de fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 153-160, 2007.

TRANI, P. E. **Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido**. 1.<sup>a</sup> ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014. 25 p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196).

VASCONCELOS, D. V.; AZEVEDO, B. M.; FERNANDES, C. N. V.; PINTO, O. R. O.; VIANA, T. V. A.; MESQUITA, J. B. R. Métodos de aplicação e doses de nitrogênio para a cultura do girassol. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 667-679, 2015.

VIEIRA, I. G. S.; NOBRE, R. G.; DIAS, A. S.; PINHEIRO, F. W. A. Cultivation of cherry tomato under irrigation with saline water and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 1, p. 55-61, 2016.

WAHOCHO, N. A.; ZESHAN AHMED, S.; JOGI, Q.; TALPUR, K. H.; LEGHARI, S. J. Growth and productivity of chilli (*Capsicum annum* L.) under various nitrogen levels. **Science International**, Dubai, v. 28, p. 1321-1326, 2016.

XIANG, Y.; ZOU, H.; ZHANG, F.; WU, Y.; YAN, S.; ZHANG, X.; ZHOU, H. Optimization of controlled water and nitrogen fertigation on greenhouse culture of *Capsicum annum*. **The Scientific World Journal**, v. 2018, p. 1-11, 2018.

YASUOR, H.; BEN-GAL, A.; YERMIYAHU, U.; BEIT-YANNAL, E.; COHEN, S. Nitrogen management of greenhouse pepper production: agronomic, nutritional, and environmental implications. **Hortscience**, Alexandria, v. 48, p. 1241-1249, 2013.

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

A irrigação com déficit hídrico pode ser aplicada no cultivo de pimentão com economia de 12,7% de água sem comprometer a produtividade e a eficiência do uso da água, desde que manejada conforme T2 (redução de 25% da lâmina de irrigação nos estádios II e IV).

O manejo da irrigação conforme T2, T3 e T4 possibilita reduções de até 30,1% na lâmina de irrigação sem comprometer ampla maioria das variáveis vegetativas e fisiológicas, observando-se, todavia, redução significativa da produtividade da cultura nos manejos T3 e T4, não recomendando-se o emprego destes no cultivo do pimentão. Reduções superiores, como em T5, T6 e T7, reduzem de forma acentuada a expressão das referidas variáveis e qualidade estética das plantas e não são recomendadas para o cultivo do pimentão em campo.

Não houve interação significativa entre os fatores doses de N e métodos de adubação em nenhuma variável estudada, e efeito isolado significativo deste somente sobre a variável massa média de frutos.

O fator doses de N influenciou todas as variáveis de crescimento vegetativo do pimentão e todas as variáveis reprodutivas e de pós colheita, com exceção dos sólidos solúveis, e verificou-se aumento de produtividade da cultura em resposta a adubação nitrogenada sob ajuste quadrático, estimando-se a média máxima em 13,05 t ha<sup>-1</sup> na dose de 615 kg ha<sup>-1</sup> de N.

## REFERÊNCIAS

- ABDELKHALIK, A.; PASCUAL, B.; NÁJERA, I.; DOMENE, M.A.; BAIXAULI, C.; PASCUAL-SEVA, N. Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip-irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under Mediterranean conditions. **Irrigation Science**, Califórnia, v. 38, p. 89-104, 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2017. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf> Acesso em: 04 ago. 2018.
- ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; NUNES, M. F. F. N. Crescimento e rendimento de pimentão fertirrigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 686–694, 2011.
- ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, Ê. F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; LIMA, G. S. Necessidade hídrica e coeficiente de cultivo do pimentão fertirrigado. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 4, p. 481-493, 2012.
- ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; BEZERRA NETO, E.; SOUZA, A. E. R.; SANTOS, A. N. Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 681-687, 2012.
- ALVES, G. M. R. **Variabilidade genotípica de amendoim submetido ao estresse hídrico baseada em descritores bioquímicos**. 2013. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2013.
- AMINIFARD, M. H.; BAYAT, H. Influence of different rates of nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L. var. California Wander). **Journal of Horticulture and Postharvest Research**, Birjand, v. 1, p. 105-114, 2018.
- ANDRADE JÚNIOR, W. P.; PEREIRA, F. H. F.; FERNANDES, O. B.; QUEIROGA, R. C. F.; QUEIROGA, F. M. Efeito do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 110-119, 2011.
- ANDRADE, C. L. T.; BRITO, R. A. L. **Métodos de irrigação e quimificação**. Sete Lagoas, MG. MAPA. 2006. 17 p (Circular Técnica, 82).
- ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.
- AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I.; UCHÔA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. 1. ed. Fortaleza: UFC, 1993. 247 p.
- ARAGÃO, V. F. et al. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 6, p. 207-216, 2012.

