



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**HELANE CRISTINA AGUIAR SANTOS**

**NUTRIÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO PIMENTÃO FERTIRRIGADO,  
SUBMETIDO A DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO – EFEITOS NO  
CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E RENDIMENTO ECONÔMICO.**

**BELÉM  
2018**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**HELANE CRISTINA AGUIAR SANTOS**

**NUTRIÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO PIMENTÃO FERTIRRIGADO,  
SUBMETIDO A DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO – EFEITOS NO  
CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E RENDIMENTO ECONÔMICO.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do programa de pós-graduação em Agronomia, para obtenção do título de mestre.

**Orientador: Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Júnior  
Coorientador: Dr. André Luiz Pereira da Silva**

**BELÉM  
2018**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**HELANE CRISTINA AGUIAR SANTOS**

**NUTRIÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO PIMENTÃO FERTIRRIGADO,  
SUBMETIDO A DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO – EFEITOS NO  
CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E RENDIMENTO ECONÔMICO.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre.  
BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Júnior – Orientador  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

---

Dr. Eduardo César Medeiros Saldanha  
PESQUISADOR – YARA FERTILIZANTES

---

Prof. Dr. Rafaele Fazzi Gomes  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

---

Prof. Dr. Raimundo Thiago Lima da Silva  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

*Á minha filha*

*Helisa Maria Aguiar Derze Marques*

*Sobrinhas e afilhadas*

*Bruna Maria Aguiar Fernandes*

*Maria Luíza Souza Aguiar*

**A elas dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir a concretização desse trabalho.

À toda minha família, principalmente a minha mãe, meus avós maternos, Tia Eliete Aguiar, Tia Elizabeth Aguiar e meus irmãos Karla Helaene e Luiz Lopes, que sempre estiveram dispostos a me ajudar no que fosse possível.

À minha filha Helisa Maria pela compreensão de minhas ausências em uma fase tão especial da sua vida.

Ao meu primo Raoni Oliveira pelo auxílio no trabalho e pelo apoio nesta caminhada.

Aos meus primos Caio Aguiar e Gustavo Aguiar, por me acolherem e me fizeram sentir em casa.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de auxílio.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Júnior pela confiança depositada em mim, pelo ensino, apoio e dedicação prestados neste trabalho e Coorientador Dr. André Luiz Pereira da Silva pelas sugestões pertinentes de grande valia para a escrita desta dissertação.

Aos Professores Drs. Eduardo Saldanha, Mário Lopes, Rafaelle Gomes e Lucas Santos pela colaboração e auxílio na condução do experimento e observações que propiciaram a melhoria desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Gledson Castro por toda ajuda e dedicação na análise dos dados, e conhecimento transmitido ao longo deste trabalho e pela amizade construída.

A amiga e parceira Doutoranda Yanna Caroline pela orientação, mesmo a distância, na execução do manejo fitossanitário deste trabalho finalizado com êxito e excelência.

Ao estudante de Agronomia Thiago Fernandes pelo apoio a secagem das amostras, realizada no Campus de Capitão Poço, pois não mediu esforço em ajudar.

Ao Núcleo de Pesquisa Básica Aplicada em Agricultura Irrigada, representados pelos alunos Carolina Santana, Deiviane Barral, Douglas Pimentel, Jaciara Firmino, Letícia Barbosa, Lívia Maria, Marcela Monteiro, Renan de Souza e Rosane Costa por toda a ajuda ao experimento em campo e pela amizade.

Ao pesquisador Dr. Fábio Gurgel pela colaboração nas análises de solo e foliar e por toda amizade e parceria ao longo desses 3 anos.

Ao Mestrando Nauara Filho pela amizade e parceria que formamos, por toda a ajuda e presteza em dividir dias de angústias e alegrias na FEIGA.

À turma de pós-graduação do departamento de solos da UFRA que sempre prestaram informações relevantes na construção dessa dissertação, em destaque aos colegas Bruna Fujiama, João Vitor Pinto, Valdeides de Lima, Vandefilson Belfort e William Aviz.

Ao produtor vulgo “Seu Nara” pela dedicação e presteza na produção das mudas de pimentão e observações que propiciaram a melhoria deste trabalho.

À equipe da FEIGA representados por Adriano Carvalho, Édna Santos (in memória), Elma Santos, Iraci André e Romaris Miranda por toda ajuda e colaboração na fase experimental.

Aos vigilantes Marcos da Silva, Evaldo da Silva, Fernando Nascimento, Leonardo Amaral, Jander Nascimento e Wailbe Barroso por prestarem segurança e estarem sempre a disposição no que fosse necessário ao andamento do experimento a campo.

A loja agropecuária “Dinagro” e Jucimar Costa pela doação da maioria dos fertilizantes utilizados na adubação das plantas via fertirrigação no decorrer deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	10
<b>1 CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	11
1.1 A Cultura do pimentão .....	11
1.2 Adubação nitrogenada nos cultivos em ambiente protegido .....	12
1.3 Tensão de água no solo.....	13
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	14
<b>2 DESEMPENHO DE PIMENTÃO FERTIRRIGADO EM FUNÇÃO DE TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO SOB DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO</b> .....	17
<b>RESUMO</b> .....	17
<b>ABSTRACT</b> .....	17
<b>2.1 INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>2.2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
2.2.1 Caracterização da área experimental .....	20
2.2.2 Delineamento experimental.....	22
2.2.3 Caracterização do material vegetal.....	22
2.2.4 Produção e transplântio das mudas.....	22
2.2.5 Instalação e condução do experimento.....	23
2.2.6 Sistema de condução .....	30
2.2.7 Manejo fitossanitário e tratamentos culturais.....	31
2.2.8 Solução do solo.....	32
2.2.9 Características avaliadas.....	34
2.2.10 Análise estatística .....	39
<b>2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	40
<b>2.4 CONCLUSÃO</b> .....	67
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	67
<b>3 VIABILIDADE ECONÔMICA DO PIMENTÃO FERTIRRIGADO COM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO</b> .....	76
<b>RESUMO</b> .....	76
<b>ABSTRACT</b> .....	76
<b>3.1 INTRODUÇÃO</b> .....	77
<b>3.2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	78
<b>3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	85

<b>3.4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>91</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>91</b>
<b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>94</b>

## RESUMO

Tendo em vista a carência de informações técnicas sobre a lâmina de água e adubação com nitrogênio via fertirrigação em cultivo protegido e análise econômica que forneça ao produtor dados de manejo para produção de pimentão na região norte do Brasil, com isso, este trabalho espera contribuir com esses conhecimentos aos produtores, produzindo informações e tecnologias para a sociedade. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na fazenda experimental de Igarapé Açu, UFRA. O híbrido utilizado foi o DAHRA RX no espaçamento 1,0 m por 0,50 m, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 5x4, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco tensões de água no solo (15, 25, 35, 45 e 65 kPa) como indicativo do momento de irrigar e por quatro doses de nitrogênio (0, 135, 265 e 395 kg ha<sup>-1</sup>). As características avaliadas foram: altura de plantas, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, número de frutos, comprimento do fruto, diâmetro do fruto, massa fresca do fruto, Índice SPAD, produtividade, eficiência no uso da água, eficiência no uso de nitrogênio e potencial hídrico antemanhã. Houve interação entre os fatores tensão de água no solo e doses de nitrogênio apenas para eficiência no uso de nitrogênio, obtendo melhor índice na combinação 15 kPa de água no solo e 135 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Para a altura de plantas, massa fresca e massa seca da parte aérea diferença significativa apenas para as doses de nitrogênio. Massa seca total de frutos por planta, número total de frutos, comprimento e diâmetro de frutos apresentaram diferença significativa apenas para as tensões de água no solo. Massa fresca total de frutos por planta, produtividade total por planta, eficiência no uso da água e potencial hídrico antemanhã apresentaram diferença significativa para as tensões de água no solo e doses de nitrogênio. A análise econômica demonstrou que os custos variáveis tiveram maior participação nos custos totais, destacando-se a mão-de-obra. O lucro máximo encontrado no cultivo realizado foi de R\$ 130.903,80, em combinação 15 kPa de água no solo e 265 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. À frente das condições em que este trabalho foi desenvolvido e dos resultados obtidos nas variáveis avaliadas para a cultura do pimentão em ambiente protegido constatou-se um bom rendimento produtivo e econômico na tensão 15 kPa de água no solo e dose de 265 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

**Palavras-chave:** *Capsicum annuum* L., casa de vegetação, tensiometria, fertirrigação, rentabilidade do pimentão.

### ABSTRACT

Considering the lack of technical information on the water blade and fertilization with nitrogen via fertigation in protected cultivation and economic analysis that provides the producer with management data for the production of sweet pepper in the northern region of Brazil, with this, this work hopes to contribute this knowledge to the producers, producing information and technologies for the society. The experiment was conducted in a greenhouse at the experimental farm of Igarapé Açu, UFRA. The hybrid used was DAHRA RX in spacing 1.0 m by 0.50 m, using the experimental design of blocks organized in a 5x4 factorial scheme, with three replicates. The treatments was made of five soil water stresses (15, 25, 35, 45 and 65 kPa) as indicative of the moment of irrigation and by four nitrogen doses (0, 135, 265 and 395 kg ha<sup>-1</sup>). The evaluated characteristics were: plant height, fresh shoot mass, shoot dry mass, number of fruits, fruit length, fruit diameter, fresh fruit mass, SPAD index, productivity, water use efficiency, nitrogen use efficiency and hydric potential. There was interaction between soil water tension factors and nitrogen doses for only for nitrogen efficiency, obtaining a better index of the combination of 15 kPa of water in the soil and 135 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogen. The economic analysis showed us that variable costs had greater participation in total costs, especially the labor force. The maximum profit found in the cultivation was R \$ 130,903.80, in combination of 15 kPa of water in the soil and 265 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen. At the front of the conditions in which this work was developed and the results obtained in the evaluated variables for the culture of the pepper in a protected environment, a good productive and economic yield was verified in the tension 15 kPa of water in the soil and dose of 265 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen.

**Keywords:** *Capsicum annuum* L., Greenhouse, tensiometry, fertigation, chilli yield.

# 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

## 1.1 A Cultura do pimentão

É uma das hortaliças de fruto de maior importância econômica no Brasil e no mundo. Está entre as espécies mais cultivadas sob ambiente protegido no Brasil (CHARLO et al., 2009; FLORES, 2014; ABRAHÃO, 2015; LOSS, 2017), por apresentar vantagens como eficiência no uso da água, maior produção e qualidade do produto, oferta de produtos o ano todo, melhor utilização dos fatores de produção, como fertilizantes e defensivos agrícolas, e também o controle parcial ou total do clima (FILGUEIRA, 2008).

O pimentão (*Capsicum annuum* var. *annuum*), hortaliça pertencente à família Solanaceae, é originário das regiões tropicais da América, incluindo o México, a América Central e a América do Sul. Temperaturas entre 25 °C e 30 °C favorecem o melhor desenvolvimento das plantas, o florescimento e o pegamento de frutos (MAROUELLI e SILVA, 2014). Em contrapartida, a combinação de umidade relativa baixa e temperatura elevada pode causar transpiração excessiva das plantas, com consequente queda de gemas e flores, resultando na formação de frutos pequenos (REIS, 2002).

Com relação à intensidade de luz, o pimentão é considerado planta de sombra, sendo pouco influenciado pelos tratamentos que visem aumentar a disponibilidade da luz, o que justifica o uso de ambientes protegidos em regiões com elevada intensidade luminosa (FLORES, 2014), logo o fotoperíodo não é fator limitante para a cultura.

As folhas são ovaladas, de cor verde brilhante e dispostas alternadamente na haste sendo uma por nó, com lâminas de formatos ovais ou elípticas, as flores de cor branca e aparecem solitárias em cada nó da haste, nas axilas das folhas (FONTES et al., 2005), em geral apresentam-se como plantas autógamas, porém existe uma taxa de alogamia relevante (MONTEIRO, 2008), apresentando características arbustivas com alta produtividade (25 t ha<sup>-1</sup> a 50 t ha<sup>-1</sup>) (FILGUEIRA, 2008; JÚNIOR, 2013), os frutos apresentam as mais variadas formas, tamanhos e cores e são importantes fontes de vitamina E, C e antioxidantes naturais (REIFSCHNEIDER, 2000; FONTES et al., 2005).

Segundo Flores (2014), a produção de frutos por planta de pimentão pode atingir entre 12 a 15 frutos, com massa fresca entre 120 a 200 g, diâmetro entre 70 a 80 mm e comprimento entre 110 a 140 mm. Essas características variam em função da variedade, dos tratamentos culturais, do estado nutricional e da necessidade hídrica da planta.

O solo mais adequado para o cultivo de pimentão é aquele de textura média, profundo e bem drenado, com faixa de acidez favorável a cultura entre pH 5,5 a 6,8. Todavia, solos de textura mais fina, como os argilosos, devem ser manejados com muito cuidado com relação à

água de irrigação, pois têm maior capacidade de retenção e, quando a drenagem não é adequada, podem favorecer a ocorrência da murcha-de-fitóftora, que é a doença mais comum da cultura (VIANA; FREIRE; PARENTE, 2007).

A cultura do pimentão em termos de absorção de macronutrientes segue, em média, a seguinte ordem decrescente de exigência nutricional: K ( $39,9 \text{ g kg}^{-1}$ ) > N ( $28,3 \text{ g kg}^{-1}$ ) > Ca ( $12,8 \text{ g kg}^{-1}$ ) > Mg ( $5,9 \text{ g kg}^{-1}$ ) > S ( $4,1 \text{ g kg}^{-1}$ ) > P ( $3,7 \text{ g kg}^{-1}$ ) (MARCUSI, 2005). Já os micronutrientes as quantidades requeridas de boro, manganês, cobre e zinco são pequenas, podendo causar toxicidade às plantas se forem aplicados em excesso (HOCHMUTH, 2003).

## 1.2 Adubação nitrogenada nos cultivos em ambiente protegido

Dentre os mais importantes aspectos da produção de pimentão, destaca-se o adequado manejo nutricional, com maior ênfase na quantidade e forma de aplicação dos nutrientes. Trabalhos desenvolvidos com a cultura revelam que o potássio e o nitrogênio são os nutrientes mais exportados pelas plantas (FONTES et al., 2005; ARAGÃO et al., 2011; ALBUQUERQUE et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015; NUNES JÚNIOR et al., 2017), sendo também os elementos que mais afetam o rendimento da cultura.

Segundo Filgueira (2008) o suprimento de doses ideais de nitrogênio proporciona o crescimento vegetativo, expansão da área fotossinteticamente ativa e eleva o potencial produtivo da cultura. Pois, sua presença em quantidades ideais, geralmente proporciona aumento na absorção de potássio, resultando em aumento de produção, teor de proteínas e aminoácidos solúveis (ARAÚJO et al., 2009a).

Malavolta (1980) atesta que doses excessivas de nitrogênio provocam abortamento de flores, maior sensibilidade a doenças e queda na produtividade das culturas. Por isso, o fornecimento equilibrado do nitrogênio é fundamental para o adequado crescimento, floração e frutificação (LYRA, 2007). Desta forma, a aplicação da dose ideal de nitrogênio é importante para assegurar o potencial produtivo e evitar prejuízos causados por desbalanço nutricional.

De acordo com Aragão et al. (2012), para a cultura do pimentão o nitrogênio exige um manejo especial quanto à sua adubação, por ser de fácil lixiviação, pelo fato da cultura absorver quantidades variadas ao longo do seu ciclo e por atuar diretamente no crescimento das plantas e dos frutos. Em ambiente protegido, doses de até  $266 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio na cultura do pimentão foram responsáveis pelo aumento na quantidade de nutrientes no caule, folhas e parte aérea (ARAÚJO et al., 2009b).

Estes autores relatam que há extrapolação na aplicação de nitrogênio para o pimentão em ambiente protegido, pois as doses e formas de aplicação deste nutriente devem ser diferenciadas em relação ao campo, de forma que a planta receba a quantidade ideal de fertilizantes evitando o desperdício e a salinização do solo, pois neste sistema não ocorrem chuvas, o que contribui para a salinização do solo.

São poucos os trabalhos com adubação nitrogenada em condições de cultivo protegido. Neste sentido, Paulino (2016), relata que doses entre 100 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionaram o máximo desempenho da cultura do pimentão neste tipo de ambiente. Trabalhos como o de Campos et al. (2008), mostraram que o cultivo de pimentão sob estufa plástica, responderam positivamente ao emprego de nitrogênio na fertirrigação, estimando uma produtividade máxima na dose 221,72 kg ha<sup>-1</sup> de N.

### **1.3 Tensão de água no solo**

Dentre os métodos de manejo de irrigação utilizados nos estudos científicos, pode-se destacar o manejo via monitoramento da tensão da água no solo, pois segundo Vilas Boas et al. (2011) quando se utiliza tensão de água no solo, nota-se que a irrigação deve ser realizada toda vez em que esta, atinge determinado valor crítico que não afete o desempenho da cultura. Diante desse conhecimento da tensão crítica no solo, é estabelecido o quanto de água deve ser aplicado pela irrigação, com base no armazenamento de água no solo.

Segundo Flores (2014), medidas de tensão aferidas no perfil do solo permitem estimar a quantidade de água a ser aplicada por irrigação, que pode ser obtida com o auxílio de uma curva de retenção de água do solo (MAROUELLI e SILVA, 2014), a qual relaciona teor de água no solo com a tensão com que essa água está retida.

O monitoramento diário da tensão de água no solo pode ser feito por meio de sensores que medem diretamente a tensão de água, como o tensiômetro e o Irrigas, ou a umidade do solo, como os do tipo capacitivo e o TDR (MAROUELLI et al., 2012). Entre estes o mais utilizado é o tensiômetro.

Tensiômetros são sensores utilizados para a medição da tensão matricial de água no solo. Medem a “força” com que a água é retida pelo solo, a qual afeta a absorção de água pelas plantas, sendo usados para indicar o momento apropriado de se realizar as irrigações (MAROUELLI & SILVA, 2014). Para hortaliças, o tensiômetro mais raso pode ser instalado entre 10 e 20 cm tem que ficar na mesma linha e o mais profundo entre 30 e 40 cm na linha de plantio entre 15 a 20 cm dos gotejadores (MAROUELLI, 2008).

Carvalho et al. (2013) salientam que o manejo adequado da lâmina de irrigação é de fundamental importância e o uso do tensiômetro como indicador do momento de irrigar, em ambiente protegido, pode ser uma alternativa economicamente viável, já que o mesmo é um produto de baixo custo e por ocupar um espaço pequeno no interior do ambiente protegido.

O manejo da tensão de água no solo consiste em irrigar todas as vezes que a tensão de água do solo atingir um valor crítico. Para o pimentão irrigado por gotejamento, as irrigações devem ser realizadas todas as vezes que a tensão crítica atingir entre 10 e 30 kPa (TRANI et al., 2011). Carvalho et al. (2013) avaliando tensões de água no solo na cultura do pimentão cultivado em ambiente protegido, relatam que a maior massa dos frutos (89,11 g) foi obtida na tensão de água no solo de 15 kPa, mostrando decréscimo de 62,94 % quando comparado essa tensão com de 60 kPa.

Loss (2017) estudando o efeito de tensões de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa) verificou máximo incremento na altura de pimentão na tensão 32,33 kPa. Em contrapartida, Santana et al. (2004) analisaram o efeito de diferentes tensões de água no solo (10, 30, 50 e 70 kPa) e doses de cálcio (0, 200, 400 e 600 mg dm<sup>-3</sup>) na cultura do pimentão, e verificaram que as maiores alturas de plantas ocorreram na tensão de 10 kPa. Observa-se que o pimentão é sensível a variação de água no solo durante seu ciclo.

## REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, C. **Fontes potássicas na produção do pimenteiro em substrato fertirrigado**. 2015.97f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Botucatu, 2015.
- ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; BEZERRA NETO E.; SOUZA E. R. A.; SANTOS A. N. Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p.681-687, 2012a.
- ARAGÃO, V. F.; FERNANDES, P. D.; FILHO, R. R. G.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, H. O.; FEITOSA, E. O. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, n. 3, p.207-216, 2012.
- ARAGÃO, V. F.; FERNANDES, P. D.; GOMES FILHO, R. R.; SANTOS NETO, A. M.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, H. O. Efeito de diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio na fase vegetativa do pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 4, p.361-375, 2011.
- 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**, v. 13, n. 2, p.152-157, 2009a.

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, n. 5, p.559-565, 2009b.

CARVALHO, K. S.; KOETZ, M.; POLIZEL, A. C.; CABRAL, C. E. A.; SILVA, C. R. M. Cultivo de pimentão vermelho submetido a tensões de água no solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p.659-669, 2013.

CHARLO, H. C. O.; CASTOLDI, R.; FERNANDES, C.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T. Cultivo de híbridos de pimentão amarelo em fibra da casca de coco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p.155-159, 2009.

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

FLORES, D. S. **Manejo da irrigação sobre as características morfológicas e produtividade do pimentão em ambiente protegido**. 2014.71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, 2014.

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**, v. 23, p.275-280, 2005.

HOCHMUTH, G. J. **Fertilization of pepper in Florida**. Gainesville: University of Florida: IFAS Extension, Circular, 1168, 2003. 10p.

JÚNIOR, E. S. N.; **Fertirrigação nitrogenada e potássica no cultivo do pimentão em ambiente protegido**. 2013.113f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA, Mossoró, 2013.

LOSS, J. B. **Desenvolvimento vegetativo e produtivo do pimentão submetido a tensões de água no solo**. 2017.57f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alegre, 2017.

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 caliman 01**. 2007.160f. 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.

MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em plantas de pimentão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p.642-650, set./dez., 2005.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Irrigação na cultura do pimentão**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 19p. (Circular Técnica N° 101).

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. SOUSA, V.F. **Irrigação e fertirrigação na cultura do pimentão**. In: SOUSA, V.F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E.F.; PINTO, J.M.; COELHO FILHO, M. A (2ªEds.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2014.

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças. Circular técnica, n. 57, 2008. 15p.

MONTEIRO, E. R. **Identificação botânica e divergência genética em pimentas do gênero *Capsicum* spp.** 2008.61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, 2008.

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

PAULINO, R. C. **Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em pimentão adubado com doses de nitrogênio e fósforo**. 2016.52f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró, 2016.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Org.). ***Capsicum*, pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2000. 113 p.

REIS, J. B. S. **Análise da sensibilidade de duas cultivares de pimentão a diferentes condições de regime hídrico**. 2002.92f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2002.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; FAQUIM, V.; QUEIROZ, T. M. Produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.) irrigado sob diferentes tensões de água no solo e doses de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 6, p.1385-1391, 2004.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças**. 2.<sup>a</sup> ed. rev. atualizada. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011. 58p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196)

VIANA, F. M. P.; FREIRE, F. C. O.; PARENTE, G. B. **Controle das principais doenças do pimentão cultivado nas regiões serranas do Estado do Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicado técnico, n. 132, 2007. 4p.

VILLAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; SOUZA, R. J.; CONSONI, R. Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p.117-124, 2011.

## **2 DESEMPENHO DE PIMENTÃO FERTIRRIGADO EM FUNÇÃO DE TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO SOB DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO**

**RESUMO:** O excesso da adubação pode causar prejuízos na cultura do pimenteiro e danos ao meio ambiente. Por isso, a escolha do fertilizante e a aplicação de uma solução nutritiva equilibrada são fundamentais para a produção e qualidade do produto final. Com isso, este trabalho teve como objetivo estudar tensões de água no solo sob diferentes doses de nitrogênio, para o cultivo de pimentão em cultivo protegido. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Fazenda Escola de Igarapé-Açu, UFRA. O híbrido utilizado foi o DAHRA RX, no espaçamento 1,0 m entre leiras e 0,50 m entre plantas, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 5x4, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco tensões de água no solo (15, 25, 35, 45 e 65 kPa) como indicativo do momento de irrigar (tensão crítica) e quatro doses de nitrogênio (0, 135, 265 e 395 kg ha<sup>-1</sup>). As características avaliadas foram: altura de plantas, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, número de frutos, comprimento do fruto, diâmetro do fruto, massa fresca do fruto, Índice SPAD, produção total por planta, produtividade total, eficiência no uso da água, eficiência no uso de nitrogênio e potencial hídrico antemanhã. Houve interação entre os fatores tensão de água no solo e doses de nitrogênio apenas para eficiência no uso de nitrogênio, obtendo melhor índice na combinação 15 kPa de água no solo e 135 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Para a altura de plantas, massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea diferença significativa apenas para as doses de nitrogênio. Massa seca total de frutos por planta, número total de frutos, comprimento e diâmetro de frutos apresentaram diferença significativa apenas para as tensões de água no solo. Massa fresca total de frutos por planta, produtividade total por planta, eficiência no uso da água e potencial hídrico antemanhã apresentaram diferença significativa para as tensões de água no solo e doses de nitrogênio. Logo, nas condições em que este trabalho foi desenvolvido recomenda-se a tensão de 15 kPa de água no solo e a dose de 265 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, para o cultivo de pimentão em ambiente protegido.