- ARAÚJO, E. N. **Rendimento do pimentão (*Capsicum annuum* L.), adubado com esterco bovino e biofertilizante**. 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Rural da Paraíba, Areia, 2005.
- ARAÚJO, J. S.; ANDRADE, A. P.; RAMALHO, C. I.; AZEVEDO, C. A. V. Cultivo do pimentão em condições protegidas sob diferentes doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 559-565, 2009.
- ASHRAF, M.; SHAHZAD, S. M.; AKHTAR, N.; IMTIAZ, M.; ALI, A. Salinização/sodificação do solo e dinâmica fisiológica do girassol irrigado com água salina-sódica que altera o adubo de potássio e quintal da fazenda. **Jornal de Reutilização e Dessalinização da Água**, London, v. 7, p. 476-487, 2017.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. M. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- BERTOLLO, G. M. **Atributos biológicos e físicos do solo com uso de biofertilizante**. 2015. 84 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen-RS, 2015.
- BOMFIM, M. P.; SILVA, J. S.; COSTA, C. C.; SANTOS J.B. Physical-chemical quality and bioactive compounds of red bell pepper, under soil cover and fertilization. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, Recife, v. 15, n. 1, e6020, 2020.
- BOSCO, M. R. O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, p. 296-302, 2009.
- BROADLEY, M. R.; ESCOBAR-GUTIÉRREZ, A. J.; BURNS, A.; BUNS, I. G. Nitrogen-limited growth of lettuce is associated with lower stomatal conductance. **New Phytologist**, Lancaster, v. 152, n. 1, p. 97-106, 2001.
- 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.
- CAMPOS, V. B.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PRAZERES, S. S. Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão - SE, v. 8, p. 72-79, 2008.
- CARDOZO, M. T. D.; GALBIATTI, J. A.; SANTANA, M. J.; CAETANO, M. C. T.; CARRASCHI, S. P.; NOBILE, F. O. Pimentão (*Capsicum annuum*) fertilizado com composto orgânico e irrigado com diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 673-684, 2016.

CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, E. C.; AQUINO, R. F. Pimentão cultivado em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 3, n. 3, p. 236-245, 2016.

CARVALHO, K. S.; KOETZ, M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; NUNES, A. S. Adubação nitrogenada na cultura do pimentão em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 9, n. 17, p. 49-58, 2013.

CASALI, V. W. D., COUTO, F. A. A. **Origem e botânica de *Capsicum***. Inf. Agropecuário, v. 10, n. 113, p. 8-10, 1984.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, A.; PERES, L. E. P. **Manual de fisiologia vegetal**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2005. 640 p.

CERQUEIRA - PEREIRA, E. C. *et al.* Efeito da aplicação de etileno na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão vermelhos e amarelos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2007.

CHAI, Q.; GAN, Y.; ZHAO, C.; XU, H.; WASKOM, M. R.; NIU, Y.; SIDDIQUE, M. H. K. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 36, p. 01-21, 2016.

COELHO, A. M. Fertirrigação em culturas anuais produtoras de grãos. In: **Revista Trimestral da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem - ABID**. n. 58, p. 44-54, 2003.

COSTA, A. R.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. A cultura da abobrinha italiana em ambiente protegido utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 105-127, 2015.

COSTA, E. F.; BRITO, R. A. L. Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 85-109.

COSTA, F. C.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; MARTINS, W. M. O.; FREITAS, C. I. A. Produtividade, compatibilidade e fenologia de pimentão enxertado sobre diferentes portas enxertos em cultivo orgânico. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 4, p. 441-448, 2014.

COSTA, F. S.; LIMA, A. S.; MAGALHÃES, I. D.; CHAVES L. H. G.; GUERRA, C. Fruit production and SPAD index of pepper (*Capsicum annuum* L.) under nitrogen fertilizer doses. **Australian Journal of Crop Science**, Austrália, v. 12, p. 11-15, 2018.

CUNHA, J. P. A. R. **Irrigação: Água e químicos**. 2001. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/artigo.asp?id=252>. Acesso em: 02 ago. 2010.

DÍAZ-PÉREZ, J. C.; HOOK, J. E. Plastic-mulched Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.) Plant Growth and Fruit Yield and Quality as Influenced by Irrigation Rate and Calcium Fertilization. **American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 52, n. 5, p. 774-781, 2017.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179 p. Irrigation and Drainage Paper, 24.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

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

FARIA, P. N. L.; CARDOSO, G. A.; FINGER, K. A.; LUIS, F.; CECON, P. R. Estudo da variabilidade genética de amostras de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.) existentes num banco de germoplasma: um caso de estudo. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 1, p. 17- 22, 2013.

FERNANDES, L. J. C. BÔAS, R. L. V.; BACKES, C.; LIMA, C. P.; BÜLL, L. T. Contribuição das concentrações de nitrogênio em bulbilhos de alho tratados com doses de N em cobertura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 242 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Revisada e ampliada. Viçosa, MG: UFV, 2013. 421 p.

FONTES, P. C. R. **Nutrição mineral de plantas: análise e diagnóstico**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2016.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; GRAÇA, R. N. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 275-280, 2005.

GAZQUEZ, R. **Manejo del pimiento em cultivo sin suelo**. ETIFA-Escuela Tecnológica de Investigación e Formación Agrícola, Espanã, Almeria, 7 p. 2006.

GOTO, R.; ROSSI, F. **Cultivo de Pimentão em Estufas – Manual N°095**. Viçosa: CPT, 1997. 66 p.

JACINTO JÚNIOR, S. G.; MORAES, J. G. L.; SILVA, F. D. B.; SILVA, B. N.; SOUSA, G. G.; OLIVEIRA, L. L. B.; MESQUITA, R. O. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 3, p. 413-422, 2019.

KELLER, J. **Trickle irrigation**. En Soil Conservation Service National Engineering Handbook. Colorado, 1978, 129.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation desing**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975.

KOPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**. Leipzig: Walter de Gruyter, 1931. 338 p.

KRAPP, A. Plant nitrogen assimilation and its regulation: a complex puzzle with missing pieces. **Current Opinion in Plant Biology**, Oxford, v. 25, p. 155-122, 2015.

KUŞÇU, H.; TURHAN, A.; ÖZMEN, N.; AYDINOL, P.; DEMIR, A. O. Response of red pepper to deficit irrigation and nitrogen fertigation. **Archives of Agronomy and Soil Science**, Berlin, v. 62, n. 10, p. 1396-1410, 2016.

LACERDA, Z. C.; TURCO, J. E. P. Estimation methods of reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) for Uberlândia – MG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, p.27-38, 2015.

LARA-CABEZAS, W. A. R.; KORNDÖRFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de NH<sub>3</sub> na cultura do milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluídas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 489-496, 1997.

LIMA, G. S.; BROETTO, F.; SOUSA, A. P.; CORREIA, J. S.; SILVA, A. O. Impactos nutricionais e produção de pimentão submetido à deficiência hídrica. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 724-735, 2016.

LIMA, M. A.; BEZERRA, M. A.; GOMES FILHO, E.; PINTO, C. M.; ENÉAS FILHO, J. Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 654-663, 2010.

LORENZONI, M. Z. et al. Produção de pimentão fertirrigado sob diferentes níveis de nitrogênio e potássio em ambiente protegido. In: **IX Encontro Internacional de produção científica –EPCC**, 2015, Maringá. Anais...Maringá: UniCesumar, n. 9, p. 4-8, 2015.

LORENZONI, M. Z.; REZENDE, R.; SOUZA, A. H. C.; SANTOS, F. A. S.; LOZANO, C. S.; SERON, C. C. Gas exchange, leaf and root dry mass in bell pepper under fertigation with nitrogen and potassium. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 2, p. 511-520, 2018.