**Palavras-chave:** adubação nitrogenada, cultivo protegido, irrigação por gotejamento, tensiometria.

**ABSTRACT:** Excess fertilization can cause damage to the peppermint crop and damage to the environment. Therefore, the choice of fertilizer and the application of a balanced nutrient

solution are fundamental for the production and quality of the final product. This paper aims the study of the soil water stresses under different nitrogen rates for the cultivation of sweet pepper in protected cultivation. The experiment was conducted in a greenhouse at School farm of Igarapé-Açu, UFRA. The hybrid used was DAHRA RX in the spacing 1.0 m between rows and 0.50 m between plants, using the experimental design of randomized blocks in a 5x4 factorial scheme, with three replications. The treatments consisted of five soil water stresses (15, 25, 35, 45 and 65 kPa) as indicative of the moment of irrigation (critical stress) and four nitrogen doses (0, 135, 265 and 395 kg ha<sup>-1</sup>). The evaluated characteristics were: plant height, fresh shoot mass, shoot dry mass, number of fruits, fruit length, fruit diameter, fresh fruit mass, SPAD index, total production per plant, total productivity per plant, water use efficiency, nitrogen use efficiency and Hydric potential. There was interaction between soil water tension factors and nitrogen doses for only for nitrogen efficiency, obtaining a better index of the combination of 15 kPa of water in the soil and 135 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogen. For plant height, fresh shoot mass and dry shoot mass significant difference only for nitrogen doses. Total dry mass of fruits per plant, total number of fruits, length and diameter of fruits presented significant difference only for soil water stresses. Total fresh mass of fruits per plant, total productivity per plant, water use efficiency and water potential beforehand presented significant difference for soil water stress and nitrogen rates. Therefore, under the conditions in which this work was carried out, it is recommended to apply a pressure of 15 kPa of water in the soil and the dose of 265 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen for the cultivation of sweet pepper in a protected environment.

**Keywords:** nitrogen fertilization, protected cultivation, drip irrigation, tensiometry.

## 2.1 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* var. *annuum*) é uma das solanáceas mais cultivadas e consumidas no Brasil (ECHER et al., 2002; FRIZONNE et al., 2008; MAROUELLI e SILVA, 2012; LORENZONI et al., 2015), destacando o Brasil entre os maiores produtores mundiais (ALBUQUERQUE et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015; NUNES JUNIOR et al., 2017), o que eleva a hortaliça como uma das de maior importância econômica do mercado nacional.

A produtividade média de pimentão no Brasil é de 22 t ha<sup>-1</sup>, ocupando uma área de 15.000 ha, com produção de 334.615 toneladas (ROCHA, 2017). Os principais

estados produtores são Minas Gerais, São Paulo, Ceará, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Pernambuco (87% do total) (HORTIFRUTI/CEPEA, 2017).

Segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (BRASIL, 2006) a região norte apresenta a menor produção agrícola de pimentão, com 2.034 toneladas. Possivelmente essa produção deve ter aumentado, pois o estado do Amazonas vem alavancando sua produção em cultivo protegido com uso da fertirrigação (MAROUELLI e SILVA, 2014).

No estado do Pará, a região nordeste, está em posição de destaque na produção de hortaliças. Entretanto, a produção de hortaliças não tradicionais, como o pimentão, ainda é incipiente devido à carência de informações técnicas e econômicas da cultura no estado. Com isso, acaba forçando a importação desse alimento, o que eleva seu valor comercial no estado.

Ainda que haja crescimento positivo nos sistemas de produção, limitando custos sem abalar a produtividade (MARCUSSE et al., 2004; FLORES, 2014; ABRAHÃO, 2015), os principais entraves para aumento mais expressivo dessa produção são os manejos adequados de água e nutrientes (MARCUSSE et al., 2004; NOGUEIRA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015; CARDOZO et al., 2016; LIMA et al., 2016).

Para obter-se controle maior sobre estes entraves no cultivo de pimentão em ambiente protegido, têm-se adotado o uso da fertirrigação, que segundo Carrijo et al. (2004) é conceituado como o processo de aplicação de fertilizantes simultaneamente com a água da irrigação fornecendo as quantidades de nutrientes requeridas pela cultura no momento adequado.

O manejo mais adequado da irrigação para uma excelente fertirrigação é a tensiometria (SANTANA et al., 2004; CARVALHO et al., 2013), que mede a “força” com que a água é retida pelo solo, a qual afeta a absorção de água pelas plantas, sendo usados para indicar o momento apropriado de realizar as irrigações (MAROUELLI, 2008).

Pesquisas apontam variações na demanda hídrica em cultivo de pimentão, por ser sensível as variações extremas de água no solo. Conforme Marouelli e Silva (2012) a cultura apresenta necessidade hídrica entre 450 a 650 mm, podendo chegar a 1250 mm (DOORENBOS e KASSAM, 1994), pois esta demanda varia em relação às condições climáticas, duração do ciclo, do sistema de cultivo e irrigação adotados (MAROUELLI e SILVA, 2012).

Vinculado ao manejo de água necessária a cultura do pimentão, a necessidade de nutrientes tem recebido muita atenção (ALBUQUERQUE et al., 2011), principalmente o

nitrogênio, por absorver quantidades variadas ao longo do ciclo de cultivo e por influenciar diretamente no crescimento das plantas (ARAGÃO et al., 2012).

Este nutriente é um dos principais macronutrientes exigidos pelo pimentão, influenciando na produção e induzindo o rápido desenvolvimento da cultura. Em excesso, causa abortamento das flores e atraso na maturação, ao mesmo tempo em que torna a cultura mais susceptível a doenças (LORENZONI et al., 2015).

Portanto, este trabalho teve como objetivo estudar tensões de água no solo sob diferentes doses de nitrogênio, para o cultivo de pimentão em cultivo protegido.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Caracterização da área experimental

A pesquisa foi realizada em ambiente protegido (16 m de largura e 30 m de comprimento), coberta por filme de plástico de 150 micras e tela de sombreamento de 50 %, localizada na Fazenda Escola de Igarapé-Açu, da Universidade Federal Rural da Amazônia (FEIGA/UFRA), com as coordenadas geográficas de 1° 07' 48,47'' S e 47° 36' 45,31'' W, elevação 54 m, no município de Igarapé-Açu, nordeste paraense (Figura 1).

**Figura 1. Casa de vegetação da Fazenda Escola (FEIGA) utilizada no experimento.**



Fonte: Elaboração autora.

O solo da região é classificado como Argissolo Amarelo distrófico de textura arenosa média (SOUZA et al., 2011). Foi realizada a coleta de solo para análise química e física do solo, apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1. Análise química e física do solo**

Análise química															
Prof.	Macronutrientes					Micronutrientes				Acidez			Outros		
cm	K	Na	P	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	pH	H+Al	V	CTC	M.O	
	mg dm <sup>-3</sup>		--- cmolc dm <sup>-3</sup> --			----- mg dm <sup>-3</sup> -----				H <sub>2</sub> O	cmolc dm <sup>-3</sup>	%	cmolc dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>	
0-20	74	12	26	1,6	0,8	0,95	493,64	6,65	2,31	4,7	3,63	42,13	6,27	11,37	
20-40	16	5	5	0,5	0,4	0,36	251,59	2,72	0,61	5,0	3,80	20,25	4,76	8,32	
Análise física															
Granulometria						Prof.	Densidade			Porosidade					
Areia			Silte		Argila	cm	Solo	Partícula	Macro	Micro		Total			
----- g kg <sup>-1</sup> -----						----- g cm <sup>-3</sup> -----	----- cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> -----								
						0-10	1,33		0,167	0,220		0,387			
0-20			784		96	120	10-20	1,57	2,63	0,118	0,251		0,369		
20-40			699		101	200	20-30	1,34		0,152	0,219		0,371		

Fonte: Laboratório de Análise de solo da Embrapa Amazônia Oriental.

### 2.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 4, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco tensões de água no solo (15, 25, 35, 45 e 65 kPa) como indicativo do momento de irrigar – tensão crítica, e quatro doses de nitrogênio (0; 135, 265 e 395 kg ha<sup>-1</sup>) baseado na curva de absorção de nutrientes para o pimentão fertirrigado (RINCÓN et al., 1995), correspondendo a 0, 45, 90 e 135 % de nitrogênio indicado pelos autores. Para os demais nutrientes que não foram pesquisados, em cada tratamento, foram aplicados 100% da recomendação.

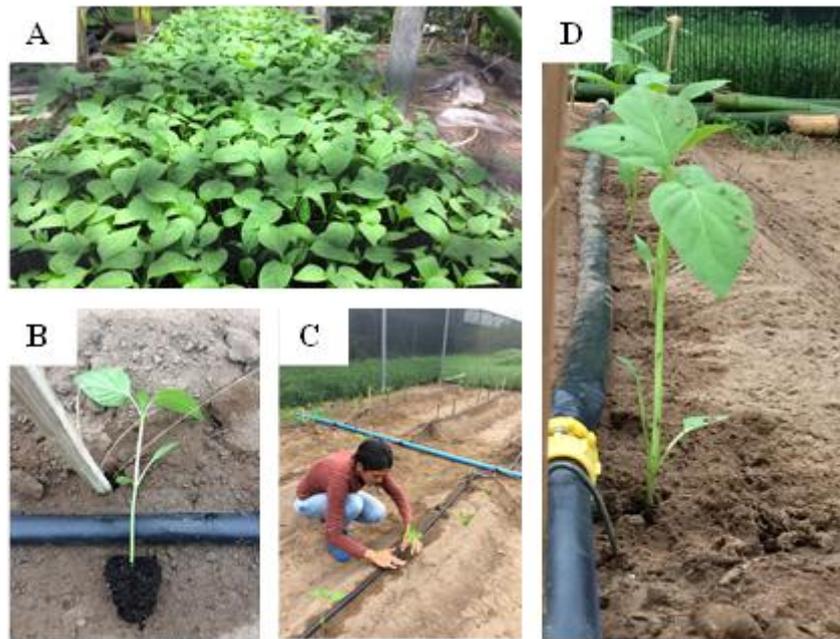
### 2.2.3 Caracterização do material vegetal

O híbrido DAHRA RX foi selecionado, por apresentar segurança no cultivo em condições quentes e úmidas. Foi desenvolvido pela Sakata®, apresentando frutos lisos, de coloração verde brilhante e parede grossa, com peso médio dos frutos de 290 g. Plantas de alto vigor apresentando alto nível de resistência a *PVY* (Vírus “Y” da batata), estirpes (P0, P1 e P1,2), *ToMV* (mosaico do tomateiro), estirpe Tm1 e *Xanthomonas campestris* pv.

### 2.2.4 Produção e transplântio das mudas

As mudas foram preparadas em bandejas de polietileno, com 200 células, preenchidas com composto orgânico. Aos 30 dias após a semeadura (DAS), com média de 15 cm de altura, variando de cinco a seis folhas, foram transplantadas 420 mudas (Figura 2). Após o transplântio, as mudas foram irrigadas durante 30 dias, antes da diferenciação dos tratamentos, para ocorrer o melhor ‘pegamento’, totalizando assim uma lâmina de 199,08 mm (6,64 mm dia<sup>-1</sup>). Decorrido esses 30 dias após o transplântio (DAT), deu-se início a diferenciação dos tratamentos.

**Figura 2. Padrão das mudas de pimentão (A e B) e transplântio (C e D)**

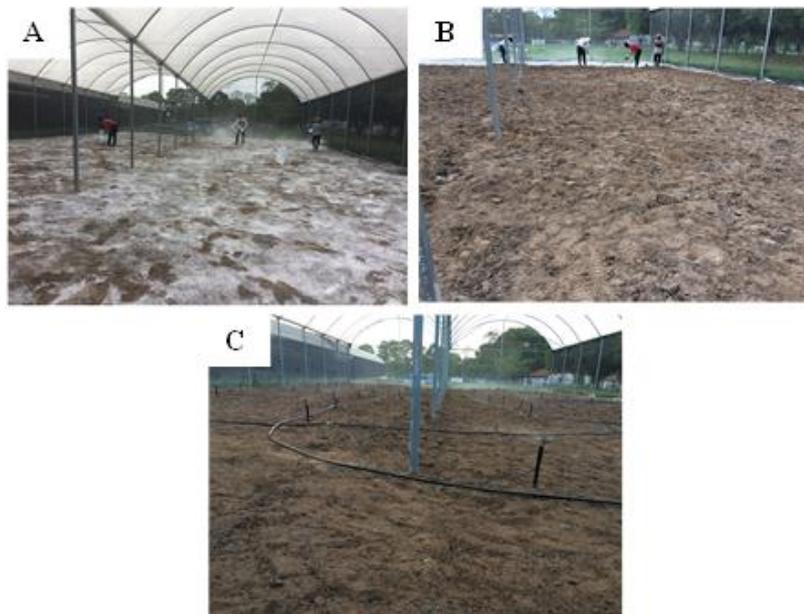


Fonte: Elaboração autora.

### 2.2.5 Instalação e condução do experimento

O preparo do solo adotado foi realizado 30 dias antes do transplântio, com aplicação de calcário na camada 0-20 cm, incorporado por enxada, sendo corrigido pelo método de saturação por base com base na análise para fins de correção da acidez do solo e elevação da saturação por bases (V) para 80%, que reagiu 30 dias, mantendo-se o solo úmido nesse período (Figura 3).

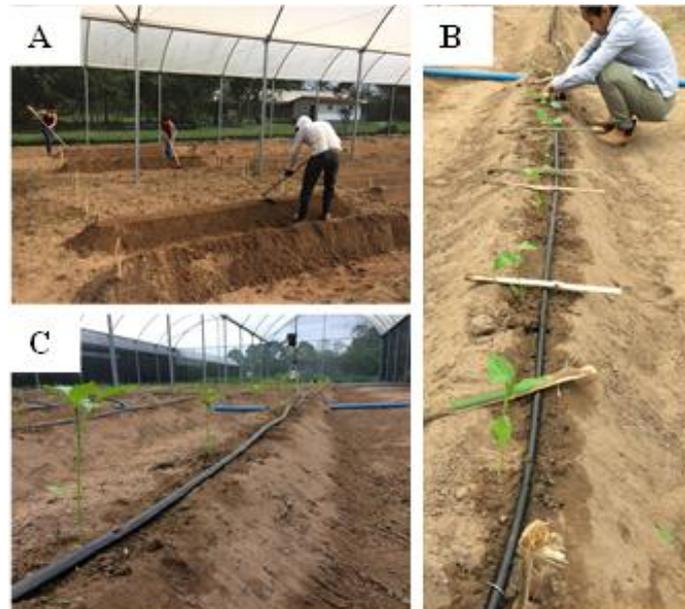
**Figura 3. Realização da calagem (A), incorporação do calcário com a enxada (B) e umedecimento do calcário por 30 dias**



Fonte: Elaboração autora.

Com o próprio solo da casa de vegetação foram construídas leiras simples, com largura de 0,2 m, comprimento de 3,5 m e altura de 0,25 m. Cada leira correspondeu a uma parcela, obtendo sete plantas por leira, com espaçamento de 1,0 m x 0,5 m, obtendo um total de 420 plantas (Figura 4).

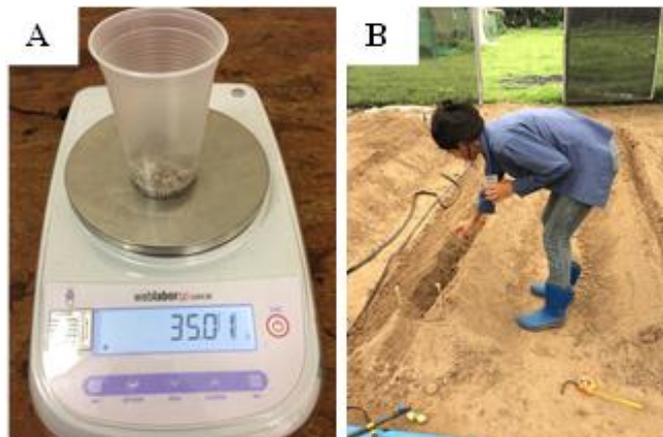
**Figura 4. Construção das leiras (A), uma parcela com sete plantas (B) e o total de plantas (C)**



Fonte: Elaboração autora.

Uma semana antes do transplante das mudas foi realizada a adubação de plantio com Topmix<sup>Tm</sup> (08.40.08 + S + micronutriente – Zn, B, Cu e Mn),  $50 \text{ g m}^{-2}$ , em todas as parcelas de acordo com Trani (2014) (Figura 5).

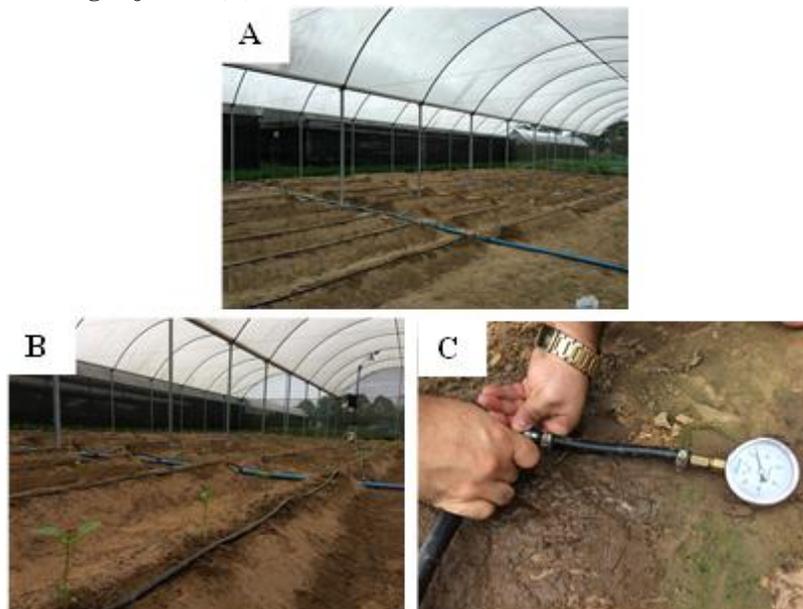
**Figura 5. Massa (A) e aplicação do fertilizante (B)**



Fonte: Elaboração autora.

O sistema de irrigação localizada adotado foi o gotejamento, com vazão de  $2,32 \text{ L h}^{-1}$ , e emissores espaçados 15 cm entre si. A irrigação foi realizada por meio de mangueiras gotejadoras auto-compensantes de polietileno aditivado, diâmetro nominal de 16 mm, com pressão de serviço de 7,5 mca no final da mangueira, e com emissores do tipo in – line. As mangueiras gotejadoras foram posicionadas dentro da parcela, cada mangueira atendeu uma linha de plantas (3,5 gotejadores/planta) (Figura 6). Estas foram conectadas nas linhas de derivação de polietileno (DN 16) e estas aos tubos de PVC (DN 50; PN 40), que estavam conectados à linha principal, por meio de válvulas manuais. Foi utilizada para o sistema de irrigação uma caixa d’água de 3000 L, uma bomba elétrica de 1,5 cv (vazão de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ), acionada pelo controlador e um filtro de disco.

**Figura 6. Sistema de irrigação (A), linha gotejadora em cada parcela (B) e mensuração da pressão de serviço ao final da linha gotejadora (C).**



Fonte: Elaboração autora.

Após a instalação do sistema de irrigação, foi realizada avaliação hidráulica para a determinação do desempenho do mesmo, através do Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). A análise de uniformidade foi realizada em 30 parcelas, colocados recipientes coletores de 180 ml em baixo de quatro emissores, fazendo a coleta de água por um período de 1 min, sendo duas repetições. De posse das médias das lâminas coletadas foi calculado o CUD (Figura 7). O sistema apresentou classificação excelente (96%) segundo classificação de Mantovani (2001) (Equação 1).

**Figura 7. Avaliação hidráulica do sistema de irrigação**



Fonte: Elaboração autora.

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} \cdot 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

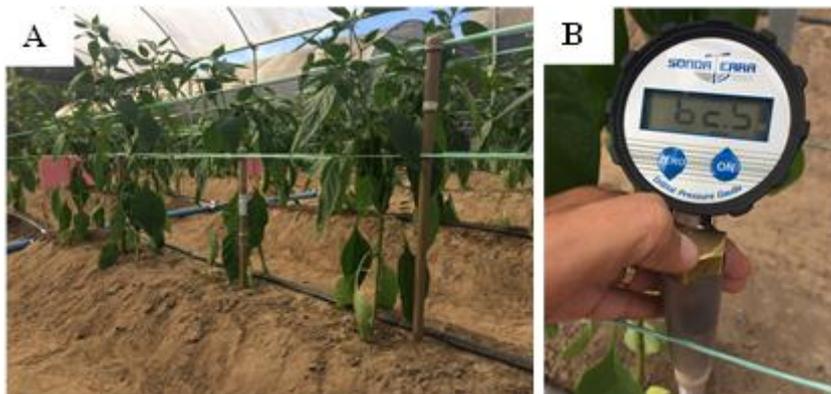
CUD – Coeficiente de uniformidade de distribuição (%)

$q_{25}$  – Média de 25 % das vazões com menores valores

$q_m$  – Média de todas as vazões em  $L h^{-1}$ .

Para determinação da tensão crítica, foi instalado um conjunto de dois tensiômetros de punção, instalados a 20 cm, indicando o momento de irrigar, e um a 30 cm de profundidade para verificar se estava ocorrendo perda de água. Os tensiômetros ficaram posicionados no alinhamento da cultura, a 15 cm dos gotejadores. As leituras nos tensiômetros foram realizadas uma vez ao dia, por volta das 09:00 h, utilizando-se um tensímetro digital de punção (Figura 8).

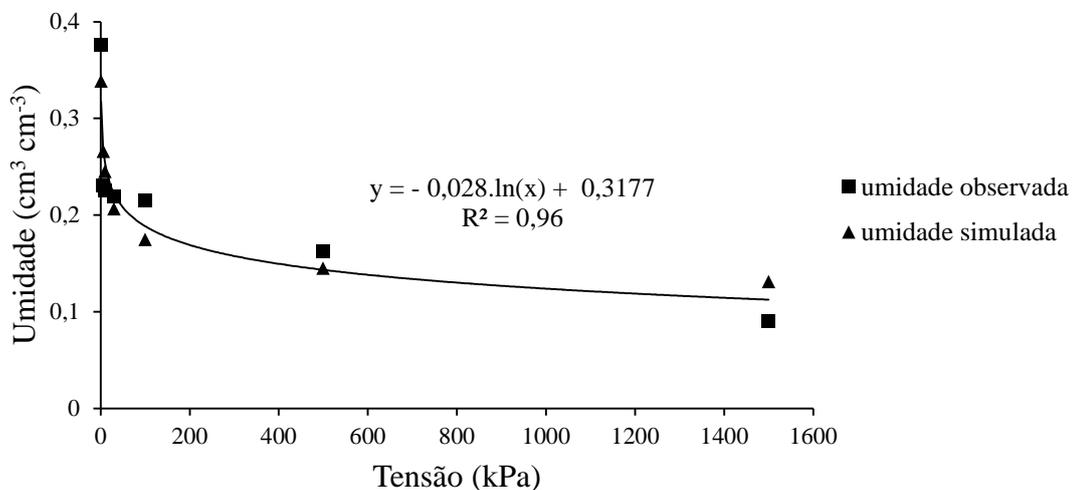
**Figura 8. Tensiômetros (A) e tensímetro (B) utilizados para o monitoramento da frequência de irrigação**



Fonte: Elaboração autora.

O manejo da irrigação foi baseado na curva característica de água no solo obtida no perfil de 0 a 30 cm de profundidade. Os resultados de retenção de água no solo foram obtidos por meio de câmara de pressão de Richards (RICHARDS, 1941). Os mesmos foram ajustados segundo o modelo proposto por Van Genuchten (1980), com o auxílio do software solver no Excel, obtiveram-se os parâmetros da equação de ajuste da curva característica de retenção de água no solo (Figura 9). As irrigações foram efetuadas quando a média dos tensiômetros alcançava a tensão crítica, e sempre buscando elevar o solo a umidade na capacidade de campo, correspondendo a tensão de 10 kPa ( $0,339 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ).

Figura 9. Curva de retenção de água no solo



As lâminas de água aplicadas na diferenciação dos tratamentos e o tempo de funcionamento do sistema de irrigação foram calculados segundo Cabello (1996), considerando-se a profundidade efetiva do sistema radicular, igual a 20 cm, pois é nessa profundidade que se concentra cerca de 80 % das raízes da cultura (MAROUELLI, 2008) e a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação por gotejamento, igual a 95%, proposta por Silva et al. (2002).

Na injeção dos fertilizantes foi adotado o sistema de bomba injetora, a solução fertilizante contida no reservatório aberto, era introduzida ao sistema de irrigação, com pressão 10% superior que à da água de irrigação, em concentração constante, por meio da bomba elétrica de 1 cv ( $9,8 \text{ m}^3/\text{h}$ ), acionada pelo controlador. Foi inserido, após o filtro de disco, um manômetro para melhor controlar a pressão de serviço do sistema (Figura 10).

**Figura 10. Sistema de bomba injetora**

Fonte: Elaboração autora.

Os procedimentos adequados para aplicação dos fertilizantes via água de irrigação compreenderam três etapas distintas. A primeira etapa correspondeu ao funcionamento do sistema de irrigação, para equilibrar hidraulicamente, as sub-unidades, com cerca de um quarto do tempo total programado para a irrigação. Na segunda etapa, fez-se a injeção dos fertilizantes no sistema de irrigação, pelo sistema de bomba injetora, por um período que correspondia a dois quartos do tempo total de irrigação. Na terceira etapa, o sistema continuou funcionando, visando à complementação do tempo total de irrigação, lavagem completa do sistema e carrear os fertilizantes da superfície para camadas mais profundas do solo.

Os fertilizantes foram aplicados na forma de mistura, as soluções eram preparadas em separado e misturadas, na proporção desejada, de acordo com os tratamentos, sempre atentando à solubilidade e compatibilidade das fontes utilizadas. O tempo da fertirrigação e o volume de solução foram iguais para todos os tratamentos.

Os fertilizantes utilizados na solução nutritiva da fertirrigação foram: nitrato de cálcio (15,5% de N e 19% Ca), nitrato de potássio (12% de N e 43% de  $K_2O$ ), nitrato de magnésio (11% de N e 9,3% de  $MgO$ ), ureia (45% de N), cloreto de cálcio (27,2% de Ca), cloreto de potássio (pó branco) (60% de  $K_2O$ ), MAP purificado (11% de N e 60% de  $P_2O_5$ ), fosfato monopotássico (34% de  $K_2O$  e 52% de  $P_2O_5$ ) e sulfato de magnésio (9,4% de  $MgO$  e 12% de S). A aplicação dos fertilizantes foi realizada conforme a realização da reposição das lâminas de irrigação da tensão correspondente a cada tratamento. Da mesma forma foi realizada para os micronutrientes, porém aplicado uma vez ao mês conforme as tensões. Para a formação e 'pegamento' dos frutos foram aplicadas pulverizações foliares de Ca e B, segundo

recomendações de Albuquerque et al. (2012) e Oliveira et al. (2013), usando como fonte CalBor (Fortiplant), na dose recomendada para o pimentão.

Devido ao uso de um sistema de bomba injetora, a solução fertilizante contida no reservatório era aspirada e incorporada na água de irrigação. Também, antes da injeção, era checada a condutividade elétrica da solução nutritiva ( $\text{dS m}^{-1}$ ) concentrada. Logo, a demanda de cada tratamento era pesada, identificada, diluída em água (atentando à solubilidade e compatibilidade) baseada na curva de absorção do pimentão fertirrigado (RINCÓN et al., 1995) (Tabela 2).

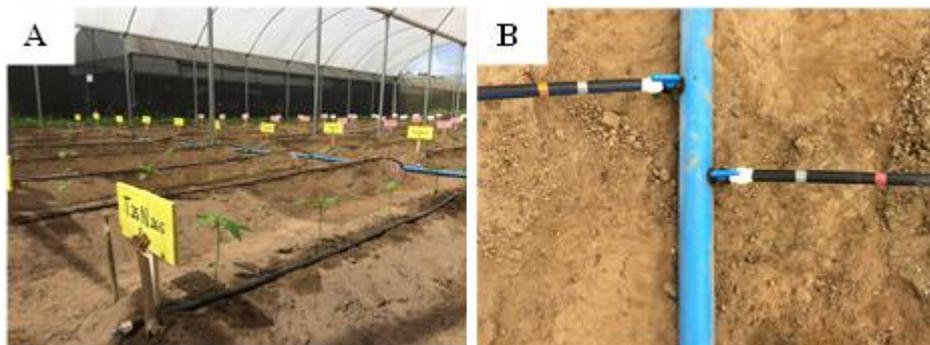
**Tabela 2. Curva de absorção de nutrientes utilizada como referência**

Período dias	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
	Kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>					Kg ha <sup>-1</sup> período <sup>-1</sup>				
0-35	0,05	0,009	0,10	0,06	0,025	2	0	3	2	1
35-55	0,35	0,07	0,80	0,35	0,17	7	1	16	7	3
55-70	1,20	0,23	2,25	0,98	0,45	18	3	34	15	7
70-85	1,30	0,23	2,60	0,98	0,41	20	3	39	15	6
85-100	2,60	0,78	4,82	2,80	1,41	39	12	72	42	21
100-120	2,75	0,57	5,50	1,12	1,16	55	11	110	22	23
120-140	3,75	1,08	4,82	1,40	1,00	75	22	96	28	20
140-165	3,15	0,78	4,80	1,68	1,19	79	19	120	42	30
<b>Total/100t</b>						294	73	491	173	111
<b>Total/t</b>						2,9	0,7	4,9	1,7	1,1

Fonte: Rincón et al. (1995)

As doses, de cada tratamento, foram injetadas individualmente e, para a troca entre os tratamentos e doses durante a injeção dos fertilizantes, foram utilizados registros devidamente identificados, por meio de cores (para identificar tensões e doses de nitrogênio) e placas para identificação nas parcelas (Figura 11).

**Figura 11. Identificação dos tratamentos por placas (A) e por cores (B)**



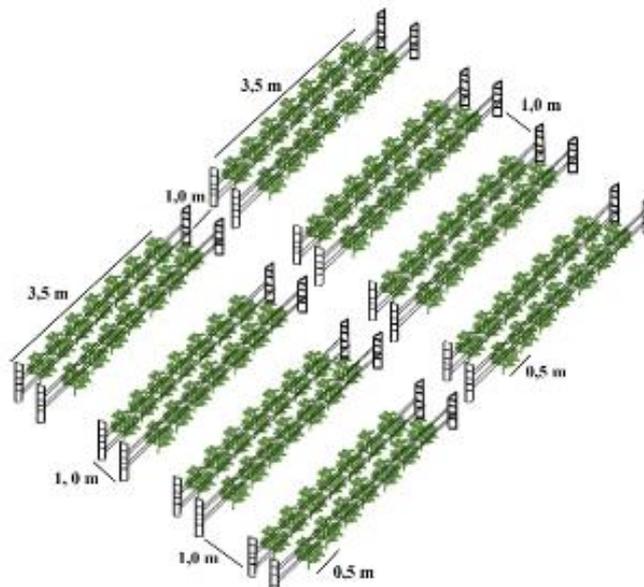
Fonte: Elaboração autora.

### 2.2.6 Sistema de condução

As plantas foram conduzidas em sistema de espaldeamento simples, onde foram fixados tutores de bambu, ao início e final de cada parcela, espaçados em 4 m.

Nos tutores foram postos fixos três fios de fitilho paralelos a cada 30 cm, no sentido da linha de plantio. À medida que a planta crescia, as hastes eram amarradas ao fitilho, com auxílio de alceador de fita plástica (Figura 12 e 13).

**Figura 12. Croqui do sistema de condução – Tutoramento em “V”**



Fonte: Elaboração autora.

**Figura 13. Tutoramento em “V” para pimentão em ambiente protegido.**

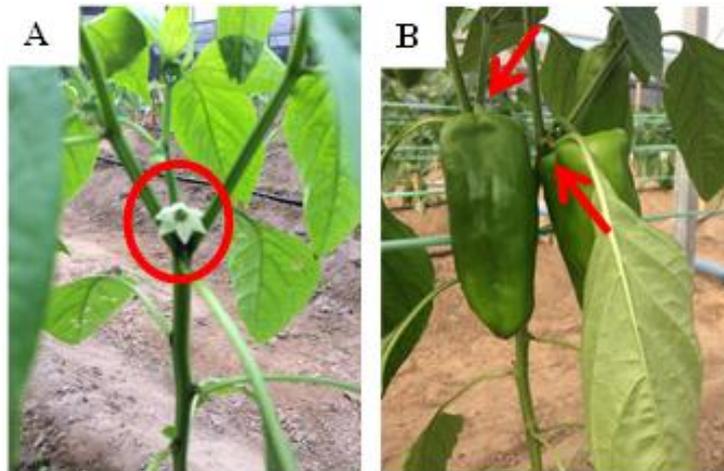


Fonte: Elaboração autora.

Segundo Sousa (2017), algumas das vantagens desse sistema de condução é a melhor ventilação, sanidade da cultura, floração mais regular e facilidade na colheita dos frutos, além de evitar quebra dos galhos por conta do peso dos mesmos.

Aos 32 DAT, foi realizada a retirada da primeira flor que surgiu na primeira bifurcação do caule (Figura 14), seguindo recomendações de Sá (2014); Abrahão (2015) e Sousa (2017).

**Figura 14. Retirada da 1ª flor (A) e eliminação das hastes (B)**



Fonte: Elaboração autora.

### 2.2.7 Manejo fitossanitário e tratos culturais

Diariamente foi realizado o monitoramento visual para pragas, já que, a área experimental já apresentava histórico de ocorrência de infestação de mosca branca e algumas espécies de lagartas, em decorrência, ao histórico de plantio já realizado na área. Em prol disso, frequentemente foi examinado, visualmente, várias partes da planta (folha, caule e frutos), com intuito de identificar e posteriormente, controlar a tempo hábil, a ocorrência de alguma infestação de pragas ou doenças.

Como, no período do transplante das mudas, havia incidência de mosca-branca (*Bemisia tabaci*) em localidades próximas à área experimental, adotou-se o controle preventivo, o qual, no dia do transplantio, foi realizado aplicação do inseticida imidacloprido. Durante o ciclo da cultura, houve a necessidade de realizar aplicações de outros inseticidas como o metomil e o imidacloprido/beta-ciflutrina (Figura 15) (Tabela 2). A escolha dos inseticidas foi estabelecida conforme o mecanismo de ação dos mesmos, a fim de, evitar a pressão de seleção a biótipos resistentes aos inseticidas.

**Figura 15. Aplicação de defensivos agrícolas**



Fonte: Elaboração autora.

**Tabela 2. Defensivos agrícolas utilizados durante a condução do experimento**

Produto	Classe	PA <sup>1</sup>	Doses	Combate	Intervalo (dias)
Evidence 700 WG	Inseticida	Imidacloprido	6,5 g 6 L <sup>-1</sup> de H <sub>2</sub> O	Mosca branca e pulgão	Somente no transplântio
Lannate	Inseticida	Metomil	70 mL 12 L <sup>-1</sup> de H <sub>2</sub> O	Mosca branca e lagarta do cartucho	15
Connect	Inseticida	Imidacloprido/beta-ciflutrina	50 mL 12 L <sup>-1</sup> de H <sub>2</sub> O	Mosca branca e lagarta do cartucho	15

<sup>1</sup>PA = Princípio Ativo

Os inseticidas foram aplicados utilizando-se pulverizador costal, de pressão de trabalho máxima de 6 Kgf/cm (70 lbf/pol<sup>2</sup>), possuindo uma lança de 0,5 m de comprimento com uma mangueira de 1,2 m, munido de um bico no modelo JD-12P, calibrado para aplicar volume de calda de 170 L ha<sup>-1</sup>.

Ao longo do desenvolvimento da cultura foi realizada capina manual dentro das leiras e com enxada entre as leiras para controle de plantas daninhas.

### 2.2.8 Solução do solo

No monitoramento da solução do solo foi utilizado extratores que, semelhante ao tensiômetro, conta com uma capsula porosa na extremidade. No estudo, foram instalados extratores de solução em uma repetição de cada tratamento, a 20 cm de profundidade, seguindo a mesma metodologia de instalação dos tensiômetros (Figura 16).

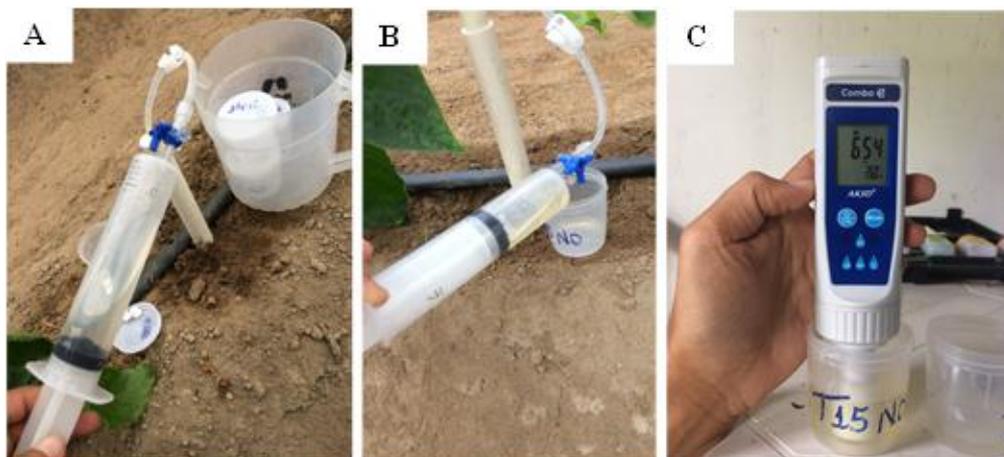
**Figura 16. Extratores de solução instalados no solo**



Fonte: Elaboração autora.

Para extrair a solução do solo, aplicava-se o vácuo em todos os extratores depois da aplicação da fertirrigação. Após, 24 horas desta aplicação, a solução era extraída com auxílio de uma seringa plástica de 60 mL e analisada com medidor multiparâmetro portátil (AKSO® Combo5), sendo verificado o potencial hidrogeniônico (pH), a condutividade elétrica (CE), salinidade (Sal) e sólidos solúveis totais (TDS). A partir dos dados de cada leitura, era realizada a adequação do manejo ou até mesmo a suspensão temporária da fertirrigação, se necessário (Figura 17). Com o intuito de se obter melhor controle da solução do solo, foi realizada também análise físico-química da água utilizada na irrigação/fertirrigação realizada em laboratório particular – Multi Análises (Tabela 3).

**Figura 17. Extração da solução do solo (A), soluções armazenadas em recipientes correspondentes aos seus respectivos tratamentos (B) e medição de pH, CE, salinidade e TDS com medidor multiparâmetro portátil (C).**



Fonte: Elaboração autora.

**Tabela 3. Análise físico-química da água de irrigação/fertirrigação**

Nitrogênio total	Ferro	Manganês	Sólidos solúveis totais	Sulfeto de hidrogênio	pH	Condutividade
mg L <sup>-1</sup>			a 20,6 °C			μS/cm a 25°C
2,3	0,04	0,027	12,32	0,0	5,72	24,66

Fonte: Laboratório Multi Análises.

Antes de cada leitura, o aparelho era calibrado em pH com solução a 7,0 e 4,0 e condutividade elétrica (CE) com solução de 1,41dS m<sup>-1</sup>. No intervalo entre as leituras, o eletrodo de cada medidor portátil era lavado, com água destilada e seco cuidadosamente com papel toalha. Os dados obtidos eram anotados e transcritos para planilha eletrônica no Excel, permitindo assim melhor acompanhamento ao longo das extrações e visualização de possíveis problemas com o programa de fertirrigação.

## 2.2.9 Características avaliadas

### a) Altura da planta (AP)

A altura da planta foi avaliada aos 104 DAT. Para a altura da planta foi utilizada uma trena dispondo a sua extremidade na base da planta rente ao solo posicionado verticalmente no sentido do topo da planta, sendo considerada como ponto de leitura, em centímetros, a última inserção foliar do ramo mais alto (BILIBIO et al., 2010) (Figura 18).

**Figura 18. Medição da Altura da planta (AP)**

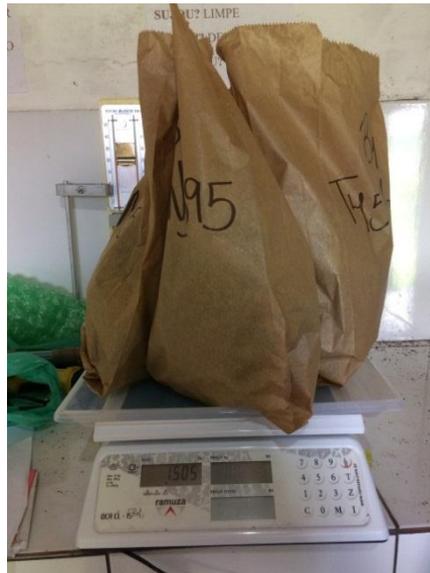


Fonte: Elaboração autora.

**b) Massa fresca e massa seca da parte aérea (MFPA e MSPA)**

As plantas foram cortadas rentes ao solo, colocadas em sacos de papel e pesadas para obtenção da massa fresca, e posteriormente transferida para estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até obtenção de massa constante. Em seguida foram pesadas, em balança semi-analítica, com duas casas decimais. Foram amostradas cinco plantas por tratamento (Figura 19).

**Figura 19. Massa fresca da parte aérea (MFPA) por tratamento**



Fonte: Elaboração autora.

**c) Massa fresca e seca dos frutos (MFF e MSF)**

Os frutos foram coletados aos 72, 92 e 112 DAT. Após foram pesados para a obtenção da massa fresca, em seguida foram acondicionados em sacos de papel e levados a secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até obtenção de massa constante. As massas foram mensuradas com o auxílio de uma balança com duas casas decimais. Foram amostradas cinco plantas por tratamento a cada colheita realizada (Figura 20).

**Figura 20. Massa fresca dos frutos (A) e massa seca dos frutos (B)**



Fonte: Elaboração autora.

#### **d) Classificação e colheita dos frutos**

O pimentão pode ser classificado por formato, cor, comprimento, diâmetro e qualidade dos frutos, de acordo com as normas vigentes no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Logo, para esse trabalho, os frutos foram classificados pelo tamanho, de acordo com as normas vigentes no Ministério da Agricultura (BRASIL, 2018), da seguinte forma: comerciais (comprimento  $\geq 60$  mm e diâmetro  $\geq 40$  mm) e não comerciais (comprimento  $< 60$  mm e diâmetro  $< 40$  mm ou algum defeito grave, tais como: frutos murchos, deteriorados, malformados, com danos mecânicos e com doenças ou pragas) (Figura 21).

**Figura 21. Frutos classificados como comerciais (A) e não comerciais (B)**

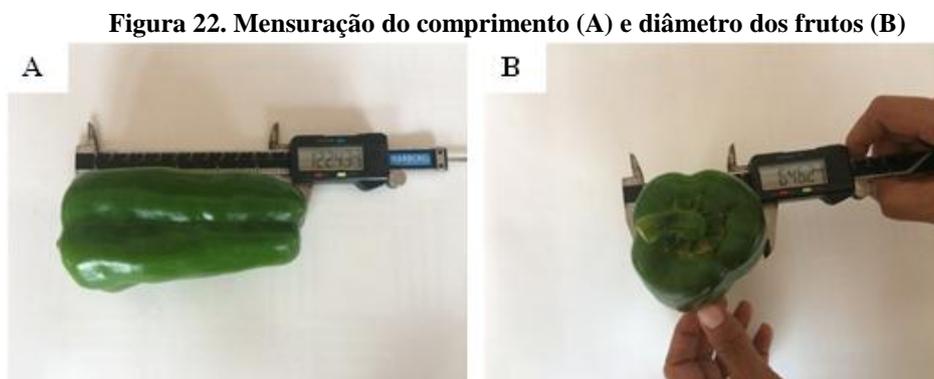


Fonte: Elaboração autora.

Foram realizadas três colheitas, durante todo o período experimental, iniciando aos 72 DAT, com intervalos médios de 20 dias. Tendo como ponto de colheita a partir da coloração verde brilhante dos frutos. Estes eram colhidos em cinco plantas úteis em cada parcela. Analisaram-se todos os frutos colhidos nas três colheitas, totalizando 1.929 frutos, contabilizando os frutos com as anomalias fisiológicas, podridão apical e escaldadura.

#### e) Comprimento e diâmetro dos frutos (DF e CF)

O comprimento e diâmetro dos frutos foram obtidos, por meio de um paquímetro digital, obtendo-se as medidas em milímetros (Figura 22).



Fonte: Elaboração autora.

#### f) Número total de frutos por planta (NTF)

Por meio da contagem direta dos frutos produzidos por planta, obtivemos número total dos mesmos, sendo os resultados expressos em frutos planta<sup>-1</sup>.

#### g) Produtividade total (PROD total)

Foi estimada a produção total nas três colheitas realizadas por planta. Por meio desses dados foi calculada a produtividade total por planta, estimada em t ha<sup>-1</sup>, pela seguinte fórmula:

$$PROD\ total = \frac{produção\ total}{área}$$

#### h) Eficiência no uso da água (EUA)

A eficiência no uso da água (EUA) foi obtida para cada tratamento, por meio da relação entre a produção total de frutos (kg) e o consumo de água (mm) durante o ciclo da cultura (DOORENBOS e KASSAM, 1994), pela seguinte fórmula:

$$EUA = \frac{PROD\ total}{w}$$

Onde:

EUA = eficiência do uso da água,  $kg\ mm^{-1}$

PROD total = produtividade total,  $kg\ ha^{-1}$

w = volume de água aplicado,  $mm\ ha^{-1}$

#### i) Eficiência no uso de nitrogênio (EUN)

A eficiência no uso de nitrogênio (EUN) foi obtida para cada tratamento, por meio da relação entre produtividade e dose de nitrogênio aplicada, pela seguinte fórmula:

$$EUN = \frac{PROD\ total}{Dose\ de\ N}$$

Onde:

EUN = eficiência no uso de nitrogênio,  $kg\ de\ frutos/kg\ de\ nitrogênio$

PROD total = produtividade total,  $kg\ ha^{-1}$

Dose de N =  $kg\ ha^{-1}$

#### j) Potencial hídrico foliar antemanhã ( $\Psi_{Am}$ )

Para o acompanhamento das disponibilidades hídricas no solo foram realizadas medidas de potencial hídrico foliar antemanhã ( $\Psi_{Am}$ ) utilizando-se a câmara de pressão de Scholander (SCHOLANDER et al., 1965), modelo M 1505D (Pressure Chamber Instruments, PMS) em folhas sadias totalmente expandidas, coletadas no terço médio das plantas. Essas medidas foram realizadas antes do amanhecer, aos 91 DAT (Figura 23).