LYRA, G. B. **Estimativa dos níveis ótimos econômicos de irrigação e de adubação nitrogenada nos mamoeiros (Carica papaya L.) cultivar Golden e do híbrido uenf calíman 01**. 2007.160 f. Tese (Doutorado em Produção vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Goytacazes, 2007.

MACHUCA, L. M. R. **Impactos fisiológicos e bioquímicos causados pela deficiência hídrica em plantas de pimentão (Capsicum annuum L.)**. 100 f. 2018. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu-SP, 2018.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 254 p.

- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Editora Ceres, 2006. 638 p.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, M. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2009. 400 p.
- MARCUSSI, F. F. N.; BÔAS, R. L. V. Teores de macronutrientes no desenvolvimento da planta de pimentão sob fertirrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 120-131, 2003.
- MARCUSSI, F. F. N.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Fertigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e K pela planta. **Irriga**, Botucatu, v. 9, p. 41-51, 2004.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2 ed., Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa Hortaliças, 2008. 150 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3th ed. London: Academic Press, 2012. 651 p.
- MARTINS, C. C.; SOARES, A. A.; BUSATO, C.; REIS, E. F. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 61-69, 2007.
- MATOS FILHO, H. A.; SILVA, C. A.; BASTOS, A. V. S. Níveis de irrigação associados a doses de hidrogel na cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 3906-3918, 2020.
- MEDEIROS, A. S.; NOBRE, R. G.; FERREIRA, E. S.; ARAÚJO, W. L.; QUEIROZ, M. M. F. Crescimento inicial da berinjela sob adubação nitrogenada e fosfatada e irrigada com água de reuso. **Revista verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 3, p. 34-40, 2015.
- MEDEIROS, A. S.; NUNES JÚNIOR, E. S.; MEDEIROS, J. F.; LINHARES, P. S. F.; ALVES, R. C.; BEZERRA, F. M. S. Desenvolvimento de plantas de pimentão sob diferentes manejos de fertirrigação e proporções de NK. In. **II Inovagri International Meeting**, Fortaleza. 2014.
- MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Eficiência do uso de água e de fertilizantes no manejo de fertirrigação no cultivo do tomateiro sob condições de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, p. 344-351, 2012.
- MELO, A. M. T. **Análise Genética de caracteres de fruto em híbridos de pimentão**. Piracicaba, 1997. 112p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1997.
- MELO, H. F.; SOUZA, E. R.; DUARTE, H. H. F.; CUNHA, J. C.; SANTOS, H. R. B. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 1, p. 38-43, 2017.

- MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2003. 703 p.
- MOLLA, T.; ABERA, G.; BEYENE, S. Effects of nitrogen fertilizer and mulch application on growth performance and pod yields of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) under irrigated condition. **International Journal of Plant & Soil Science**, Hooghly, p. 1-15, 2019.
- MONTEIRO, R. O. C.; COLARES, D. S.; COSTA, R. N. T.; LEÃO, M. C. S.; AGUIAR, J. V. Função de resposta do meloeiro a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 455-459. 2006.
- MORAIS, E. G.; FREIRE, M. M.; SANTOS, A. Y. O.; SILVA JÚNIOR, D. N.; COSTA, B. A. M.; SILVA, G. G. C. Acúmulo de matéria fresca e seca de plantas de rúcula. In: **II Simpósio de Manejo de Solo e Água - SMSA**, 2017, Mossoró. Anais... Mossoró: UFERSA, 2017. n. 2, p. 4-8.
- MOREIRA, S. O. **Caracterização morfológica e molecular de pré-cultivares de *Capsicum annuum* L. com resistência à mancha-bacteriana**. 2012. 124 f. Dissertação (Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos Goytacazes, 2012.
- MORTATE, R. K.; ARAÚJO, M. M.; LIMA, M. W. P.; BINOTTI, F. F. S. Resposta de mudas de pimentão submetidas à diferentes reguladores vegetais via foliar. **Revista de Ciência e Tecnologia**, Jaboticabal, v. 10, n. 1, p. 57-64, 2018.
- NASCIMENTO, J. T.; SANTOS, H. C. A.; LIMA JÚNIOR, J. A.; GURGEL F. L.; AVIS, W. L. C.; LIMA, V. M.; BARRAL, D. S.; SILVA, D. P.; SOARES, R. C.; SILVA, J. F. Teor nutricional na folha e no fruto de pimentão fertirrigado, em função de tensões de água no solo e doses de nitrogênio. In: RIBEIRO, J. C. (Org.). **Impacto, excelência e produtividade das ciências agrárias no Brasil 3**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.
- NASCIMENTO, W. M. **Produção de Sementes de Hortaliças** - Volume I. 1. ed., 2014. 315 p.
- NAUZ, Y. M.; SULAIMAN, S. A. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: A review. **Journal of Controlled Release**, v. 225, p. 109-120, 2016.
- NUEZ, F. V.; ORTEGA, R. G.; GARCIA, J. C. **El cultivo de pimientos, chiles y ajés**. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 607 p.
- NUNES JÚNIOR, E. S.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. A.; LIMA, L. A.; BEZERRA, F.M.S.; ALVES, R.C. Nitrogen and potassium fertigation in bell pepper cultivated in greenhouse using fertigation managements. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 3, p. 186-190, 2017.
- OKUMARA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Londrina, v. 4, n. 2, 2011.
- OLIVEIRA FILHO, P.; VALNIR JÚNIOR, M.; ALMEIDA, C. L.; LIMA, J. S.; COSTA, J. N.; ROCHA, J. P. A. Crescimento de cultivares de pimentão em função da adubação potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 4, p. 2814-2822, 2018.