**Figura 23. Avaliação do potencial hídrico foliar antemanhã**



Fonte: Elaboração autora.

### k) Concentrações de nitrogênio na folha, no fruto e índice SPAD

O teor de nitrogênio nas folhas foi analisado aos 72, 92 e 112 DAT. Foi coletada a folha fisiologicamente madura entre o florescimento e a metade do ciclo (MALAVOLTA et al., 1997; TRANI, 2014). Para análise, foi coletada folhas das cinco plantas da área útil de cada tratamento. O material foliar foi seco em estufa a 65°C e enviadas ao laboratório. As determinações dos teores de nitrogênio foram feitas de acordo com a Embrapa (2009). Para a análise nos frutos, seguiu-se a mesma metodologia que das folhas, porém apenas para as duas primeiras colheitas.

Foi realizada leitura indireta do teor de clorofila, para tanto foi utilizado o clorofilômetro portátil modelo SPAD-502 PLUS (Figura 24). A leitura foi realizada em uma repetição, em uma folha por planta completamente expandidas e fotossinteticamente ativa, totalizando uma leitura por planta e cinco leituras por parcela. A medição foi realizada aos 108 DAT, no período da manhã, entre 9:00 e 10:00 h, conforme Godoy et al. (2008). A medida SPAD foi calculada pela média das leituras das plantas de cada tratamento.

**Figura 24. Leitura do teor de clorofila com a utilização do clorofilômetro portátil**



Fonte: Elaboração autora.

#### 2.2.10 Análise estatística

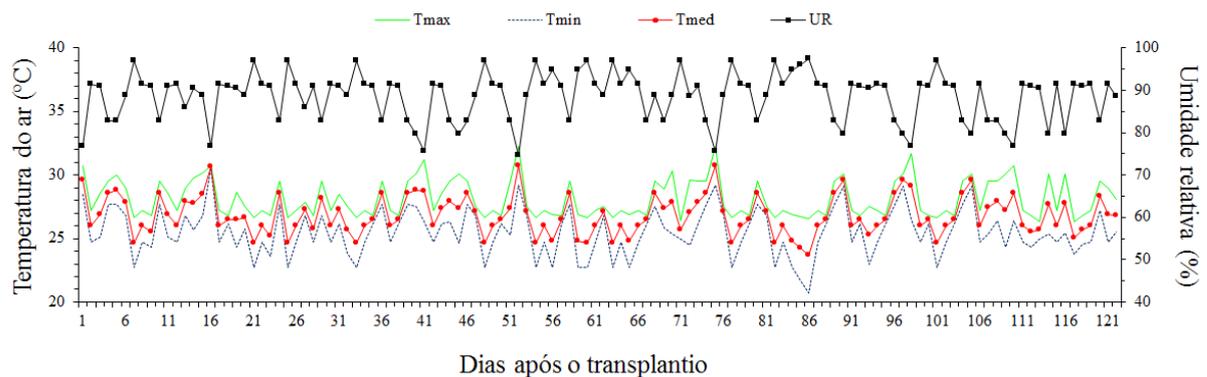
Os efeitos da tensão e adubação nitrogenada via fertirrigação nas variáveis avaliadas foram submetidos ao teste “F” e quando obteve significativa, foram aplicados às análises de regressão ao nível de significância de 5%, com auxílio do programa R 3.5.0 (R Development Core Team, 2018).

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para acompanhamento das variáveis agrometeorológicas e para entender o comportamento das plantas, foram utilizados os dados da estação Davis vantage pro 2, instalada dentro do ambiente protegido.

As variações de temperatura e umidade relativa do ar, observadas dentro do ambiente protegido durante a condução do experimento, são apresentadas na Figura 25.

**Figura 25. Médias de temperatura e umidade relativa obtidas durante a condução do experimento.**



No período do experimento, a média da temperatura máxima e mínima observada foi de 30,7 e 24,2 °C, respectivamente, estando dentro dos valores encontrados por Oliveira et al. (2015). Estes valores estão próximos àqueles considerados ideais para o desenvolvimento e a produção da cultura do pimentão que, de acordo com Pinto et al. (2007), a temperatura média deve estar entre 26 e 30°C e a mínima em torno de 17°C.

A média da umidade relativa do ar máxima e mínima foi de 97,3 e 74,6%, respectivamente. Observou-se aumento da umidade no interior da casa de vegetação sempre que a temperatura diminuía. Os valores médios de umidade analisados no interior da casa de vegetação, situaram-se acima da faixa considerada ideal para a cultura, que se encontra em 50 a 70%, de acordo com Goto e Tivelli (1998).

Com os picos de temperatura acima de 30° C, observou-se deficiência de cálcio (Ca) em todos os tratamentos, com destaque para os tratamentos com maiores tensões, pois a baixa umidade no solo, maior intensidade de transpiração foliar e desequilíbrio nutricional, influenciam na absorção, translocação e acúmulo de Ca nas plantas, causando podridão apical nos frutos (CANTUÁRIO et al., 2014) (Figura 26). Este fato pode ter contribuído para perdas significativas na produtividade nos tratamentos analisados nesta pesquisa.

Figura 26. Deficiência de cálcio nos tratamentos de maiores tensões de água no solo.



Fonte: Elaboração autora.

A Tabela 4 apresenta as lâminas de água aplicadas antes (Inic) e após a diferenciação dos tratamentos (Irrig), ocorridas durante o experimento, o total de água fornecido para a cultura até as colheitas (Total), o número de irrigações (NI), média do turno de rega (TR) e demanda hídrica diária (DH) durante a diferenciação dos tratamentos. A ocorrência da diferenciação dos tratamentos realizou-se somente aos 30 DAT.

**Tabela 4. Tensões da água no solo na profundidade de 0,20 m, lâminas aplicadas antes da diferenciação dos tratamentos (Inic), lâminas aplicadas após a diferenciação dos tratamentos (Irrig), lâmina total de água (Total), número de irrigações (NI), média do turno de rega (TR) e demanda hídrica diária (DH), no cultivo de pimentão em função de tensões de água no solo e doses de nitrogênio via fertirrigação, Igarapé-Açu – PA, 2018.**

Tratamentos	Tensão	Lâminas (mm)				NI (un)	TR	DH (mm/dia)
		Inic	Irrig	Total				
T15N0	15 kPa	199,08	320,80	519,88	48	2,31	4,68	
T15N135	15 kPa	199,08	320,80	519,88	48	2,31	4,68	
T15N265	15 kPa	199,08	320,80	519,88	48	2,31	4,68	
T15N395	15 kPa	199,08	320,80	519,88	48	2,31	4,68	
T25N0	25 kPa	199,08	314,34	513,42	32	3,47	4,63	
T25N135	25 kPa	199,08	314,34	513,42	32	3,47	4,63	
T25N265	25 kPa	199,08	314,34	513,42	32	3,47	4,63	
T25N395	25 kPa	199,08	314,34	513,42	32	3,47	4,63	
T35N0	35 kPa	199,08	305,53	504,61	25	4,44	4,55	
T35N135	35 kPa	199,08	305,53	504,61	25	4,44	4,55	
T35N265	35 kPa	199,08	305,53	504,61	25	4,44	4,55	
T35N395	35 kPa	199,08	305,53	504,61	25	4,44	4,55	
T45N0	45 kPa	199,08	271,80	470,88	17	6,53	4,24	
T45N135	45 kPa	199,08	271,80	470,88	17	6,53	4,24	
T45N265	45 kPa	199,08	271,80	470,88	17	6,53	4,24	
T45N395	45 kPa	199,08	271,80	470,88	17	6,53	4,24	
T65N0	65 kPa	199,08	209,23	408,31	11	10,09	3,68	
T65N135	65 kPa	199,08	209,23	408,31	11	10,09	3,68	
T65N265	65 kPa	199,08	209,23	408,31	11	10,09	3,68	
T65N395	65 kPa	199,08	209,23	408,31	11	10,09	3,68	

Observou-se que a lâmina total aplicada foi decrescente, onde a tensão 15 kPa apresentou maior consumo hídrico, em ocorrência do maior número de irrigações, já que esta tensão encontra-se próximo a capacidade de campo adotada neste experimento.

Segundo Marouelli e Silva (2012), para o gênero *Capsicum* o requerimento hídrico varia de 450 a 650 mm, podendo chegar 1250 mm (Doorenbos e Kassam, 1994). Todavia, depende do clima, do solo, do híbrido e do manejo da cultura. Os tratamentos encontraram-se dentro do intervalo estabelecido pela literatura, com exceção dos tratamentos com tensão 65 kPa.

Com base nos dados obtidos neste trabalho, observou-se que não houve interação entre os fatores tensão de água no solo e doses de nitrogênio para nenhuma das variáveis analisadas, ao nível de 5% de significância. Para a altura de plantas, massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea houve diferença significativa apenas para as doses de nitrogênio. Massa seca total de frutos por planta, número total de frutos, comprimento e diâmetro de frutos apresentaram diferença significativa apenas para as tensões de água no

solo. Massa fresca total de frutos por planta, produtividade total por planta, eficiência no uso da água, eficiência no uso de nitrogênio e potencial hídrico antemanhã apresentaram diferença significativa para as tensões de água no solo e doses de nitrogênio, onde os níveis de tensão de água no solo e as doses de nitrogênio tiveram efeito significativo de 5% de probabilidade (Tabela 5).

**Tabela 5. Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca total de frutos por planta (MFF), massa seca total de frutos por planta (MSF), comprimento do fruto (CF), diâmetro dos frutos (DF), número de frutos totais por planta (NF), produtividade total por planta (PROD total), eficiência no uso da água (EUA), eficiência no uso de nitrogênio (EUN), potencial hídrico antemanhã ( $\Psi_{Am}$ ) e índice SPAD, em função de tensões de água no solo e doses de nitrogênio via fertirrigação na cultura do pimentão, Igarapé Acu-PA, 2018.**

Fonte de Variação	Valores de F												
	AP (cm)	MFPA (g)	MSPA (g)	MFF (g)	MSF (g)	CF (mm)	DF (mm)	NFC	PROD total (kg ha <sup>-1</sup> )	EUA (kg mm <sup>-1</sup> )	EUN (kg kg <sup>-1</sup> )	$\Psi_{Am}$ (MPa)	Chl (SPAD)
Bloco	0,76 <sup>ns</sup>	3,93 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	4,86*	0,48 <sup>ns</sup>	2,77 <sup>ns</sup>	5,43*	6,01*	4,86*	4,71*	0,34 <sup>ns</sup>	6,87 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>
Tensão (T)	3,87 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	47,96*	26,84*	20,84*	7,60*	24,02*	47,96*	25,80*	41,26*	10,81*	0,56 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	5,15*	16,64*	16,61*	13,15*	2,61 <sup>ns</sup>	2,52 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	2,89 <sup>ns</sup>	13,16*	12,53*	67,88*	22,44*	0,61 <sup>ns</sup>
Interação T x N	0,69 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	2,19 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	2,18 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>	7,71*	0,04 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
CV (%)	10,58	29,35	29,93	26,56	31,27	6,71	5,95	24,08	28,57	28,83	30,92	26,44	7,75

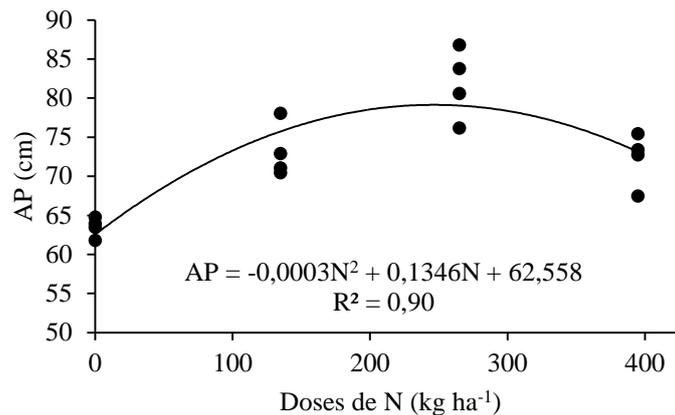
\* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo.

Esses resultados corroboram com resultados encontrados por Aragão et al. (2012), estudando pimentão em ambiente protegido, comprovaram que lâminas de água e doses de nitrogênio influenciaram no seu desenvolvimento, evidenciando uma necessidade de água e nitrogênio considerável, para bom rendimento produtivo a cultura.

- **Altura de plantas (AP)**

A altura de plantas seguiu uma curva de tendência quadrática ( $P < 0,05$ ). Os valores médios aumentam em função do aumento das doses de nitrogênio até alcançar o maior valor médio na dose de 265 kg ha<sup>-1</sup>, em seguida, diminuem progressivamente até atingir o valor médio na dose de 395 kg ha<sup>-1</sup>. A dose ótima estimada pela equação de ajuste ( $R^2 > 0,8$ ) foi de 224,33 kg ha<sup>-1</sup> para uma altura máxima de 77,66 cm (Figura 27).

**Figura 27.** Efeito das doses de nitrogênio via fertirrigação na altura de plantas (AP), na cultura do pimentão.



A ausência de nitrogênio limita o crescimento vegetal e sua baixa disponibilidade tem sido associada à redução da divisão e expansão celular, da área foliar e da fotossíntese (CARVALHO, 2005), e estimula formação de gemas floríferas e frutíferas (MALAVOLTA et al., 1997). O que foi possível observar neste trabalho, as plantas de pimentão que receberam nitrogênio cresceram com maior vigor quando comparadas as plantas que não receberam o nutriente.

Araújo (2005), trabalhando com doses que variavam de 0 a 400 kg ha<sup>-1</sup>, aplicadas via fertirrigação em ambiente protegido, encontrou resposta linear crescente até a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup>, em que a altura de plantas de pimentão foi maior nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada. Contrapondo ao resultado encontrado neste estudo, ao qual as plantas de pimentão, não responderam a partir da dose que obteve a máxima altura, acarretando

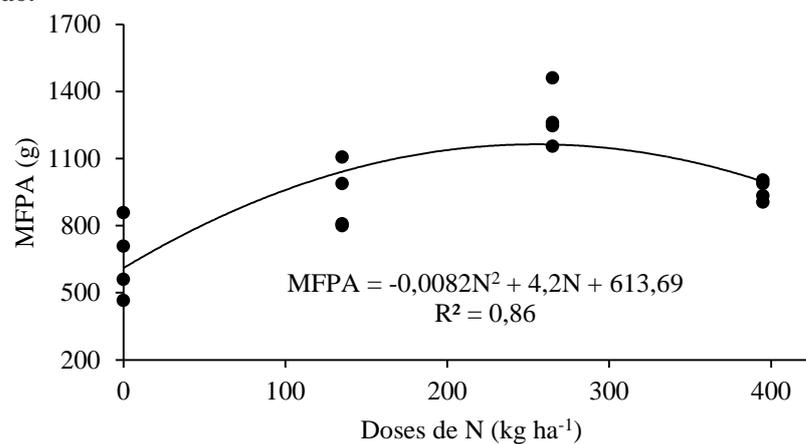
desperdício de fertilizante e mostrando a importância de uma correta adubação no rendimento da cultura.

Segundo Flores (2014), as plantas de pimentão podem chegar entre 0,60 e 0,80 m de altura, mas dependendo da variedade e do método de exploração utilizado pode atingir altura entre 0,40 m até 1,50 m. Em média, ao longo do ciclo, as plantas de pimentão cultivadas em estufa apresentam maiores alturas que plantas cultivadas a campo (SANTOS et al., 1999; SANTOS et al., 2003), por serem influenciadas pelo microclima estabelecidos em ambiente protegido, em especial elevados valores de temperatura. A média de altura encontrada neste trabalho encontra-se de acordo com o padrão de crescimento da cultura.

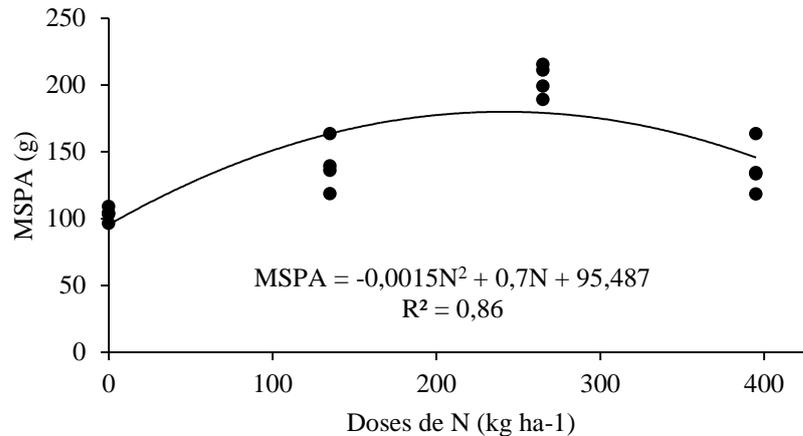
- **Massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA)**

A massa fresca e seca da parte aérea seguiu uma curva de tendência quadrática ( $P < 0,05$ ). Os valores médios aumentam em função do aumento das doses de nitrogênio até alcançar o maior valor médio na dose de 265 kg ha<sup>-1</sup>, em seguida, diminuem progressivamente até atingir valor médio na dose de 395 kg ha<sup>-1</sup>. As doses ótimas estimadas pelas equações de ajustes ( $R^2 > 0,8$ ) foram de 256,09 e 233,33 kg ha<sup>-1</sup> para uma massa fresca e seca máxima de 1.151,49 e 177,15 g, respectivamente (Figura 28 e 29).

**Figura 28. Efeito das doses de nitrogênio via fertirrigação na massa fresca da parte aérea (MFPA), na cultura do pimentão.**



**Figura 29.** Efeito das doses de nitrogênio via fertirrigação na massa seca da parte aérea (MSPA), na cultura do pimentão.



A produção de massa fresca da parte aérea da cultura do pimentão obteve resultado semelhante ao encontrado por Aviz (2017), que trabalhando com a cultura do jambu em ambiente protegido e a campo também observou efeito quadrático, pois o uso do nitrogênio influenciou diretamente no incremento de massa fresca, ocorrendo à redução da mesma ao aumento das doses de nitrogênio.

Afonso e Cecílio (2009) ao trabalharem com rúcula observaram efeito significativo para massa fresca das plantas às doses de N, com maior massa fresca, 70,8 g planta<sup>-1</sup> obtida com 240 kg ha<sup>-1</sup> de N, se assemelhando ao resultado encontrado neste trabalho.

De acordo com a análise de regressão realizada na variável massa seca da parte aérea, observa-se que os dados se ajustaram ao modelo polinomial quadrático, apresentando R<sup>2</sup> de 86%, o que indica excelente ajuste dos dados ao modelo empregado. Analisando a curva estimada de acúmulo de matéria seca, percebeu-se que as plantas de pimentão sofreram influência significativa promovendo maior eficiência no uso do nitrogênio para um máximo incremento de massa seca na dose ótima de 233,33 kg ha<sup>-1</sup>, constatando a importância do nitrogênio na produção vegetal e na assimilação de carbono na cultura do pimentão (ARAGÃO et al., 2011).

Os efeitos de nitrogênio sobre a reserva de fitomassa de plantas também foram constatadas por Medeiros et al. (2015), Vieira et al. (2016) e Medeiros et al. (2017) ao estudarem outras culturas agrícolas. O nitrogênio promoveu efeitos positivos (crescimento e acúmulo de biomassa) nas plantas devido ao seu papel no metabolismo, pois participa da molécula de clorofila, ácidos nucleicos e proteínas, além de ser um ativador de muitas enzimas (MALAVOLTA, 2006).

Com os resultados desse trabalho observa-se que o nitrogênio é requerido pelo pimentão até uma dose ótima. Pois, uma das estratégias da planta é mostrar seu máximo potencial produtivo, por meio da aplicação da dose ideal de um nutriente, deste modo o fornecimento nutricional poderá não se mostrar como fator limitante ao rendimento das culturas agrícolas (COSTA et al., 2015).

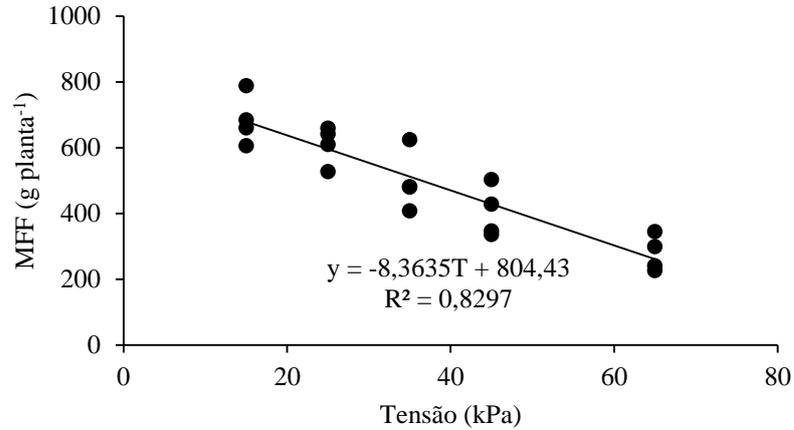
O resultado deste trabalho pode servir de subsidio ao manejo do nitrogênio às plantas de pimentão na região, já que para produzir qualquer hortaliça com qualidade e em grande quantidade, é necessário fornecer ao solo todos os nutrientes que a planta necessita para o seu desenvolvimento, principalmente nos momentos de maior exigência nutricional (MORAIS et al., 2017), sendo fundamental conhecer a marcha de absorção de nutrientes e o acúmulo de matéria fresca e seca da planta.

Haja vista que, as doses ótimas, 224,33; 256,09 e 233,33 kg ha<sup>-1</sup>, encontradas nesta pesquisa para altura de plantas, massa fresca e seca da parte aérea, respectivamente, foram bem maiores da recomendada pelo boletim de adubação do estado Pará, que propõe 150 kg ha<sup>-1</sup>, para a cultura do pimentão.

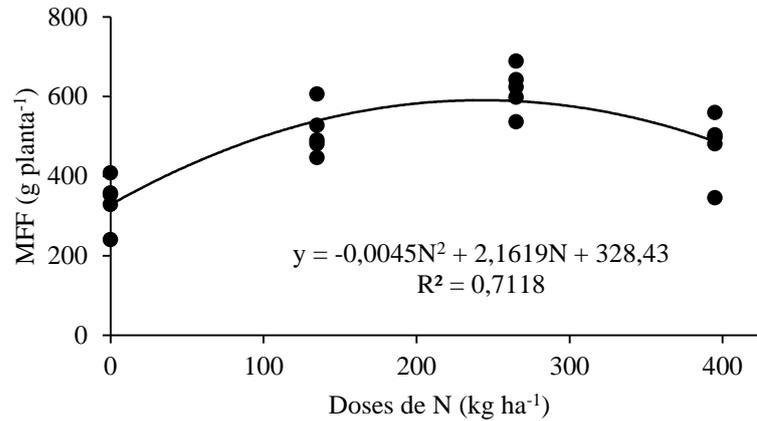
- **Massa média fresca e seca dos frutos (MFF e MSF)**

A massa fresca total de frutos por planta em função de tensões de água no solo e aumento das doses de nitrogênio segue tendência linear e curva quadrática, respectivamente ( $P < 0,05$ ). Os valores médios de tensão de água no solo em relação à massa fresca total de frutos por planta diminuiu progressivamente em função do aumento das tensões, com menor valor médio em 65 kPa (Figura 30). Enquanto que, o fator dose de nitrogênio, a massa fresca total de frutos aumenta em função do aumento das doses de nitrogênio até alcançar o maior valor médio na dose de 265 kg ha<sup>-1</sup>, em seguida, diminuem progressivamente. (Figura 31).

**Figura 30.** Efeito das tensões de água no solo na massa fresca média dos frutos por planta (MFF) na cultura do pimentão.



**Figura 31.** Efeito das doses de nitrogênio via fertirrigação na massa média fresca dos frutos (MFF) na cultura do pimentão.



Verificou-se que a massa fresca total de frutos por planta, exibiu maior produção de pimentão ( $678,98 \text{ g planta}^{-1}$ ) na tensão de água no solo de 15 kPa, mostrando um decréscimo de 61,59 % quando comparado essa tensão com a de 65 kPa. Carvalho et al. (2013), trabalhando com pimentão em cultivo protegido, também constataram que a tensão de 15 kPa proporciona melhor desempenho produtivo

As doses de nitrogênio seguiram curva de tendência quadrática, estimando a dose ótima pela equação de ajuste ( $R^2 > 0,7$ ), em que  $240,21 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio representou máxima massa fresca total de frutos por planta de  $588,09 \text{ g planta}^{-1}$ . Assim como, Lorenzoni et al. (2015) analisando o efeito dos níveis de N na produção de pimentão, em  $\text{g planta}^{-1}$ , encontraram resultados semelhantes a este, ajustado em modelo polinomial de segundo grau, com decréscimo da produção a partir da dose de  $155,95 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, nesse ponto máximo a produção correspondeu a  $546,31 \text{ g planta}^{-1}$ .

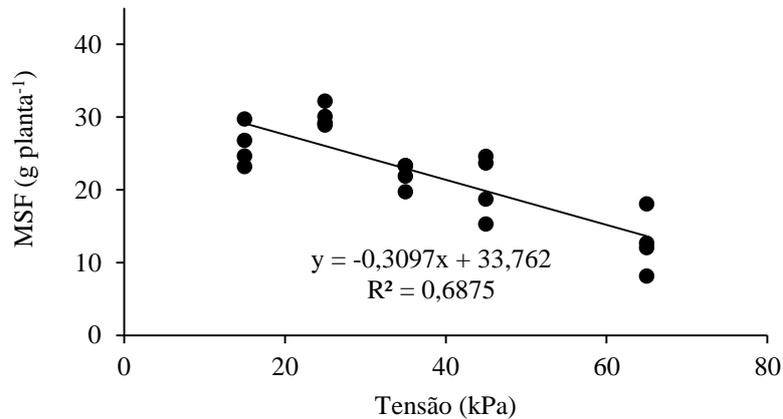
O resultado de massa fresca dos frutos comerciais alcançado nesse trabalho corrobora com Koetz et al. (2010), verificaram que a massa fresca média de frutos de tomate, irrigados por gotejamento e submetidos a diferentes níveis de reposição de água, reduziu com o aumento da tensão de água no solo. Por outro lado, Bilibio et al. (2010), Carvalho et al. (2013) e Teixeira et al. (2013) trabalhando com berinjela, pimentão e morango, respectivamente, sob tensões de água no solo observaram regressão linear, onde a maior massa média dos frutos foi obtida na tensão 15 kPa, mostrando um decréscimo a partir da mesma. Logo, o desempenho produtivo das plantas de pimentão em resposta a tensões de água no solo depende de fatores como temperatura, umidade, híbrido utilizado, textura do solo, dentre outros.

Com base nestes resultados, confirma-se que o suprimento de água e nitrogênio adequado resulta em melhor desempenho produtivo de plantas de pimentão, o que conforme Fontes (2005), a nutrição mineral exerce papel fundamental no desenvolvimento das plantas, principalmente a adubação nitrogenada, pois aceleram o crescimento das mesmas, podendo reduzir os custos de produção (MENDONÇA et al., 2007).

Madrid et al. (2009) avaliaram os efeitos das taxas de fertilização orgânica e irrigação em plantações de tomate e relataram que o déficit hídrico reduz o acúmulo de água pelos frutos e, conseqüentemente, o peso dos frutos. Isto confirma o que aconteceu neste trabalho, a redução do peso médio dos frutos nos tratamentos submetidos às maiores tensões, pode ser atribuída à redução da taxa fotossintética devido a uma provável redução da condutância estomática.

A massa seca total de frutos por planta em função das tensões de água no solo segue uma regressão linear decrescente ( $P < 0,05$ ). Os valores médios da massa seca total de frutos por planta diminuiu progressivamente em função do aumento das tensões, com menor valor médio em 65 kPa (Figura 32).

**Figura 32. Efeito das tensões de água no solo na produção de massa seca total de frutos por planta (MSF), na cultura do pimentão.**



Observa-se que a massa seca total de frutos por planta de pimentão, apresenta maior massa dos frutos (29,12 g planta<sup>-1</sup>) na tensão de água no solo de 15 kPa, mostrando um decréscimo de 47,87 % quando comparado essa tensão com a de 65 kPa.

Este resultado foi inferior, ao encontrado por Charlo et al. (2011), onde observaram que o uso de fibra de coco no cultivo de pimentão em ambiente protegido desempenhou acúmulo contínuo de massa seca total dos frutos ao longo do ciclo, com valor máximo de 302,9 g planta<sup>-1</sup> aos 189 DAT. Contudo, neste trabalho, a massa seca total de frutos por planta foi encontrado apenas em duas colheitas ao longo do ciclo, por obter perdas significativas nas secagens posteriores, o que justifica uma menor massa de frutos por planta.

Percebe-se que as plantas de pimentão são beneficiadas pelo incremento na produção de massa seca total de frutos por planta, com a menor tensão de água no solo, pois o aumento da mesma causa redução na produção de massa seca. Efeito atribuído a dificuldade que a cultura teve para absorver a água retida nos colóides do solo.

- **Classificação e colheita dos frutos**

Neste trabalho todos os frutos comerciais apresentaram comprimento e diâmetro acima do mínimo necessário exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Entretanto os tratamentos apresentaram deficiência de Ca nos frutos, ocasionando perdas elevadas na classificação e colheita dos frutos comerciais (Figura 33).

**Figura 33. Deficiência de cálcio nos frutos de pimentão.**



Fonte: Elaboração autora.

Nas três colheitas realizadas, a deficiência de Ca, de forma direta, afetou a produtividade de todos os tratamentos, pela alta queda de flores e frutos. Este fato se intensificou nas plantas submetidas às maiores tensões de água no solo. Pois, o principal mecanismo de contato desse nutriente é por fluxo de massa, dependendo da quantidade de água transpirada pela planta e do teor de Ca na solução do solo (VITTI; LIMA; CICARONE, 2006).

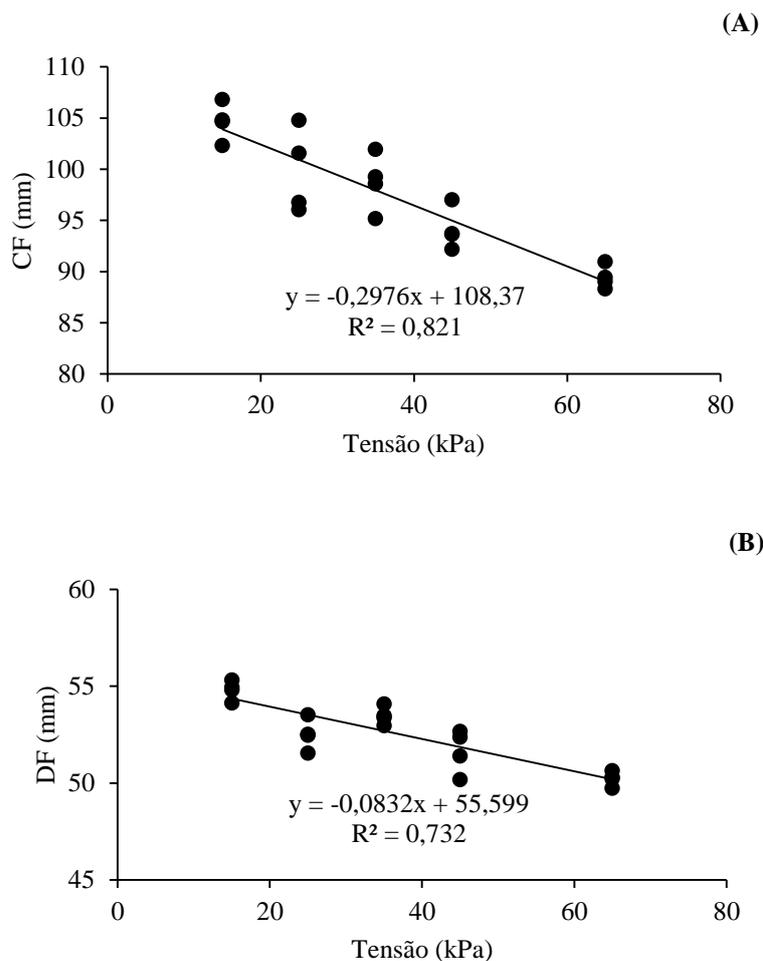
Segundo Cantuário et al. (2014) a deficiência de água na cultura do pimentão é um dos fatores limitantes para a obtenção de elevada produtividade e qualidade dos frutos, tanto em ambiente protegido ou em campo, a redução na translocação de nutrientes como o cálcio reduz frutificação e cobertura foliar, contribuindo, respectivamente, para o surgimento das anomalias fisiológicas de podridão apical e escaldadura, causando perdas significativas na produtividade (HARTZ et al., 2008).

Na produção total, 248 e 91 frutos de pimentão foram afetados com podridão apical e escaldadura, respectivamente, representando 21,56 e 7,95 % do total de frutos colhidos nas duas últimas colheitas. Cantuário et al. (2014) estudando pimentão submetidos ao estresse hídrico, em cinco colheitas, encontraram resultados menores aos verificados neste trabalho. A baixa umidade do solo, maior intensidade de transpiração foliar e desequilíbrio nutricional nas plantas deve ter influenciado diretamente, nos resultados desta pesquisa.

- **Comprimento e diâmetro de frutos (CF e DF)**

O comprimento e diâmetro do fruto, em função do aumento das tensões de água no solo segue uma regressão linear decrescente ( $P < 0,05$ ). Os valores médios diminuem em função do aumento das tensões até atingir o menor valor médio na tensão de 65 kPa (Figura 34 A e B).

**Figura 34. Efeitos das tensões de água no solo no comprimento (CF) (A) e diâmetro do fruto (DF) (B), na cultura do pimentão.**



Constatou-se que o comprimento dos frutos alcançou maior comprimento (103,91 mm) na tensão de água no solo de 15 kPa, mostrando decréscimo de 14,33 % quando comparado essa tensão com a de 65 kPa. O diâmetro dos frutos obteve comportamento semelhante ao comprimento dos frutos, o maior diâmetro (54,35 mm) foi obtido na tensão de água no solo de 15 kPa, com decréscimo de 7,69 % quando comparado a tensão 65 kPa.

Carvalho et al. (2013) trabalhando com tensões de água no solo em cultivo de pimentão, a tensão 15 kPa mostrou os maiores valores médios de comprimento e diâmetro de

frutos em torno de 52 e 49,5 mm, respectivamente, inferiores aos encontrados neste estudo. Em contrapartida, Carvalho et al. (2011) aplicando lâmina de água de 748 mm, observou valores médios de comprimento e diâmetro do fruto maiores aos encontrados no presente trabalho, em torno de 125 e 75 mm, respectivamente.

Com base nestes resultados, confirma-se que as características morfométricas do fruto do pimentão são influenciadas pelas tensões de água no solo, esta resposta reforça os encontrados por Koetz et al. (2010), Carvalho et al. (2011), Carvalho et al. (2013), Silva et al. (2013b) e Carvalho et al. (2016), o que conforme Taiz e Zeiger (2009), a planta quando em estresse hídrico ou excesso de água tem seu crescimento e desenvolvimento afetados, o que pode ocasionar modificações na anatomia e morfologia, assim como pode interferir em suas reações metabólicas.

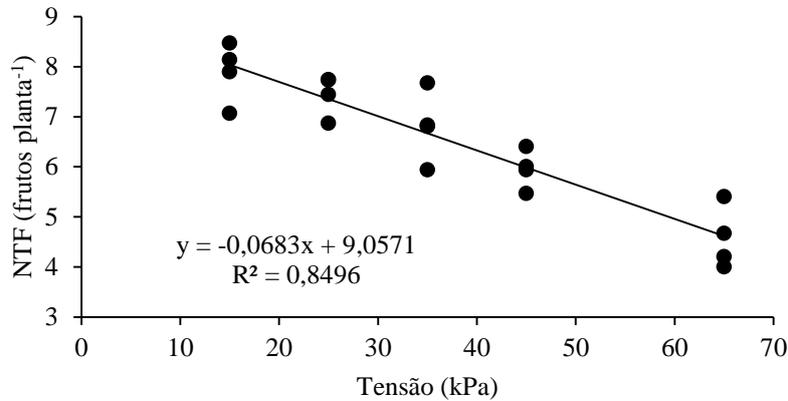
Lima et al. (2012) trabalhando com a cultura do pimentão obtiveram resultados semelhantes aos alcançados neste, verificaram que o comprimento e o diâmetro dos frutos foram descritos por um modelo de regressão linear, significativamente influenciados pelo déficit de irrigação, para Filgueira (2003), 80 % ou mais da capacidade de água disponível no solo deve ser mantido, para o pleno desenvolvimento da cultura do pimentão.

Resultados de pesquisas têm demonstrado que os maiores valores morfométricos de frutos de pimentão irrigado por gotejamento são obtidos nos tratamentos que recebem a maior lâmina de água (DERMITAS e AYAS, 2009; CARVALHO et al., 2011; SEZEN et al., 2011; LIMA et al., 2012; SILVA et al., 2017).

- **Número total de frutos por planta (NTF)**

O número total de frutos por planta, em função do aumento das tensões de água no solo segue regressão linear decrescente ( $P < 0,05$ ). Os valores médios diminuem em função do aumento das tensões até atingir o menor valor médio na tensão de 65 kPa (Figura 35).

**Figura 35. Efeitos das tensões de água no solo no número total de frutos por planta (NTF), na cultura do pimentão.**



Comprovou-se que a tensão 15 kPa, foi a que mostrou maior número total de frutos por planta, com média de 8 frutos planta<sup>-1</sup>. Nos resultados obtidos por Carvalho et al. (2016), o valor médio de frutos por plantas foi de 5,1 frutos, quando a tensão de água no solo atingia 15 kPa. Em compensação, Frizzone et al. (2001) conseguiram, na mesma tensão, 11,2 frutos planta<sup>-1</sup>. Isto nos leva a inferir, que a variação no valor médio de frutos de pimentão é influenciada pela técnica de cultivo utilizada e época de plantio.

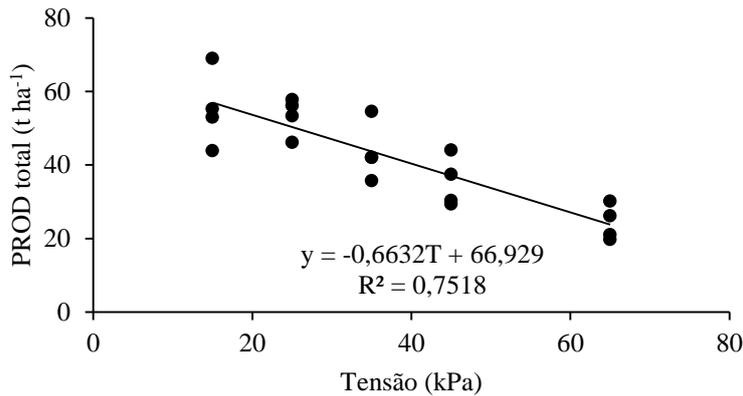
Constatou-se que o número total de frutos por planta teve um decréscimo de 42,25 % quando comparado a tensão 15 kPa com a 65 kPa, com 84,96 % da variação do número total de frutos ocorre em função da variação das tensões de água no solo. Esta redução na quantidade de frutos pode ser atribuída ao abortamento de flores e frutos, as anomalias fisiológicas como a podridão apical e escaldadura, induzidos pelo déficit hídrico, no presente estudo.

O déficit hídrico é um dos principais causadores de estresse nas culturas principalmente nas hortícolas, este acarreta distúrbios no desenvolvimento das plantas com redução de área foliar, conseqüentemente reduz a taxa fotossintética (LOSS, 2017). Logo, neste trabalho a menor produção de frutos e menor comprimento e diâmetro dos mesmos nas maiores tensões, pode estar relacionado com a menor taxa fotossintética, visto que, para Sezen et al. (2006) a ocorrência de déficit hídrico antes e durante a fase inicial de floração reduz o número de frutos pelo abortamento das flores.

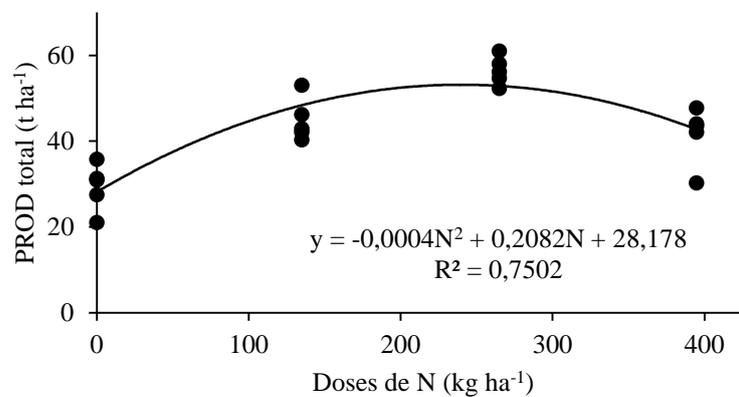
- **Produtividade total (PROD total)**

A produtividade total ( $t\ ha^{-1}$ ), em função de tensões de água no solo e aumento das doses de nitrogênio segue tendência linear e curva quadrática, respectivamente ( $P < 0,05$ ). Os valores médios de tensão de água no solo em relação à produtividade total diminuiram progressivamente em função do aumento das tensões, com menor valor médio em 65 kPa (Figura 36). Enquanto que, o fator dose de nitrogênio, a produtividade total aumenta em função do aumento das doses de nitrogênio até alcançar o maior valor médio na dose de 265  $kg\ ha^{-1}$ , em seguida, diminuem progressivamente (Figura 37). Percebe-se que o aumento da adubação nitrogenada a partir da dose que obteve a máxima produtividade acarreta a redução da mesma, resultando no desperdício de fertilizante e mostrando a importância de uma correta adubação no rendimento da cultura do pimentão.

**Figura 36.** Efeitos das tensões de água no solo na produtividade total (PROD total), na cultura do pimentão.



**Figura 37.** Efeitos das doses de nitrogênio via fertirrigação na produtividade total (PROD total), na cultura do pimentão.



Constatou-se que a produtividade total apresentou um decréscimo de 58,20 % quando comparado a tensão 15 kPa com a 65 kPa, com 75,18 % da variação da produtividade em função da variação das tensões de água no solo. Esta redução foi influenciada pela quantidade e massa fresca dos frutos, bastante afetados na tensão 65 kPa, pois segundo Medeiros et al. (2012) o teor de água no solo é um dos principais fatores que afetam a produtividade das hortaliças, visto que a água é requerida como parte integrante dos frutos, tendo papel preponderante no transporte de nutrientes entre outras funções vitais para o desenvolvimento das plantas.

O melhor desempenho do pimentão com a aplicação da tensão 15 kPa (519,88 mm) possivelmente possibilitou adequado suprimento de água no solo e permitiu melhor disponibilidade desse recurso e de nutrientes para a cultura. Considerando, ainda, que este tratamento apresentou maior número de irrigações (48 irrigações) quando comparado aos outros tratamentos, influenciando diretamente, na marcha de absorção de nitrogênio na cultura.

Carvalho et al. (2011) estudando a análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido, obteve a máxima produtividade de 35 t ha<sup>-1</sup> com aplicação de 443,9 mm. O valor superior da lâmina de água utilizada neste trabalho em relação ao trabalho de Carvalho et al. (2011) provavelmente pode ter sido devido à alta evapotranspiração da planta decorrente de variações nos fatores ambientais como temperatura e umidade do ar.

Por outro lado, Dermitas e Ayas (2009), trabalhando com pimentão cultivado em casa de vegetação e irrigado por gotejamento, verificaram maior produtividade em torno de 24 t ha<sup>-1</sup> obtida em uma lâmina superior à encontrada neste trabalho (724 mm). De acordo com Sezen et al. (2011), a redução no fornecimento de água durante o período de crescimento do pimentão em geral tem um efeito adverso na produtividade e maior redução na produção ocorre quando há uma escassez de água de forma contínua até o momento da primeira colheita.

Os resultados encontrados nesse trabalho corroboram aos encontrados por Geisenhoff et al. (2016) em cultivo de batata, Lima Junior et al. (2012) para o cultivo de cenoura, Vila Boas et al. (2012) avaliando cebola e Teixeira et al. (2013) avaliando morangueiro, obtiveram máxima produtividade nas tensões próximas a capacidade de campo (15 kPa), isso pode estar relacionado ao microclima e manejo utilizados durante o experimento.

A dose ótima de nitrogênio para a produtividade total por planta foi estimada pela equação de ajuste ( $R^2 > 0,7$ ) de 260,25 kg ha<sup>-1</sup> para uma produtividade total máxima de 55,27 t ha<sup>-1</sup>. Importante salientar que esta produtividade foi estimada apenas para três colheitas

realizadas durante o presente estudo. No entanto, a mesma foi afetada provavelmente devido à ocorrência de temperaturas elevadas durante o período de floração, associada também a valores de umidade relativa fora dos limites tolerados pela cultura e mais deficiência de Ca.

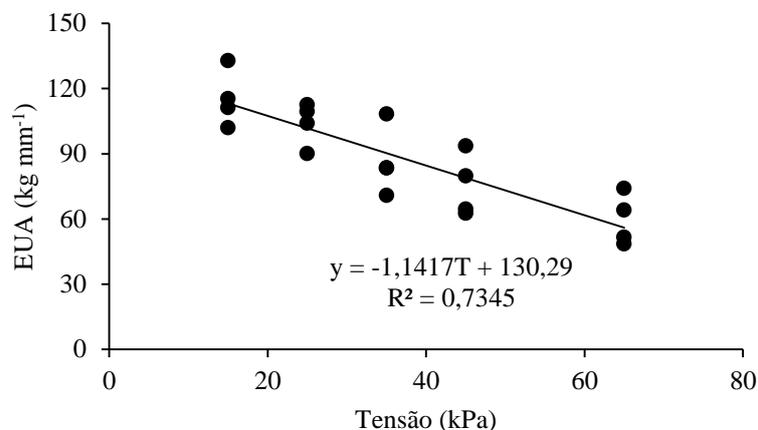
Campos et al. (2008), avaliando o efeito de doses crescentes de N sobre o rendimento de frutos na cultura do pimentão, obtiveram produção máxima de  $2,64 \text{ kg planta}^{-1}$  para uma dose estimada de  $221,72 \text{ kg ha}^{-1}$ .

A dose ideal de  $260,25 \text{ kg ha}^{-1}$  para a produtividade máxima encontrada nesta pesquisa, segundo Filgueira (2008) pode estar relacionado com a eficiência do nitrogênio em elevar a produção do pimentão, assim como a forma de aplicação pelo sistema de fertirrigação, onde os nutrientes são fornecidos em dosagens e tempo apropriado para cada fase do estágio fenológico da cultura.

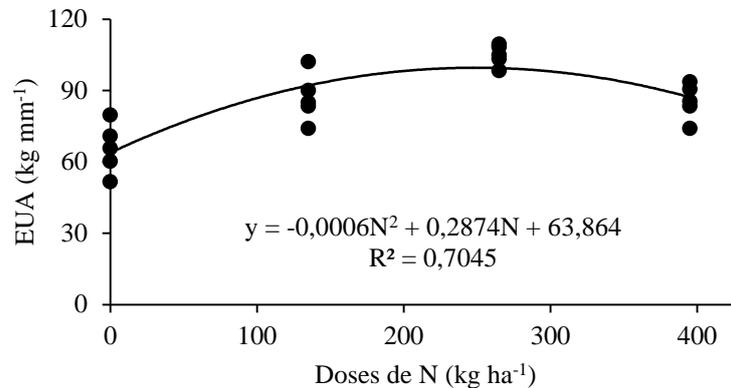
- **Eficiência no uso da água (EUA)**

A eficiência no uso da água ( $\text{kg mm}^{-1}$ ), em função de tensões de água no solo e aumento das doses de nitrogênio segue tendência linear e curva quadrática, respectivamente ( $P < 0,05$ ). Os valores médios de tensão de água no solo em relação à eficiência no uso da água diminuíram progressivamente em função do aumento das tensões, com menor valor médio em  $65 \text{ kPa}$  (Figura 38). Enquanto que, o fator dose de nitrogênio, a eficiência no uso da água aumenta em função do aumento das doses de nitrogênio até alcançar o maior valor médio na dose de  $265 \text{ kg ha}^{-1}$ , em seguida, diminuem progressivamente (Figura 39).