OLIVEIRA, F. A.; **Cultivo de pimentão em ambiente protegido utilizando diferentes manejos de fertirrigação**. 2012. 223 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade de São Paulo – ESALQ, Piracicaba, 2012.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, R. C. P.; LIMA, C. J. G. S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira Engenheira Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1152–1159, 2013.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; LIMA, K. S. Nutrição mineral do pimentão submetido a diferentes manejos de fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 216-223, 2015.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; AROUCHA, E. M. M.; DIAS, N. S. Quality in the pepper under different fertigation managements and levels of nitrogen and potassium. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 216-223, 2015.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P. Improving sweet pepper yield and quality by means of fertigation management. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 235-242, 2017.

OLIVEIRA, J. T. L.; CHAVES, L. H. G.; CAMPOS, V. B.; SANTOS JÚNIOR, J. S.; GUEDES FILHO, D. H. Fitomassa de girassol cultivado sob adubação nitrogenada e níveis de água disponível no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 6, n. 1, p. 23-32, 2012.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BOAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 95-103, 2008.

ORTAS I. Influences of nitrogen and potassium fertilizer rates on pepper and tomato yield and nutrient uptake under field conditions. **Scientific Research and Essays**, v. 8, p. 1048-1055, 2013.

PADRÓN, R. A. R.; GUEDES, J. V. C.; SWAROWSKY, A.; NOGUEIRA, C. U.; CERQUERA, R. R.; DÍAZ-PEREZ, J. C. Supplemental irrigation levels in bell pepper under shade mesh and in open-field: crop coefficient, yield, fruit quality and water productivity. **African Journal of Agricultural Research**, Ilha Vitoria, v. 10, n. 44, p. 4117-4125, 2015b.

PALMIERI, F. G.; RODRIGUES, G. G.; MARCOMINI, L. R. S. Pequenos mercados, grandes oportunidades: boas opções para diversificar a produção. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 171, p. 8-14, 2017.

PATANÈ, C.; SAITA, A. Biomass, fruit yield, water productivity and quality response of processing tomato to plant density and deficit irrigation under a semi-arid Mediterranean climate. **Crop and Pasture Science**, Melbourne, v. 66, p. 224-234, 2015.

PATANÈ, C.; COSENTINO, S. L. Efeitos do déficit hídrico do solo na produção e qualidade do tomate processado sob clima mediterrâneo. **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 131-138, 2010.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, RJ: Edur. 2004. 191 p: il.

PINTO, C. M.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINTO, O. R. O. Relações hídricas, trocas gasosas em amendoim, gergelim e mamona submetidos a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 35, n. 1, p. 31-40, 2014.

PINTO, J. M; BRITO, R. A. L. **Equipamentos para aplicação de fertilizantes via irrigação**. Petrolina: Embrapa Semi árido, 2010.