**Figura 38.** Efeitos das tensões de água no solo na eficiência no uso da água (EUA), na cultura do pimentão.



**Figura 39.** Efeitos das doses de nitrogênio via fertirrigação na eficiência no uso da água (EUA), na cultura do pimentão.



Verificou-se que a eficiência no uso da água, exibiu maior valor (113,16 kg mm<sup>-1</sup>) na tensão de água no solo de 15 kPa, mostrando um decréscimo de 50,44 % quando comparado essa tensão com a de 65 kPa. Em relação, as doses de nitrogênio, seguiram curva de tendência quadrática, estimando a dose ótima pela equação de ajuste ( $R^2 > 0,7$ ), em que 239,5 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio representou máxima eficiência no uso da água de 98,28 kg mm<sup>-1</sup>. Para Lima Junior (2008), esse parâmetro é essencial para obtenções de altos índices produtivos, principalmente para culturas olerícolas que são extremamente sensíveis as variações de umidade no solo.

Os resultados encontrados neste trabalho se aproximam aos encontrados por Silva et al. (2012) que comprovaram que a taxa máxima de reposição da ETc do tomateiro que proporcionou a melhor eficiência no uso da água (EUA) (66,1 kg m<sup>-3</sup>) foi de 101%. Estes mesmos autores relatam ainda que a EUA é a relação entre a produção e o consumo de água, ou seja, quanto maior o valor desta relação menos água será consumida pela planta, no entanto a baixa EUA pelo tomateiro quando irrigado com níveis inferiores aos recomendados, pode ser relacionada à redução drástica da produção.

A redução da EUA em níveis de irrigação superiores ao consumo da cultura está atrelada à grande quantidade de água disponibilizada via irrigação, reduzindo a relação entre a produtividade e o consumo hídrico da cultura, o que provavelmente pode ter ocorrido neste estudo.

Cardozo et al. (2016) observaram-se menores valores de eficiência do uso da água (EUA) com o aumento da reposição de água no solo. O maior valor de EUA foi encontrado quando a irrigação foi realizada com 100% de reposição e adubação mineral (169 kg mm<sup>-1</sup>). Pois, quando se adubou com composto de lixo urbano o maior valor de EUA foi verificado com reposição de 70% e aplicação de 16 t ha<sup>-1</sup> do adubo. Verifica-se então, que a combinação água

e adubo influenciam diretamente no consumo hídrico da planta para a realização de suas atividades químicas e bioquímicas.

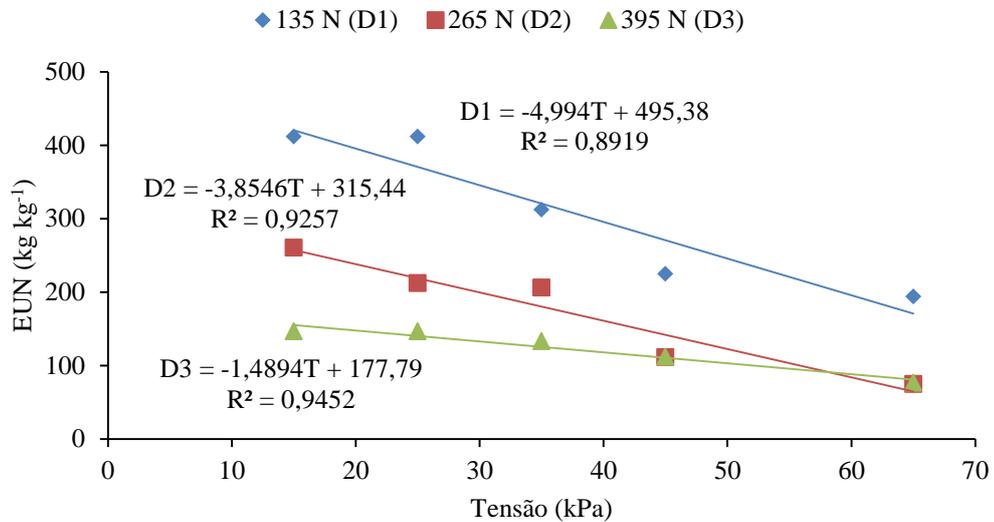
Carvalho et al. (2011) estudando o pimentão vermelho encontraram o maior valor de eficiência (EUA) estimado em  $74,76 \text{ kg mm}^{-1}$  para uma lâmina de 334,1 mm. A lâmina encontrada na EUA foi bem abaixo da encontrada neste estudo, isto pode ser explicado ao microclima formado na casa de vegetação, evapotranspiração da cultura, umidade baixa do solo, abortamento de frutos, entre outros fatores.

Estes autores afirmam que a maior eficiência não significa maior produtividade, a eficiência do uso da água traduz a taxa de conversão do fruto, isto é, a quantidade de matéria fresca que está sendo produzida para cada unidade de água aplicada. Visto que Taiz e Zeiger (2009), afirmam que à medida que os estômatos fecham durante os estádios iniciais de estresse hídrico, a eficiência do uso da água pode aumentar, isto é, mais  $\text{CO}_2$  pode ser absorvido por unidade de água transpirada, porque o fechamento estomático inibe mais a transpiração que diminui as concentrações intercelulares de  $\text{CO}_2$ .

- **Eficiência no uso de nitrogênio (EUN)**

A eficiência no uso de nitrogênio foi influenciada pela interação entre as tensões de água no solo e doses de nitrogênio via fertirrigação seguindo tendência linear ( $P < 0,05$ ). A maior média de EUA foi obtida na interação da tensão 15 kPa e dose de  $135 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio que obteve  $420,47 \text{ kg kg}^{-1}$ , mostrando um decréscimo de 63,03 % quando comparado a dose  $395 \text{ kg ha}^{-1}$ , em que a EUN foi  $155,45 \text{ kg kg}^{-1}$ , na mesma tensão (Figura 40).

**Figura 40. Efeito da interação entre tensões de água no solo e doses de nitrogênio via fertirrigação da eficiência no uso de nitrogênio (EUN), na cultura do pimentão.**



Para Monteiro et al. (2008), o uso deste indicador de eficiência na resposta das culturas, constitui fonte valiosa de informações a serem utilizadas nos modelos de tomada de decisão, permitindo a otimização do uso dos fatores envolvidos na produção, principalmente quando acompanhado da avaliação da eficiência no uso da água.

Verifica-se que não foi calculada a eficiência no uso do nitrogênio para os tratamentos quando não se aplicou N, já que a eficiência leva em consideração o N aplicado ao solo e, nesse caso, não ocorreu. Com o aumento da dose de N aplicada, a eficiência do uso de nitrogênio de todos os tratamentos diminuiu, concordando com os dados de Fernandes et al. (2005) e Todeschini et al. (2016), os quais observaram que híbridos de milho e trigo, respectivamente, foram menos eficientes no uso do N em altos níveis de suplemento nitrogenado.

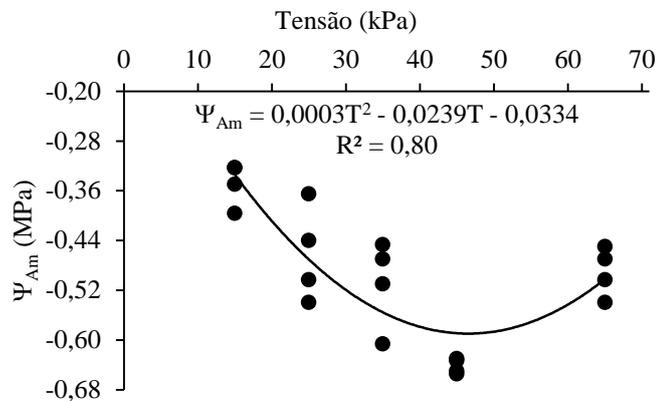
Geralmente, os aproveitamentos de N decrescem com o aumento das doses aplicadas, em vista de o suprimento de N exceder as necessidades da cultura, que aumentam com a dose de aplicação, e esse aumento pode ser linear ou exponencial (FERNANDES et al., 2005).

O maior valor de EUN foi 420,47 kg de pimentão kg<sup>-1</sup> de N aplicado, foi encontrada na dose de nitrogênio de 135 kg ha<sup>-1</sup>, correspondente a 10 % inferior à dose recomendada para a cultura pelo boletim de adubação do estado Pará. Sendo para Fernández et al. (1998) um dos caminhos mais simples para aumentar a eficiência de uso do nitrogênio, a diminuição nas doses de adubos para níveis que sejam produtivos e seguros.

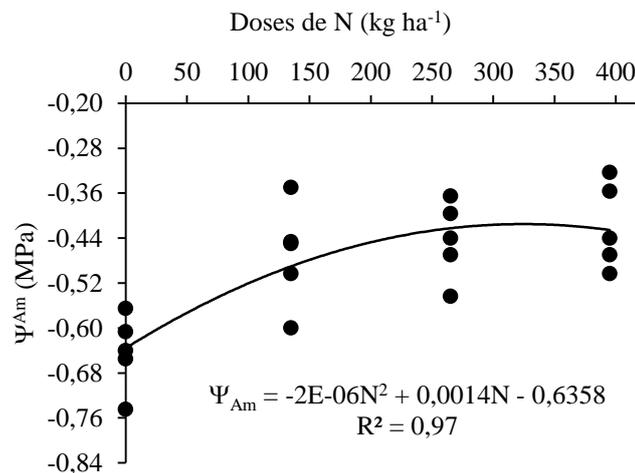
- **Potencial hídrico antemanhã ( $\Psi_{Am}$ )**

O potencial hídrico antemanhã seguiu uma curva de tendência quadrática ( $P < 0,05$ ). O aumento das tensões influenciou na redução progressiva do potencial hídrico até a tensão de 45 kPa, enquanto o aumento das doses de nitrogênio provocou aumento no potencial hídrico. As equações de ajuste ( $R^2 > 0,8$ ) permitiram estimar a tensão de 39,83 kPa e a dose de nitrogênio de 350 kg ha<sup>-1</sup> para o obter o mínimo (-0,51 MPa) e máximo (-0,39 MPa) valor médio de potencial hídrico, respectivamente (Figura 41 e 42).

**Figura 41. Efeito do potencial hídrico antemanhã ( $\Psi_{Am}$ ) nas tensões de água no solo na cultura do pimentão.**



**Figura 42. Efeito do potencial hídrico antemanhã ( $\Psi_{Am}$ ) nas doses de nitrogênio na cultura do pimentão.**



O potencial hídrico foliar pode variar conforme a espécie da planta, época do ano e hora do dia (TOBIN et al., 1999), quando medido na antemanhã torna-se um indicativo da disponibilidade hídrica do solo, uma vez que há a tendência de equilíbrio entre as condições

hídricas da planta e do solo, quando o déficit hídrico não é severo (SILVA et al., 2003; CARBONNEU et al., 2004), de acordo com o observado na presente pesquisa.

Para o  $\Psi_{Am}$ , nenhum dos tratamentos apresentou valores de potencial hídrico foliar superiores a -1,00 MPa, o que sugere que as plantas nesse momento não estejam sofrendo de forma negativa pelo estresse aplicado. Marinho (2011), chegou a valores mais baixos aos encontrados neste trabalho, com -0,76 MPa na fase vegetativa e -0,77 MPa na fase de floração da pimenta cv. Tabasco para os tratamentos que obtiveram 40% da evapotranspiração da cultura, possivelmente a lâmina aplicada ao aumento da dose de nitrogênio contribuiu para a manutenção da turgência das plantas, por meio do aumento do potencial hídrico nas mesmas.

É bem conhecido que o potencial da água das folhas é frequentemente reduzido com a diminuição da disponibilidade de água no solo. No presente estudo, não houve redução significativa no potencial hídrico em plantas de pimentão durante o período de estresse para cada tratamento. No entanto, ao meio-dia, observou-se que as plantas dos tratamentos 45 e 65 kPa, encontravam-se com folhas bastante murchas no período de estresse hídrico (Figura 43).

**Figura 43. Tratamentos sob estresse hídrico apresentando folhas murchas: Tensão 45 kPa (A) e tensão 65 kPa (B).**



Fonte: Elaboração autora.

Apesar da recuperação hídrica das plantas provocada pelo estresse hídrico nos tratamentos das tensões 45 e 65 kPa observou-se alta queda de flores e frutos afetando diretamente a produtividade destes tratamentos, elevando para uma perda aproximada de 49 e 53 % na produtividade nos tratamentos, respectivamente. Para Floss (2006) e Sezen et al. (2006) o alto conteúdo de água está relacionado com a manutenção da turgescência dos

tecidos, que é particularmente importante para a fotossíntese, floração, frutificação e qualidade de produtos.

Segundo Taiz e Zeiger (2009), o déficit hídrico causa redução da taxa fotossintética, uma vez que as plantas afetadas tendem a fechar os estômatos com intuito de reduzir as perdas de água pela transpiração. Com a redução da abertura do estômato, além de reduzir as perdas de água, a planta tende a diminuir a assimilação de CO<sub>2</sub>, ocasionando a redução na produção de fotoassimilados que, prolongando o período de deficiência hídrica, irá afetar de forma negativa o desenvolvimento produtivo da planta.

Durante a madrugada, a planta se encontra com o seu máximo turgor celular e consequentemente menor concentração intracelular de solutos, quando comparada ao período do meio dia, sendo assim é esperado que em plantas saudáveis haja a capacidade de se hidratar ao máximo durante a madrugada (DUARTE, 2015). Fato observado neste estudo, as plantas de pimentão, mesmo submetidas ao estresse, todos os tratamentos durante a noite, tinham condições de se hidratar.

Para um manejo adequado da irrigação pode-se tomar como um bom indicativo o potencial de água na planta, pois para Furlan (2017), esse manejo promove uma florada uniforme, que leva ao aumento da produtividade e da qualidade do produto.

- **Teor foliar de nitrogênio na planta e no fruto**

As Tabelas 6 e 7 apresentam as análises do teor de nitrogênio na folha e nos frutos de pimentão realizadas aos 72, 92 e 112 DAT do experimento, respectivamente. Observa-se que há um maior acúmulo de nitrogênio foliar e de frutos, com o aumento das doses de nitrogênio.

**Tabela 6. Teor foliar de nitrogênio em plantas de pimentão**

		Análise foliar aos 72 DAT																			
N (g kg <sup>-1</sup> )	T15 N0	T15 N135	T15 N265	T15 N395	T25 N0	T25 N135	T25 N265	T25 N395	T35 N0	T35 N135	T35 N265	T35 N395	T45 N0	T45 N135	T45 N265	T45 N395	T65 N0	T65 N135	T65 N265	T65 N395	
		43,9	48,3	49,5	45,8	47	45,2	44,0	48,4	51	49,5	48,8	47,1	52	49,4	52,6	45,8	47	49,0	55,9	49,5
		Análise foliar aos 92 DAT																			
N (g kg <sup>-1</sup> )	T15 N0	T15 N135	T15 N265	T15 N395	T25 N0	T25 N135	T25 N265	T25 N395	T35 N0	T35 N135	T35 N265	T35 N395	T45 N0	T45 N135	T45 N265	T45 N395	T65 N0	T65 N135	T65 N265	T65 N395	
		47,9	43,1	45,8	45,5	43	44,3	43,9	41,0	45	44,3	43,9	41,3	51	43,4	45,1	44,7	45	43,5	44,7	43,8
		Análise foliar aos 112 DAT																			
N (g kg <sup>-1</sup> )	T15 N0	T15 N135	T15 N265	T15 N395	T25 N0	T25 N135	T25 N265	T25 N395	T35 N0	T35 N135	T35 N265	T35 N395	T45 N0	T45 N135	T45 N265	T45 N395	T65 N0	T65 N135	T65 N265	T65 N395	
		38,4	38,9	41,0	43,45	39	37,0	39,05	37,6	17	15,8	15,8	15,7	17	16,3	16,5	16,7	16	17,6	16,5	16,2

**Tabela 7. Teor de nitrogênio em frutos de pimentão**

		Análise de frutos comerciais aos 72 DAT																			
N (g kg <sup>-1</sup> )	T15 N0	T15 N135	T15 N265	T15 N395	T25 N0	T25 N135	T25 N265	T25 N395	T35 N0	T35 N135	T35 N265	T35 N395	T45 N0	T45 N135	T45 N265	T45 N395	T65 N0	T65 N135	T65 N265	T65 N395	
		21,4	17,7	20,4	20,3	19	18,2	19,7	15,7	17	20,3	17,7	21,0	25	23,1	23,0	25,1	22	21,0	22,2	17,7
		Análise de frutos comerciais aos 92 DAT																			
N (g kg <sup>-1</sup> )	T15 N0	T15 N135	T15 N265	T15 N395	T25 N0	T25 N135	T25 N265	T25 N395	T35 N0	T35 N135	T35 N265	T35 N395	T45 N0	T45 N135	T45 N265	T45 N395	T65 N0	T65 N135	T65 N265	T65 N395	
		23,7	24,9	22,5	26,7	25	26,4	26,7	28,2	25	26,6	24,8	23,6	28	30,7	24,7	26,3	25	26,9	25,4	30,0

Observou que, independente da tensão de água no solo, na primeira análise foliar o teor de nitrogênio ficou entre 46,28 a 50,48 g kg<sup>-1</sup> e independente das doses de nitrogênio 47,70 a 49,55 g kg<sup>-1</sup>. Na segunda análise, encontrou-se 43,12 a 45,60 g kg<sup>-1</sup> para as tensões de água no solo e 43,27 a 46,56 g kg<sup>-1</sup> para as doses de nitrogênio e na terceira 16,08 a 40,43 g kg<sup>-1</sup> para as tensões de água no solo e 25,12 a 26,22 g kg<sup>-1</sup> para as doses de nitrogênio.

Segundo Trani (2014) a faixa ideal de teores adequados de nitrogênio nas folhas de pimentão é de 30 a 60 g kg<sup>-1</sup>. Os teores de nitrogênio encontrados nas folhas de pimentão, neste trabalho, encontram-se dentro da faixa adequada para a cultura. Exceção a terceira colheita, os tratamentos com maiores tensões (35, 45 e 65 kPa) apresentaram valores inferiores aos adequados para a cultura. Haja vista que nesses tratamentos, as plantas de pimentão ficavam dias sem irrigar, isto pode ter afetado a absorção de nitrogênio pela cultura.

Na primeira análise de incremento da concentração de nitrogênio nas folhas de pimentão constatou-se percentual de 72,02% para o fator tensões de água no solo na tensão 35 kPa e para as doses de nitrogênio 70,9% na dose 395 kg ha<sup>-1</sup>. Esses resultados foram superiores aos obtidos por Fontes et al. (2005a) que obtiveram um acúmulo de N na parte aérea de 193 kg ha<sup>-1</sup>, dos quais 40,5% foram retidos pelos frutos, que de acordo com Freitas (2009), as diferenças ambientais e genotípicas explicam as diferenças observadas no acúmulo de N total, na parte vegetativa e nos frutos em diferentes condições de cultivo.

As plantas de pimentão apresentaram maiores porcentagens de acúmulos de nitrogênio nas folhas do que nos frutos, porém com tendência ao longo das colheitas, os frutos armazenam mais nitrogênio do que as folhas. Uma vez que, os frutos são os mais importantes drenos na planta e conforme Marcussi et al. (2004) os nutrientes são translocados para o fruto, mesmo que órgãos como folha e caule apresentem deficiências dos mesmos. Visto que, os níveis de nitrogênio nas folhas maduras são bastante estáveis, indicando que pelo menos parte do excesso de nitrogênio que chega continuamente, via xilema, é redistribuído pelo floema para frutos ou folhas mais jovens (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Diante do exposto, os resultados do trabalho demonstram que as variáveis biométricas, de biomassa, potencial hídrico antemanhã, produtividade e eficiência do uso da água sofreram influência significativa em relação à quantidade de água (519,88 mm) e nitrogênio (265 kg ha<sup>-1</sup>) pela cultura do pimentão. Dose 76,67 % superior a recomendada pelo boletim de adubação do estado Pará, que propõe 150 kg ha<sup>-1</sup>, para a cultura do pimentão. Contudo, por se tratar de um trabalho inicial na região norte do Brasil, ainda há necessidade de mais ensaios nesta linha de pesquisa a fim de se obter dados mais sólidos para a cultura em questão.

## 2.4 CONCLUSÃO

Portanto, diante das condições em que este trabalho foi desenvolvido e dos resultados obtidos, recomenda-se a tensão de 15 kPa de água no solo e a dose de 265 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, para o cultivo de pimentão em ambiente protegido.

## REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, C. **Fontes potássicas na produção do pimenteiro em substrato fertirrigado**. 2015.97f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Botucatu, 2015.
- AFFONSO, J. M. S.; CECÍLIO FILHO, A. B. Doses de nitrogênio na produtividade e qualidade de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 2811-2818, 2009.
- 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 de 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 E. R. A.; SANTOS A. N. Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p.681-687, 2012.
- ARAGÃO, V. F.; FERNANDES, P. D.; GOMES FILHO, R. R.; SANTOS NETO, A. M.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, H. O. Efeito de diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio na fase vegetativa do pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 4, p.361-375, 2011.
- ARAGÃO, V. F.; FERNANDES, P. D.; FILHO, R. R. G.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, H. O.; FEITOSA, E. O. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, n. 3, p.207-216, 2012.
- ARAÚJO, J. S. **Rendimento do pimentão cultivado em ambiente protegido, sob diferentes doses de nitrogênio via fertirrigação**. 2005.103f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Areia, 2005.
- ARBONNEU, A.; DELOIRE, A.; COSTANZA, P. Leaf water potencial: moaning of different modalities of measurements. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Bordeaux, v. 38, n. 1, p.15-19, 2004.
- AVIZ, W. C. de. **Produção e viabilidade econômica da cultura do jambu irrigado por gotejamento, sob diferentes tensões de água no solo e doses de nitrogênio**. 2017.63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém, 2017.
- BILIBIO, C.; CARVALHO, J. A.; MARTINS, M.; REZENDE, F. C.; FREITAS, E. A.; GOMES, L. A. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a

diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p.730-735, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Legislação aplicada à agricultura**: classificação de produtos vegetais. Artigo 3º: Classificação do pimentão. Disponível em: <[http://agridata.mg.gov.br/legislacao/classificacao\\_cer.../laiclassprodvegetalpimentao.nt](http://agridata.mg.gov.br/legislacao/classificacao_cer.../laiclassprodvegetalpimentao.nt)>. Acesso em: 10 abr. 2018.

BRASIL. IBGE. **Censo Agropecuário**, 2006. Rio de Janeiro, p.1-777, 2006.

CABELLO, F.P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación**. 3ª ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 511 p.

CAMPOS, V. C.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PRAZERES, S. da S. Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da terra**, Paraíba, v. 8, n. 2, 2008.

CANTUÁRIO, F. S.; LUZ, J. M.Q.; PEREIRA, A. I. A.; SALOMÃO, L. C.; REBOUÇAS, T. N. H.; Podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão submetidos a estresse hídrico e doses de sílicio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p.215-219, 2014.

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, K. S.; KOETZ, M.; POLIZEL, A. C.; CABRAL, C. E. A.; SILVA, C. R. M. Cultivo de pimentão vermelho submetido a tensões de água no solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p.659-669, 2013.

CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; AQUINO, R. F.; FREITAS, W. A.; OLIVEIRA, E. C. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 6, p.569–574, 2011.

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, maio/jun., 2016.

CARVALHO, P. G. Efeitos do nitrogênio no crescimento e no metabolismo de frutanos em *Vernonia herbácea* (VELL.) Rusby. 2005.116f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Piracicaba, 2005.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. 12p. (Circular técnica, n. 32).

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, jan./mar., 2015.

CHARLO, H. C. O.; OLIVEIRA, S. F.; CASTOLDI, R.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T.; BARBOSA, J. C. Growth analysis of sweet pepper cultivated in coconut fiber in a greenhouse. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p.316-323, 2011.

DERMITAS, C.; AYAS, S. Deficit irrigation effects on pepper (*Capsicum annuum* L. Demre) yield in unheated greenhouse condition. **Journal of Food, Agricultural and Environment**, Helsinki, v. 7, n. 3-4, p.989-1003, 2009.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas. Tradução:** GHEYI, H. R.; SOUSA, A. A.; DAMASCENO, F. A. V.; MEDEIROS, J. F. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: irrigação e Drenagem, 33).

DUARTE, H. H. F. **Status hídrico, fluorescência da clorofila e trocas gasosas em pimentão cultivado sob estresse salino.** 2015.77f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife, 2015.

ECHER, M. M.; FERNANDES, M. C. A.; RIBEIRO, R. L. D.; PERACCHI, A. L. Avaliação de genótipos de *Capsicum* para resistência a ácaro branco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, p.217-221, 2002.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de milho e sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p.195-204, 2005.

FERNANDÉZ, J. E.; MURILLO, J. M.; MORENO, F.; CABRERA, F.; FERNANDÉZ-BOY, E. Reducing fertilization for maize in southwest Spain. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Wales, v. 29, p. 2829-2840, 1998.

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas.** 1. ed. Lavras: Editora UFLA, 2003. 333 p.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê.** 3.ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. 751 p.

FLORES, D. S. **Manejo da irrigação sobre as características morfológicas e produtividade do pimentão em ambiente protegido.** 2014.71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Estado da Bahia - UEBA, Juazeiro, 2014.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p.94-99, 2005.

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, n.2, p.275-280, 2005a.

FONTES, P. S. F. **Eficiência da fertirrigação com nitrogênio e avaliação do estado nutricional do maracujazeiro amarelo utilizando o DRIS.** 2005. 100f. (Tese de Doutorado

em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2005.

FURLAN, D. A. **Coeficiente de estresse hídrico utilizando termografia infravermelha – estudos em cafeeiro conilon (*Coffea canephora*)**. 2017.74f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes, 2017.

FREITAS, K. K. C. Produção, qualidade de acúmulo de macronutrientes em pimentão cultivado sob arranjos espaciais e espaçamentos na fileira. 2009.113f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró, 2009.

FRIZONNE, J. A.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R. Produtividade do pimentão amarelo, *Capsicum annuum* L., cultivado em ambiente protegido, em função do potencial mátrico de água no solo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p.1111-1116, 2001.

GEISENHOFF, L. O.; PEREIRA, G. M.; LIMA JUNIOR, J. A.; SOUZA, R. O. R. M.; OLIVEIRA, A. C. F. Viabilidade produtividade da cultura da batata submetida a diferentes tensões de água no solo. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Grandes Culturas, p.306-318, 2016.

GODOY, L.J.G.; SANTOS, T.S.; VILLAS BOAS, R. L.; LEITE JÚNIOR, J. B. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 52, p.217-226, 2008.

GOTO, R.; TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. (Org.). São Paulo: UNESP, 1998. 319p.

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

HARTZ, T. K; CANTWELL, M.; LESTRANGE M.; SMITH, R. F.; AGUIAR, J.; DAUGOVISH, O. Bell peper production in California. Oakland: University of California. **Vegetable Production Series**. 4p. 2008.

HORTIFRUTI/CEPEA: **Principais características do pimentão**. <<https://www.hfbrasil.org.br/br/hortifruti-cepea-principais-caracteristicas-do-pimentao-no-br.aspx>>. Acesso em: 01 dez. 2018.

LIMA V. M.; LIMA JUNIOR, J. A.; GUSMÃO, S. A. L.; OLIVEIRA NETO, C. F.; OLIVEIRA, F. C.; MARTINS, I. C. F. Viabilidade econômica da produção de pimentinha-verde submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n.4, p. 26-332, 2016.

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

LIMA JUNIOR, J. A. **Análise técnica e econômica da produção de alface americana irrigada por gotejamento**. 2008.86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2008.

LIMA JUNIOR, J. A.; PEREIRA, G. M.; GEISENHOFF, L. O.; SILVA, W. G.; VILLAS BOAS, R. C.; SOUZA, R. J. Desempenho de cultivares de cenoura em função da água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 514-520, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000500007>

LORENZONI, M. Z.; SOUZA, A. H. C.; SERON, C. C.; REZENDE, R.; HERNANDES, P. E. P.; ANDREAN, B. A. 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, 2015. n. 9, p.4-8.

LOSS, J. B. **Desenvolvimento vegetativo e produtivo do pimentão submetido a tensões de água no solo**. 2017.57f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alegre, 2017.

MADRID, R.; BARBA, E. M.; SÁNCHEZ, A.; GRACÍA, A. L. Effects of organic fertilizers and irrigation level on physical and chemical quality of industrial tomato fruit (cv. Nautilus). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 89, n. 15, p.2608–2615, 2009.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 2.ed. Piracicaba, Ceres, 2006. 631p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201 p.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MARCUSSI, F. F. N.; GODOY, L. J. G. VILLAS BOAS, R. L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseado no acúmulo de N e K pela planta. *Irriga*, Botucatu, v. 9, n. 1, p.41-51, jan./abr., 2004.

MARINHO, L. B. **Irrigação plena e com déficit em pimenta cv. Tabasco em ambiente protegido**. 2011.103f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP/ESALQ, Piracicaba, 2011.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Irrigação na cultura do pimentão**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 19p. (Circular Técnica N° 101).

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; **Irrigação e fertirrigação na cultura do pimentão**. In: SOUSA, V. F.; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E.F.; PINTO, J.M.; COELHO FILHO, M. A (2ªEds.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2014.

MARQUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças. Circular técnica, n. 57, 2008. 15p.  
MEDEIROS, A. S.; NOBRE, R. G.; CAMPOS, A. C.; QUEIROZ, M. M. F.; MAGALHÃES, I. D.; FERRAZ, R. L. S. Características biométricas e acúmulo de fitomassa da berinjela

sob irrigação com água residuárias e doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 7, p.1975-1985, 2017.

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

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**, v. 7, p.344-351, 2012.

MENDONÇA, V.; TOSTA, M. S.; MACHADO, J. R.; GOULART JÚNIOR, S. A. R.; TOSTA, J. S.; BISCARO, G. A. Fertilizante de liberação lenta na formação de mudas de maracujazeiro ‘amarelo’. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 344-348, 2007. Disponível: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000200012>> Doi:10.1590/S1413-70542007000200012.

MONTEIRO, R. O. C.; COSTA, R. N. T.; LEÃO, M. C. S.; AGUIAR, J. V. Eficiência no uso da água e nitrogênio na produção de melão. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, p.367-377, 2008.

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.

NOGUEIRA, D. W.; NOGUEIRA, D. G.; MALUF, W. R.; MACIEL, G. M.; FIGUEIRA, A. R.; MENEZES, C. B. Seleção assistida com uso de marcador molecular para resistência do potyvírus em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p.955-963, jul., 2012.

NUNES JUNIOR, 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.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, 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.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, C. P.; LIMA, K. S. Nutrição mineral de plantas submetido a diferentes manejos de fertirrigação. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p.216-223, 2015.

PINTO, C. M. F.; MOREIRA, G. R.; CALIMAN, F. R. B.; VENZON, M.; PICANÇO, M. C, PAULA JÚNIOR, T. J. **Pimentão**. In: PAULA JUNIOR, T. J.; VENZON, M. 101 culturas: Manual de tecnologia agrícola, Belo Horizonte: EPAMIG, 2007, p.641-650.

RICHARDS, L.A. A pressure membrane extraction apparatus for soil solution. **Soil Science**, Baltimore, v. 51, p.377-386, 1941.

RINCON, L.; SAEZ, J.; BALSALOBRE, E.; PELLICER, C. Crecimiento y absorción de nutrientes del pimiento grueso bajo invernadero. **Investigación Agraria**, v. 10, n. 1, p.47-59, 1995.

ROCHA, P. A. **Produção de pimentão sob diferentes estratégias de irrigação com e sem cobertura do solo, no semiárido Baiano**. 2017. 58f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – IF Baiano, Guanambi, 2017.

SÁ, A. R. M. **Irrigação e adubação com lithothamnium no cultivo de pimentão orgânico**. 2014.64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, 2014.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; FAQUIM, V.; QUEIROZ, T. M. Produção do pimentão (*Capsicum annum* L.) irrigado sob diferentes tensões de água no solo e doses de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 6, p.1385-1391, 2004.

SANTOS, R. F.; KLAR, A. E.; FRIGO, E. P. Crescimento da cultura do pimentão cultivado na estufa plástica e no campo sob diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 3, p.250-263, set./dez., 2003.

SANTOS, R. F.; RICIARI, R. P.; KLAR, A. E.; KRUGER, F. C. Comportamento de altura de planta de híbridos de pimentão cultivado na estufa e á campo. **In: XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – II Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia**, 1999, Florianópolis, 1999. v.CD-ROM.

SEZEN, S. M.; YAZAR, A.; EKER, S. Efeitos de regimes de irrigação no rendimento e qualidade em campo de pimenta. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 81, p.115-131, 2006.

SEZEN, M. S.; YAZAR, A.; TEKIN, S.; EKER, S.; KAPUR, B. Yield and quality response of drip-irrigated pepper under Mediterranean climate conditions to various water regimes. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 8, p.1329-1339, 2011.

SILVA, A. M.; LIMA, E. P.; COELHO, M. R.; COELHO, G. S. Produtividade, rendimento de grãos e comportamento hídrico foliar em função da época de irrigação do parcelamento e do método de adubação do cafeeiro catuaí. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p.434-440, 2003.

SILVA, E. M.; LIMA, C. J. G. S.; DUARTE, S. N.; BARBOSA, F. S.; MASCHIO, R. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p.150-158, jan./mar., 2013a.

SILVA, D. S.; SILVA, C. A.; TOMINAGA, J.; MATOS, H. A. Produção e qualidade de pimentão em resposta a níveis de irrigação e aplicação de hidrogel. In: VI Congresso Estadual de Iniciação Científica e Tecnológico IF Goiano, 2017, Urutaí. **Anais...** Urutaí: IF Goiano, 2017. n. 6, p.1-4.

SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A.; LIMA, J. E. F. W. **Análise de desempenho da irrigação**. Planatina: Embrapa Cerrados, 2002. 84p. (Documentos, n. 70).

SILVA, J. M.; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S.; SUASSUMA, J. F.; DUTRA, A. F.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p.40-46, 2012.

SILVA, P. F.; LIMA, C. J. G. S.; BARROS, A. C.; SILVA, E. M.; DUARTE, S. N. Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p.1173-1180, 2013b.

SOUSA, R. L. **Doses de Ca e K na produção de pimentão fertirrigado em ambiente protegido**. 2017.71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Botucatu, 2017.

SOUZA, C. M. A; FREITAS, F. S.; CARVALHO, C. J. R.; VASCONCELOS, S. S; KATO, O. R. (2011) Atributos físicos do solo em sistemas agroflorestais sequenciais no município de Igarapé Açu, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS. Belém, Brasil.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 eds. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TEIXEIRA, R. P.; PEREIRA, G. M.; SOUZA, R. J.; GARCIA, H. H.; GAMA, G. B. N. Análise das tensões de água no solo cultivado com morangueiro sob poda. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p.25-42, jan./mar., 2013.

TOBIN, M. F.; LOPEZ, O. R.; KURSAR, T. A. Responses of Tropical Understory Plants to a Severe Drought: Tolerance and Avoidance of Water Stress. **Biotropica**, v.31, n.4, p.570-578, 1999.

TODESCHINI, M. H.; MILIOLI, A. S.; TREVIZAN, D. M.; BORNHOFEN, E.; FINATTO, T.; STORCK, L.; BENIN, G. Eficiência de uso do nitrogênio em cultivares modernas de trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 3, p. 351-361, 2016.

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

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p.892-898, 1980.

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**, v. 20, n. 1, p.55-61, 2016.

VILAS BOAS, R.C.; PEREIRA, G.M.; SOUZA, R.J.; GEISENHOFF, L.O.; LIMA JUNIOR, J.A. **Desenvolvimento e produção de duas cultivares de cebola irrigadas por gotejamento.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 7, p.706–713, 2012.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG. p.327-354, 2006.

### 3 VIABILIDADE ECONÔMICA DO PIMENTÃO FERTIRRIGADO COM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO

**RESUMO:** O pimentão é uma das solanáceas mais cultivadas e consumidas no Brasil, incluindo o país entre os maiores produtores mundiais, o que eleva à hortaliça a posição de maior importância econômica do mercado nacional. Com isso, este estudo objetivou-se estimar o custo de produção do cultivo de um hectare de pimentão sobre diferentes tensões de água no solo e doses de nitrogênio via fertirrigação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área da Fazenda Escola da Universidade Federal Rural da Amazônia (FEIGA), município de Igarapé-Açu-PA. O híbrido utilizado foi o DAHRA RX, com espaçamento de 1,0 m entre leiras e 0,50 m entre plantas. O experimento foi montado em delineamento de blocos casualizado (DBC) em esquema fatorial, sendo cinco tensões de água no solo (15, 25, 35, 45 e 65 kPa) como indicativo do momento de irrigar (tensão crítica), utilizando a irrigação por gotejamento e quatro doses de nitrogênio via fertirrigação (0; 135; 265 e 395 kg ha<sup>-1</sup>), com 3 repetições (5x4x3) totalizando 60 parcelas experimentais. Para o procedimento de estimativa do custo de produção realizou-se a soma dos valores de todos os recursos e operações utilizados no processo produtivo, desde a produção das mudas até a terceira colheita ocorrida aos 111 dias após o plantio. Utilizou-se o cálculo da depreciação e do custo alternativo. Para estimar o custo de produção neste experimento os valores foram aproximados em reais (R\$). Constatou-se que a produtividade foi afetada pelos níveis de reposição de água e doses de nitrogênio. A maior rentabilidade econômica encontrada no experimento foi na tensão 15 kPa com dose de nitrogênio 265 kg ha<sup>-1</sup> gerando um lucro de R\$ 130.903,80 ha<sup>-1</sup>. Os custos variáveis foram os que mais oneraram, em todos os tratamentos, no custo total da produção, com destaque para utilização de insumos.

**Palavras-chave:** adubação nitrogenada, fertirrigação por gotejo, rentabilidade produtiva.

**ABSTRACT:** Chili is one of the most cultivated and consumed solanacea in Brazil, including the country among the largest producers in the world, which brings to the market the position of greater economic importance in the national market. This paper aims the study about estimate the cost of producing one hectare of sweet pepper over different soil water stresses and nitrogen rates via fertirrigation. The experiment was conducted in a greenhouse in the School Farm area of the Federal Rural University of Amazonia (FEIGA), city of Igarapé-Açu-PA. The hybrid used was the DAHRA RX, with spacing of 1.0 m between rows and 0.50 m

between plants. The experiment was set up in a randomized block design (DBC) in a factorial scheme, with five soil water stresses (15, 25, 35, 45 and 65 kPa) as indicative of the moment of irrigation (critical stress), using irrigation by (0, 135, 265 and 395 kg ha<sup>-1</sup>), with 3 replicates (5x4x3) totaling 60 experimental plots. For the procedure of estimation of the cost of production, the sum of the all values of all resources and operations used in the productive process, from the production of the seedlings to the third harvest occurred at 111 days after planting. We used the calculation of depreciation and the alternative cost. To estimate the cost of production in this experiment the values in Reais (R\$) were approximatly. It was found that productivity was affected by water replenishment levels and nitrogen rates. The highest economic profitability found in the experiment was in the 15 kPa tension with nitrogen dose 265 kg ha<sup>-1</sup> generating a profit of R \$ 130,903.80 ha<sup>-1</sup>. Variable costs were the ones that accounted for the highest total cost of production in all treatments, with emphasis on the use of inputs.

**Keywords:** nitrogen fertilization, drip fertigation, productive profitability.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* var. *annuum*) é uma hortaliça rica em vitaminas e sais minerais e uma das dez de maior importância econômica no mercado nacional (ALBUQUERQUE et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015), sendo o 6º produto agrícola em demanda de força de trabalho e que a CEAGESP recebe cerca de 39 mil toneladas anuais de dessa hortaliça-fruto (HORTIBRASIL, 2018).

No contexto mundial, Índia e China se destacam como países com maior área de produção de pimentão e pimentas, sendo China principal país produtor, com mais de 16 milhões de toneladas colhidas (NICK e BORÉM, 2016).

Esses mesmos autores, afirmam que o Brasil ocupa posição de destaque entre as hortaliças, em termos de área plantada e produção, mas as estatísticas com relação a essa cultura são insipientes. A produtividade média de pimentão no Brasil é de 22 t ha<sup>-1</sup>, ocupando uma área de 15.000 ha, com produção de 334.615 toneladas (ROCHA, 2017), tendo como principais estados produtores são Minas Gerais, São Paulo, Ceará, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Pernambuco (87% do total) (HORTIFRUTI/CEPEA, 2017).

Segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (BRASIL, 2006) a região norte apresenta a menor produção agrícola de pimentão, com 2.034 toneladas. Possivelmente essa produção deve ter aumentado, pois o estado do Amazonas vem

alavancando sua produção em cultivo protegido com uso da fertirrigação (MAROUELLI e SILVA, 2014).

No estado do Pará, a região nordeste, está em posição de destaque na produção de hortaliças. Entretanto, a produção de hortaliças não tradicionais, como o pimentão, ainda é incipiente devido à carência de informações técnicas e econômicas da cultura no estado. Com isso, acaba forçando a importação desse alimento, o que eleva seu valor comercial no estado do Pará.

O estudo da eficiência econômica é essencial à determinação do custo de produção de um processo produtivo, que tem como uma das finalidades servir para análise de rentabilidade dos recursos empregados, pois para Silva et al. (2008) na produção agrícola, uns dos principais fatores que inteferem na busca de maior rendimento econômico são a água e os nutrientes, onde estes são fundamentais para se obter sucesso na produção.

A partir disso, tornam-se importantes a escolha adequada do sistema de irrigação e o correto manejo da irrigação e adubação para se alcançar rentabilidade no agronegócio e sustentabilidade (LIMA et al., 2016; PEREIRA et al., 2018). Para obter rentabilidade e sucesso no empreendimento que se inicia, a determinação da viabilidade econômica é fundamental (LIMA JUNIOR et al., 2011).

Poucas são as pesquisas realizadas no Brasil sobre adubação nitrogenada em hortaliças, via fertirrigação. Porém, esta prática é bastante difundida principalmente entre os horticultores que utilizam a irrigação por gotejamento; portanto, é notória a necessidade de mais informações quanto às quantidades de nitrogênio a serem aplicadas em ambiente protegido, para que se possa obter rendimento satisfatório (ARAUJO et al., 2009).

Nesses termos, pode-se observar que informações sobre análise econômica na cultura da pimentinha, jambu e couve-flor são conhecidas no estado do Pará, porém, na cultura do pimentão, são inexistentes (LIMA et al., 2016; PEREIRA et al., 2018).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento econômico do pimentão cultivado sob diferentes doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação e tensões de água no solo, em ambiente protegido.

### **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizada em ambiente protegido (16 m de largura e 30 m de comprimento), coberta por filme de plástico de 150 micras e tela de sombreamento de 50 %, localizada na Fazenda Escola de Igarapé-Açu, da Universidade Federal Rural da Amazônia (FEIGA/UFRA), com as coordenadas geográficas de 1° 07' 48,47'' S e 47° 36' 45,31'' W,

elevação 54 m, no município de Igarapé-Açu, nordeste paraense. O solo da região é classificado como Argissolo Amarelo distrófico de textura arenosa média (SOUZA et al., 2011).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 4, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco tensões de água no solo (15, 25, 35, 45 e 65 kPa) como indicativo do momento de irrigar – tensão crítica, e quatro doses de nitrogênio (0; 135, 265 e 395 kg ha<sup>-1</sup>) baseado na curva de absorção de nutrientes para o pimentão fertirrigado (RINCÓN et al., 1995) (Tabela 1), correspondendo a 0, 45, 90 e 135 % de nitrogênio indicado pelos autores. Para os demais nutrientes que não foram pesquisados, em cada tratamento, foram aplicados 100% da recomendação. Os tratamentos foram utilizados para análise econômica.

**Tabela 1. Curva de absorção de nutrientes utilizada como referência**

Período dias	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
	Kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>					Kg ha <sup>-1</sup> período <sup>-1</sup>				
<b>0-35</b>	0,05	0,009	0,10	0,06	0,025	2	0	3	2	1
<b>35-55</b>	0,35	0,07	0,80	0,35	0,17	7	1	16	7	3
<b>55-70</b>	1,20	0,23	2,25	0,98	0,45	18	3	34	15	7
<b>70-85</b>	1,30	0,23	2,60	0,98	0,41	20	3	39	15	6
<b>85-100</b>	2,60	0,78	4,82	2,80	1,41	39	12	72	42	21
<b>100-120</b>	2,75	0,57	5,50	1,12	1,16	55	11	110	22	23
<b>120-140</b>	3,75	1,08	4,82	1,40	1,00	75	22	96	28	20
<b>140-165</b>	3,15	0,78	4,80	1,68	1,19	79	19	120	42	30
<b>Total/100t</b>						294	73	491	173	111
<b>Total/t</b>						2,9	0,7	4,9	1,7	1,1

Fonte: Rincón et al. (1995)

O híbrido DAHRA RX foi desenvolvido pela Sakata®, apresentando frutos lisos, de coloração verde brilhante e parede grossa, com peso médio dos frutos de 290 g. Plantas de alto vigor apresentando alto nível de resistência a PVY (Vírus “Y” da batata), estirpes (P0, P1 e P1,2), *ToMV* (mosaico do tomateiro), estirpe Tm1 e *Xanthomonas campestris* pv.

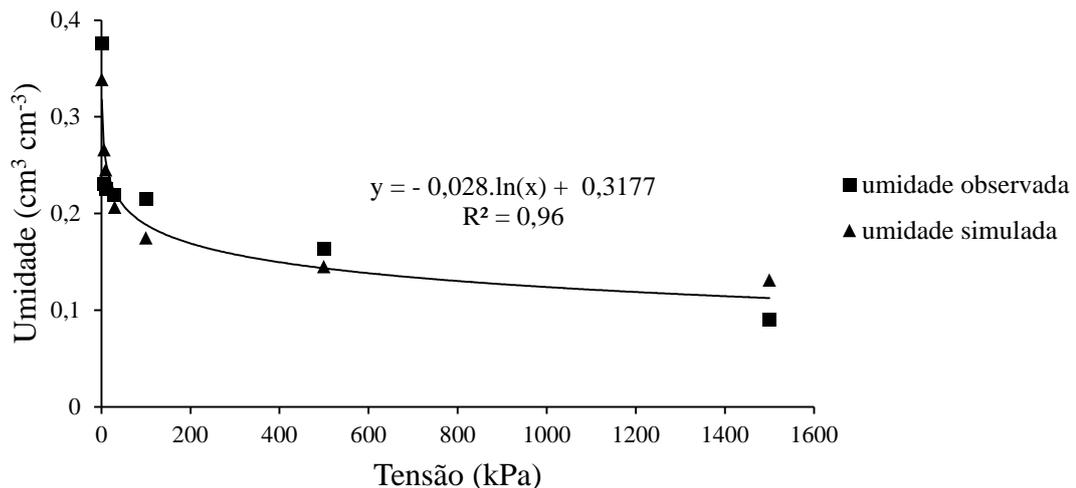
Com o próprio solo da casa de vegetação foram construídas leiras simples, com largura de 0,2 m, comprimento de 3,5 m e altura de 0,25 m. Cada leira correspondeu a uma parcela, obtendo sete plantas por leira, com espaçamento de 1,0 m x 0,5 m, obtendo um total de 420 plantas.