PINTO, O. R. O.; AZEVEDO, B. M.; MARINHO, A. B.; FERNANDES, C. N. V.; VIANA, T. V. A.; BRAGA, E. S. Adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero pelo método convencional e por fertirrigação. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 32, n. 1, p. 132–140, 2011.

PORTO, J. S.; AMORIM, Y. F.; REBOUÇAS, T. N. H.; LEMOS, O. L.; LUZ, J. M. Q.; COSTA, R. Q. Índice SPAD e crescimento do tomateiro em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 10, n. 11, p. 110-203, 2014.

PÔRTO, M. L. A.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ALVES, J. C.; ARRUDA, J. A. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 190-195, 2012.

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

PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAÚJO, I. C. S.; CAVALCANTI, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agroambiente On-line**, Boa vista, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015.

RATURI, H. C.; UPPAL, G. S.; SINGH, S. K.; KACHWAYA, D. S. Effect of organic and inorganic nutrient sources on growth, yield and quality of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under polyhouse condition. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, New Delhi, v. 8, p. 1788-1792, 2019.

REDDY, A. R.; CHAITANYA, K. V.; VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, n. 11, p. 1189-1202, 2004.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Capsicum pimentas e pimentões do Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa Hortaliças, p. 14-46, 2000. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/capsicum/index.htm>. Acesso em: 18 jul. 2018.

SANTOS, E. S.; SILVA, E. F. F.; MONTENEGRO, A. A. S.; SOUZA, E. S.; SOUZA, R. M. S.; SILVA, J. R. I. Produtividade do pimentão sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio em região semiárida. **Irriga**, Botucatu, v. 23, n. 3, p. 518-534, 2018.

SANTOS, H. C. A.; LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P.; CASTRO, G. L. S.; GOMES, R. F. Yield of fertigated bell pepper under different soil water tensions and nitrogen fertilization. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 1, p. 172–183, 2020.

SANTOS, M. R.; BRITO, C. F. B. Irrigação com água salina opção agrícola consciente. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis-GO, v. 7, p. 33-41, 2016.

SANTOS, M. R.; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F. Fruit yield and root system distribution of 'Tommy Atkins' mango under different irrigation regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 362-369, 2014.

SANTOS, P.R.; MOURA, F. M.; ALVES, A. O.; ROCHA, F.A.T.; RODRIGUES, J. D.; FILHO, F. P. L.; MENEZES, D. Avaliação de híbridos simples e triplos de pimentão em 19 ambiente protegido. In: XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013, Recife, **Anais [...]**. Recife, 2013.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SARAIVA, K. R.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, F.; CAMBOIM NETO, L. F. Aplicação do ISAREG no manejo da irrigação na cultura da melancia no Baixo Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 53-60, 2013.

SEDIYAMA, M. A. N.; MARLEI, R. S.; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C. L. O.; JACOB, L. L. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante de suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 588-594, 2014.

SENGIK, E.; KIEHL, J. C. Controle da volatilização em terra tratada com uréia e turfa pelo emprego de sais inorgânicos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 19, p. 455-461, 1995a.

SENGIK, E.; KIEHL, J. C. Efeito dos resíduos orgânicos e do fosfato monocálcico na volatilização da NH<sub>3</sub> em terra tratada com ureia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 19, p. 321-326, 1995b.

SEZEN, S. M.; YAZAR, A.; DASGAN, Y.; YUCEL, S.; AKYILDIZ, A.; TEKIN, S.; AKHOUNDNEJAD, Y. Evaluation of crop water stress index (CWSI) for red pepper with drip and furrow irrigation under varying irrigation regimes. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 143, p. 59-70, 2014.

SHAMMOUT, M. W.; QTAISHAT, T.; RAWABDEH, H.; SHATANAWI, M. Improving Water Use Efficiency under Deficit Irrigation in the Jordan Valley. **Sustainability**, Basel, v. 10, 2018.

SILVA JÚNIOR, M. J.; DUARTE, S. N.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; DUTRA, I. Resposta do meloeiro à fertigação controlada através de íons da solução do solo: Desenvolvimento vegetativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 715-722, 2010.

SILVA, F. C. 2009. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília DF, Brasil, 627 p.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.

SILVA, G. H.; FERREIRA, M. G.; PEREIRA, S. B.; DELAZARI, F. T.; SILVA, D. J. H. Response of bell pepper crop subjected to irrigation depths calculated by different methodologies. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 1, p. 45-50, 2018.

SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SILVA, J. A. G.; SANTOS, C. M.; SHARMA, V. Relationships between physiological traits and productivity of sugarcane in response to water deficit. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 152, 2013.

SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; AZEVEDO, P. V. Water-use efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 120, p. 467-472, 2009.

SOARES, J. R. S.; PAES, J. S.; ARAÚJO, V. C. R.; ARAÚJO, T. A.; RAMOS, R. S.; PICANÇO, M. C.; ZANUNCIO, J. C. Spatiotemporal Dynamics and Natural Mortality Factors of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) in Bell Pepper Crops, **Neotropical Entomology**, Londrina, 2020.

SOARES, L. A. A.; SOUSA, J. R. M.; BRITO, M. E. B.; ANDRADE, E. M. G.; SÁ, F. V. S.; SILVA, E. C. B. Respostas fisiológicas tomateiro na fase de floração sob estresse hídrico. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 51-55, 2012.

SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S.; SUASSUNA, J. F.; PEREIRA, R. F. Gas exchanges and production of colored cotton irrigated with saline water at different phenological stages. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 2, 2018.  
SOCCOL, O. J. **Quimigação - Vantagens e adequações**. 2008. Disponível em: <http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=94>. Acesso em: 02 ago. 2018.

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

SOUZA, A. H. C.; REZENDE, R.; LORENZONI, M. C.; SANTOS, F. A. S.; OLIVEIRA, J. M. Response of bell pepper to water replacement levels and irrigation times. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, 2019.

SOUZA, I. L.; TOMAZELLA, V. B.; SANTOS, A. J. N.; MORAES, T.; SILVEIRA, L. C. P. Parasitoids diversity in organic Sweet Pepper (*Capsicum annuum*) associated with Basil (*Ocimum basilicum*) and Marigold (*Tagetes erecta*). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 79, n. 4, p. 603-611, 2019.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I. M. MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora. 888 p. 2016.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 954 p.

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional-estado nutricional das bananeiras e produção de fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 153-160, 2007.

TRANI, P. E. **Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido**. 1.<sup>a</sup> ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. 25 p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196).

VASCONCELOS, D. V.; AZEVEDO, B. M.; FERNANDES, C. N. V.; PINTO, O. R. O.; VIANA, T. V. A.; MESQUITA, J. B. R. Métodos de aplicação e doses de nitrogênio para a cultura do girassol. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 667-679, 2015.

VIEIRA, I. G. S.; NOBRE, R. G.; DIAS, A. S.; PINHEIRO, F. W. A. Cultivation of cherry tomato under irrigation with saline water and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 1, p. 55-61, 2016.

VU, D. T.; TANG, C.; ARMSTRONG, R. D. Changes and availability of P fractions following 65 years of P application to a calcareous soil in a Mediterranean climate. **Plant and soil**, Barcelona, v. 304, p. 21-34, 2008.

WAHOCHO, N. A.; ZESHAN AHMED, S.; JOGI, Q.; TALPUR, K. H.; LEGHARI, S. J. Growth and productivity of chilli (*Capsicum annuum* L.) under various nitrogen levels. **Science International**, Dubai, v. 28, p. 1321-1326, 2016.

XIANG, Y.; ZOU, H.; ZHANG, F.; WU, Y.; YAN, S.; ZHANG, X.; ZHOU, H. Optimization of controlled water and nitrogen fertigation on greenhouse culture of *Capsicum annuum*. **The Scientific World Journal**, v. 2018, p. 1-11, 2018.

YANG, H.; DU, T.; QIU, R.; CHEN, J.; WANG, F.; LI, Y.; WANG, C.; GAO, L.; KANG, S. Improved water use efficiency and fruit quality of greenhouse crops under regulated deficit irrigation in northwest China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 179, p. 193-204, 2017.

YASUOR, H.; BEN-GAL, A.; YERMIYAHU, U.; BEIT-YANNAI, E.; COHEN, S. Nitrogen management of greenhouse pepper production: agronomic, nutritional, and environmental implications. **Hortscience**, Alexandria, v. 48, p. 1241-1249, 2013.