As mudas foram preparadas em bandejas de polietileno, com 200 células preenchidas com composto orgânico. Aos 30 dias após a semeadura (DAS), com média de 15 cm de altura, variando de cinco a seis folhas, foram transplantadas 420 plantas. Após o transplante, as mudas foram irrigadas durante 30 dias, antes da diferenciação dos tratamentos, para ocorrer

o melhor ‘pegamento’, totalizando assim uma lâmina de 199,08 mm (6,64 mm dia<sup>-1</sup>). Decorridos esses 30 dias após o transplântio (DAT), deu-se início a diferenciação dos tratamentos.

O manejo da irrigação foi baseado na curva característica de água no solo obtida no perfil de 0 a 30 cm de profundidade. Os resultados de retenção de água no solo foram obtidos por meio de câmara de pressão de Richards (RICHARDS, 1941). Os mesmos foram ajustados segundo o modelo proposto por Van Genuchten (1980), com o auxílio do software solver no Excel, obtiveram-se os parâmetros da equação de ajuste da curva característica de retenção de água no solo (Figura 1). As irrigações foram efetuadas quando a média dos tensiômetros alcançava a tensão crítica, e sempre buscando elevar o solo a umidade na capacidade de campo, correspondendo a tensão de 10 kPa (0,339 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>).

**Figura 1. Curva de retenção de água no solo**



Para determinação da tensão crítica, foi instalado um conjunto de dois tensiômetros de punção, instalados a 20 cm, indicando o momento de irrigar, e um a 30 cm de profundidade para verificar se estava ocorrendo perda de água. Os tensiômetros ficaram posicionados no alinhamento da cultura, a 15 cm dos gotejadores. As leituras nos tensiômetros foram realizadas uma vez ao dia, por volta das 09:00 h, utilizando-se um tensímetro digital de punção.

O sistema de irrigação localizada adotado foi o gotejamento, com vazão de 2,32 L h<sup>-1</sup>, e emissores espaçados 15 cm entre si. A irrigação foi realizada por meio de mangueiras gotejadoras auto-compensantes de polietileno aditivado, diâmetro nominal de 16 mm, com pressão de serviço de 7,5 mca no final da mangueira, e com emissores do tipo in – line. As mangueiras gotejadoras foram posicionadas dentro da parcela, cada mangueira atendeu uma

linha de plantas (3,5 gotejadores/planta). Estas foram conectadas nas linhas de derivação de polietileno (DN 16) e estas aos tubos de PVC (DN 50; PN 40), que estavam conectados à linha principal, por meio de válvulas manuais. Foi utilizada para o sistema de irrigação uma caixa d'água de 3000 L, uma bomba elétrica de 1,5 cv (vazão de 10 m<sup>3</sup>/h), acionada pelo controlador e um filtro de disco.

Após a instalação do sistema de irrigação, foi realizada avaliação hidráulica para a determinação do desempenho do mesmo, através do Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). A análise de uniformidade foi realizada em 30 parcelas, colocados recipientes coletores de 180 ml em baixo de quatro emissores, fazendo a coleta de água por um período de 1 min, sendo duas repetições. De posse das médias das lâminas coletadas foi calculado o CUD. O sistema apresentou classificação excelente (96%) segundo classificação de Mantovani (2001) (Equação 1).

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} \cdot 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

CUD – Coeficiente de uniformidade de distribuição (%)

$q_{25}$  – média de 25 % das vazões com menores valores

$q_m$  – média de todas as vazões em L h<sup>-1</sup>.

As lâminas de água aplicadas na diferenciação dos tratamentos e o tempo de funcionamento do sistema de irrigação foram calculados segundo Cabello (1996), considerando-se a profundidade efetiva do sistema radicular, igual a 20 cm, pois é nessa profundidade que se concentra cerca de 80 % das raízes da cultura (MAROUELLI, 2008) e a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação por gotejamento, igual a 95%, proposta por Silva et al. (2002).

Na injeção dos fertilizantes foi adotado o sistema de bomba injetora, a solução fertilizante contida no reservatório aberto, era introduzida ao sistema de irrigação, com pressão 10% superior que à da água de irrigação, em concentração constante, por meio da bomba elétrica de 1 cv (9,8 m<sup>3</sup>/h), acionada pelo controlador. Foi inserido, após o filtro de disco, um manômetro para melhor controlar a pressão de serviço do sistema.

Também, antes da injeção, era checada a condutividade elétrica da solução nutritiva ( $dS\ m^{-1}$ ) concentrada. Logo, a demanda de cada tratamento era pesada, identificada, diluída em água (atentando à solubilidade e compatibilidade).

Para determinar o custo da produção (insumos e serviços) fundamentou-se no cálculo do custo alternativo e depreciação proposto por Reis (2007).

Neste estudo, para avaliar os custos de produção, foram usados valores aproximados em reais (R\$), com base na referência de preços nas Centrais de abastecimento do Estado do Pará, CEASA, quando o preço estava em torno de R\$ 35,00 a saca com 10 kg de pimentão, referente ao período de condução do experimento, visando os custos fixos e variáveis para o cultivo de 1 ha de pimentão.

O método para o cálculo de depreciação foi o linear, tendo em vista o prazo de 120 dias (0,33 anos), referente ao ciclo de produção, como custo necessário para substituir dos bens de capital quando tornados inúteis, foi mensurado pela Equação 1.

$$D = \frac{(V_a - V_r)}{V_u} \cdot P \quad (1)$$

Em que:

D – depreciação (R\$);

$V_a$  – valor atual do recurso (R\$);

$V_r$  – valor real de residual (valor de revenda ou valor final do bem, após ser utilizado de forma racional na atividade) (R\$);

$V_u$  – vida útil (período em que determinado bem é utilizado na atividade) (anos);

P – período de análise (anos).

Foi sugerido para efeito do estudo do custo alternativo dos recursos fixos de produção indicados no cultivo do pimentão, a taxa de juros de 6% a.a. Sendo, para o cálculo, utilizado a Equação 2.

$$CA_{\text{fixo}} = \left( \frac{V_u - I}{V_u} \right) \cdot V_a \cdot T_j \cdot P \quad (2)$$

Em que:

$CA_{\text{fixo}}$  – custo alternativo fixo (R\$);

I – idade média de uso do bem (anos);

$T_j$  – taxa de juros (decimal).

O custo alternativo dos recursos variáveis aplicados no cultivo do pimentão foi calculado considerando uma taxa de juros de 6% a.a. utilizando a Equação 3.

$$CA_{\text{var}} = \frac{V_{\text{gasto}}}{2} \cdot T_j \quad (3)$$

Em que:

$CA_{\text{var}}$  – custo alternativo variável (R\$);

$V_{\text{gasto}}$  – desembolso financeiro realizado pelo produtor, para adquirir insumos e serviços necessários para a produção agrícola (R\$).

Por não serem alterados facilmente em um curto espaço de tempo, os custos fixos determinam a capacidade de produção. Para isso foram somados os cálculos da depreciação e o custo alternativo do fator produtivo. Os itens considerados foram:

- a) Terra: partido da premissa de que o agricultor adotará um manejo de solo adequado, não ocorrerá depreciação. Com isto o valor considerado foi o custo alternativo com base no aluguel de R\$ 80,00 para um hectare por mês (LIMA et al., 2016);
- b) Calagem: os gastos com calagem foram de R\$ 85,75, com vida útil de 2 anos;
- c) Sistema de irrigação localizada e fertirrigação: o valor gasto por ano foi de R\$ 304,80, com vida útil de 8 anos;
- d) Imposto Territorial Rural (ITR): A Lei 9.393/1996 que rege o ITR, com relação à imunidade e isenção de impostos, optou-se por não contabilizar este custo;
- e) Casa de vegetação: foi considerado um valor médio para 480 m<sup>2</sup> de casa de vegetação, sendo R\$ 30.000,00, com vida útil de 10 anos;
- f) Custo alternativo: aplicado com base nos custos fixos, sendo que para cada bem adquirido, adicionaram-se juros de 6% a.a., a mesma utilizada para remunerar os títulos públicos ou a caderneta de poupança.

Para os custos variáveis as despesas basearam-se na soma do custo alternativo adicionado ao valor de cada produto ou serviço adquirido. Os recursos variáveis e formas de operacionalização utilizadas foram:

- a) Insumos: correspondem aos gastos ocorridos na compra de sementes, adubos minerais e defensivos em geral. As quantidades utilizadas para os cálculos basearam-se nas quantidades e tipos utilizados no experimento;

- b) Mão-de-obra: refere-se às diárias necessárias para realização de atividades operacionais como: produção de mudas, implantação da cultura no campo, tratamentos culturais, controle de pragas e doenças, operacionalização do sistema de irrigação e colheita;
- c) Despesas com máquinas e implementos: gastos com aluguel de máquinas e implementos utilizados nas atividades de preparo de área.
- d) Despesas com administração: refere-se à mão-de-obra especializada durante a implantação e ciclo vegetativo e os impostos, adotando-se o valor de 2,3% da receita total produzido, recomendado no manual de crédito rural (CMR) e adotado pelas empresas de assistência técnica e extensão rural na elaboração e prestação de assistência técnica nos projetos via Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf);
- e) Despesas gerais: neste grupo está a aquisição de sacarias para condicionamento dos frutos colhidos realizada com base na produção média de cada tratamento;
- f) Energia: foi calculada conforme a equação 4 (Mendonça, 2001).

$$CE = V \cdot T \frac{736 \cdot Pot}{1000 \cdot n} \quad (4)$$

Em que:

CE – custo com energia (R\$);

V – valor do kWh em (R\$);

T – tempo total de funcionamento do sistema de irrigação (h);

Pot – Potência do conjunto motobomba (cv);

n – eficiência do conjunto motobomba.

- g) Custo alternativo: a cada item dos recursos variáveis foi considerado uma taxa de juros real de 6% a.a., taxa utilizada para juros de ativos isentos de risco que no nosso país refere-se a que remunera os títulos públicos ou a caderneta de poupança.

O desembolso econômico da produção de pimentão foi alcançado entre o custo operacional e o alternativo. O custo operacional foi dividido em custo operacional fixo (CopF), composto pelas depreciações e custo operacional variável (CopV), constituído pelos gastos. Foi adotado o preço ou receita média para a realização da análise econômica simplificada, que comparado com o custo total médio (CTMe) possibilitou a conclusão com relação a viabilidade econômica da atividade. Na análise deste custo de produção foram

consideradas as situações de custo econômicas e operacional da atividade produtiva proposta por Reis (2007).

No estudo em questão o rendimento foi adquirido pela multiplicação da quantidade produzida por cada tratamento pelo preço do produto, que neste caso, foi entre abril e maio de 2018, quando o preço estava em torno de R\$ 35,00 a saca com 10 kg de pimentão, conforme sugerido pelas Centrais de Abastecimento do Pará – CEASA.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A lâmina total de cada tratamento com suas respectivas produtividades média está apresentada na Tabela 2. Sendo o valor das lâminas totais de cada tratamento ocorrido durante todo o período experimental.

**Tabela 2. Lâmina total de irrigação e produtividade média observada em função de tensões de água no solo e dose de nitrogênio via fertirrigação no cultivo do pimentão, Igarapé-Açú-PA, UFRA, 2018.**

Tratamentos	Tensão	Lâmina total de água	Produtividade média
		----- mm -----	----- t ha <sup>-1</sup> -----
T15N0	15 kPa	519,88	43,92
T15N135	15 kPa	519,88	53,01
T15N265	15 kPa	519,88	69,00
T15N395	15 kPa	519,88	57,77
T25N0	25 kPa	513,42	30,90
T25N135	25 kPa	513,42	46,19
T25N265	25 kPa	513,42	56,17
T25N395	25 kPa	513,42	57,75
T35N0	35 kPa	504,61	35,72
T35N135	35 kPa	504,61	42,10
T35N265	35 kPa	504,61	54,61
T35N395	35 kPa	504,61	52,52
T45N0	45 kPa	470,88	37,52
T45N135	45 kPa	470,88	30,32
T45N265	45 kPa	470,88	29,42
T45N395	45 kPa	470,88	44,04
T65N0	65 kPa	408,31	21,05
T65N135	65 kPa	408,31	26,15
T65N265	65 kPa	408,31	19,79
T65N395	65 kPa	408,31	30,21

De acordo com os resultados obtidos na tabela 2, verifica-se que a produtividade média do pimentão foi diretamente influenciada pela lâmina total de água aplicada nos tratamentos. Onde, observou-se maior produtividade no tratamento com a tensão próxima a capacidade de campo (15 kPa) (518,09 mm) na dose 265 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

Na tabela 3 e 4 são apresentados os percentuais de participação dos itens que compõem os custos totais (custos fixos e variáveis) de produção do pimentão fertirrigado para todos os tratamentos.

**Tabela 3. Percentagem dos custos fixos<sup>1</sup> para a produção de pimentão realizado em casa de vegetação, sobre diferentes tensões de água no solo e doses de nitrogênio via fertirrigação, Igarapé-Açu/PA, UFRA, 2018.**

Tratamentos	Terra	Calagem	ITR	Sist. Irrigação/fertirrigação	C. vegetação	CFT%
T15N0	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T15N135	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T15N265	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T15N395	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T25N0	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T25N135	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T25N265	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T25N395	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T35N0	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T35N135	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T35N265	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T35N395	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T45N0	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T45N135	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T45N265	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T45N395	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T65N0	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T65N135	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T65N265	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>
T65N395	1,50	1,18	0,00	1,67	95,65	<b>100</b>

<sup>1</sup>CFT – custo fixo total.

**Tabela 4. Percentagem dos custos variáveis<sup>1</sup> para a produção de pimentão realizado em casa de vegetação, sobre diferentes tensões de água no solo e doses de nitrogênio via fertirrigação, Igarapé-Açu/PA, UFRA, 2018.**

Tratamentos	Insumos	Mão-de-obra	Maquinas	Administração	Gerais	Energia	C. alternativo	CVT%
T15N0	74,95	11,76	1,26	5,12	2,41	1,62	0,90	<b>100</b>
T15N135	76,04	11,48	1,23	5,89	2,88	1,58	0,90	<b>100</b>
T15N265	77,19	10,46	1,12	6,81	2,08	1,44	0,90	<b>100</b>
T15N395	78,07	10,05	1,07	5,67	2,94	1,38	0,90	<b>100</b>
T25N0	79,12	12,09	1,29	3,91	2,02	0,67	0,90	<b>100</b>
T25N135	77,17	11,65	1,25	5,30	3,09	0,65	0,90	<b>100</b>
T25N265	77,98	10,57	1,13	5,72	3,11	0,59	0,90	<b>100</b>
T25N395	78,60	10,12	1,08	5,61	3,13	0,56	0,90	<b>100</b>
T35N0	78,54	12,00	1,28	4,38	2,38	0,51	0,90	<b>100</b>
T35N135	77,99	11,77	1,26	4,94	2,63	0,50	0,90	<b>100</b>
T35N265	77,10	10,45	1,12	5,51	4,47	0,44	0,90	<b>100</b>
T35N395	79,14	10,19	1,09	5,19	3,06	0,43	0,90	<b>100</b>
T45N0	78,78	12,04	1,29	4,58	2,12	0,29	0,90	<b>100</b>
T45N135	79,62	12,02	1,29	3,82	2,06	0,29	0,90	<b>100</b>
T45N265	81,20	11,01	1,18	3,42	2,03	0,26	0,90	<b>100</b>
T45N395	80,08	10,31	1,10	4,50	2,86	0,25	0,90	<b>100</b>
T65N0	80,40	12,29	1,31	2,93	2,01	0,16	0,90	<b>100</b>
T65N135	80,08	12,09	1,29	3,41	2,07	0,15	0,90	<b>100</b>
T65N265	82,45	11,17	1,20	2,54	1,59	0,14	0,90	<b>100</b>
T65N395	81,99	10,55	1,13	3,35	1,94	0,14	0,90	<b>100</b>

<sup>1</sup>CVT – custo variável total.

Percebe-se, que dentre os custos fixos da produção, em todos os tratamentos, a casa de vegetação foi o que obteve maior participação no custo total ficando entre 95,65 %, seguidos do sistema de irrigação/fertirrigação (1,67 %), terra (1,50 %) e calagem (1,18 %). Já nos custos variáveis, em todos os tratamentos, os insumos apresentaram maior custo para a produção, estando entre 74,95 a 82,45 %. Isto pode ser esclarecido devido ao custo na aquisição das sementes, produção das mudas e adubação de cobertura via fertirrigação, pois os fertilizantes são onerosos para utilização desta técnica.

Estes resultados corroboram com Lima Junior et al. (2014) em trabalho realizado em Lavras – MG com cultivares de cenoura em diferentes tensões de água no solo, mostraram que o gasto com insumos foi o que representou maiores impactos no custo total, chegando até 64 %. Contudo, Lima et al. (2016) ao analisarem a viabilidade econômica da produção de pimentinha verde, constataram que o fator mão-de-obra foi o que mais onerou o custo da produção, totalizando 42,52% no tratamento com 90% de ECA em relação aos demais custos.

Os tratamentos com a tensão 15 kPa foram os que obtiveram os maiores gastos com energia elétrica (entre 1,38 a 1,62 %), pois foram os tratamentos que receberam maior número

de irrigações e, em função disso, maior tempo de funcionamento do sistema de irrigação/fertirrigação.

Entre os insumos, a aquisição das sementes e a terceirização na produção de mudas foram os itens que mais oneraram o custo variável, sendo, em média, responsável por cerca de 34,21 e 26,54 %, respectivamente, seguido da adubação química, chegando até 25,27 % (Apêndice A).

Os custos com máquinas e implementos, participando com menos de 2% do custo total em todos os tratamentos e despesas gerais, que teve participação chegando até 5 % dos custos variáveis. A mão de obra chegou até 12,29 % de participação, sendo 9,15 % para a realização do manejo da irrigação, fertirrigação e tratos culturais (Apêndice B). Barros Júnior et al. (2009), realizando análise econômica da alface americana em monocultura e consorciada com pepino japonês, verificaram que o item que mais onerou o valor dos custos totais variáveis foi a mão-de-obra, representando 26,9% do total e gastos com máquinas e implementos (10,7%), superiores aos encontrados neste trabalho.

Analisando a viabilidade econômica de produção com hortícolas vários autores comprovaram que os custos variáveis são os que mais oneram nos custos totais, com destaque para insumos, mão-de-obra e máquinas e implementos (REZENDE et al., 2005; REZENDE et al., 2009; BARROS JUNIOR et al., 2009; LIMA JUNIOR et al., 2014; LIMA et al., 2016).

Observou-se, também, que o tratamento com a combinação da tensão 15 kPa com dose de 265 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio foi o que apresentou maior participação nos custos com administração (6,81 %). Este tratamento apresentou maior produtividade média de frutos de pimentão e, em vista disso, maiores foram os gastos com colheita, administração e impostos.

Assim como ocorreu com o custo total, o custo total médio e o custo operacional total médio obtiveram maiores contribuições nos custos variáveis. Os resultados são representados na Tabela 5.

**Tabela 5. Custos econômicos e operacionais médios<sup>1</sup> da produção de pimentão, em R\$ cx<sup>-1</sup> de 10 kg, realizado em casa de vegetação, em diferentes tensoes de água no solo e doses de nitrogênio via fertirrigação, Igarapé-Açu/PA, UFRA, 2018.**

Tratamentos	CFMe	CVMe	CTMe	CopFMe	CopVMe	CopTMe
T15N0	4,83	18,11	22,94	3,97	17,94	21,91
T15N135	4,00	15,37	19,37	3,29	15,23	18,52
T15N265	3,08	12,95	16,03	2,53	12,84	15,36
T15N395	3,67	16,10	19,77	3,02	15,96	18,98
T25N0	6,87	25,03	31,90	5,64	24,81	30,45
T25N135	4,59	17,38	21,97	3,77	17,22	20,99
T25N265	3,78	15,75	19,53	3,10	15,61	18,71
T25N395	3,67	16,00	19,67	3,02	15,86	18,88
T35N0	5,94	21,81	27,75	4,88	21,62	26,49
T35N135	5,04	18,87	23,91	4,14	18,69	22,83
T35N265	3,89	16,38	20,27	3,19	16,24	19,43
T35N395	4,04	17,48	21,52	3,32	17,32	20,64
T45N0	5,66	20,69	26,35	4,64	20,50	25,15
T45N135	7,00	25,66	32,66	5,75	25,43	31,18
T45N265	7,21	28,88	36,09	5,92	28,61	34,54
T45N395	3,82	20,60	25,42	3,96	20,41	24,37
T65N0	10,08	36,14	46,22	8,28	35,81	44,09
T65N135	8,11	29,58	37,69	6,66	29,31	35,98
T65N265	10,72	42,28	53,00	8,80	41,90	50,70
T65N395	7,02	29,33	35,35	5,77	29,06	34,83

<sup>1</sup>CFMe – custo fixo médio; CVMe – custo variável médio; CTMe – custo total médio; CopFMe – custo operacional fixo médio; CopVMe – custo operacional variável médio; CopTMe – custo operacional total médio.

O tratamento com a combinação de tensão de água no solo de 15 kPa e dose de nitrogênio de 265 kg ha<sup>-1</sup> obtiveram menores custos médio e operacional, para o cultivo de pimentão fertirrigado, isto é, foi necessário um menor custo de produção para esse tratamento para produzir uma caixa com 10 kg de pimentão, evidenciando que quanto maior a produtividade menores serão os custos. Haja vista, que o preço do pimentão foi considerado de acordo com o centro de abastecimento do Pará – CEASA, onde o preço do pimentão estava em torno de R\$ 35,00 a caixa com 10 kg entre os meses de abril a maio, período em que foi realizado as três colheitas.

Na análise econômica efetuada, observa-se que nem todos os tratamentos experimentais apresentaram receita média (RMe) superior aos custos totais médios (CTMe), indicando haver situação de lucro econômico para alguns tratamentos (RMe > CTMe). Para esses tratamentos, segundo Lima et al. (2016) e Pereira et al. (2018), esta é uma situação em que o investimento paga todos os recursos aplicados na atividade econômica, proporciona lucro adicional e a tendência a médio e longo prazo é de expansão e entrada de novas informações para a atividade, atraindo investimentos competitivos (LIMA JUNIOR et al., 2014).

Na Tabela 6 é possível observar que a maioria dos tratamentos obtiveram bons lucros. Porém, os tratamentos com as maiores dosagens de nitrogênio (265 e 395 kg ha<sup>-1</sup>), nas tensões 15, 25 e 35 kPa, apresentaram os maiores lucros, verificando uma superioridade da rentabilidade ao tratamento com combinação de tensão 15 kPa com dose de 265 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio ao qual se atribui a maior produtividade alcançada, e conseqüentemente maior receita total, sendo esse tratamento o que proporcionou melhor desenvolvimento à cultura do pimentão.

**Tabela 6. Produtividade, custo total (CT), receita total (RT) e lucro de produção de pimentão sob diferentes tensões de água no solo e doses de nitrogênio via fertirrigação para 1 ha, Igarapé-Açu/PA, 2018.**

Tratamentos	Produtividade média	CT	RT	Lucro
	--- t ha <sup>-1</sup> ---			
T15N0	43,92	100.763,2	153.755,0	52.991,77
T15N135	53,01	102.686,1	185.535,0	82.848,86
T15N265	69,00	110.596,2	241.500,0	130.903,80
T15N395	57,77	114.257,0	202.195,0	87.938,03
T25N0	30,90	98.574,2	108.150,0	9.575,85
T25N135	46,19	101.493,5	161.665,0	60.171,53
T25N265	56,17	109.685,0	196.595,0	86.910,04
T25N395	57,75	113.636,4	202.125,0	88.488,63
T35N0	35,72	99.137,1	125.020,0	25.882,91
T35N135	42,10	100.643,9	147.350,0	46.706,11
T35N265	54,61	110.693,8	191.135,0	80.441,16
T35N395	52,52	113.009,0	183.820,0	70.810,97
T45N0	37,52	98.855,6	131.320,0	32.464,42
T45N135	30,32	99.022,7	106.120,0	7.097,32
T45N265	29,42	106.172,9	102.970,0	-3.202,92
T45N395	44,04	111.931,4	154.140,0	42.208,61
T65N0	21,05	97.293,4	73.675,0	-23.618,40
T65N135	26,15	98.577,7	91.525,0	-7.052,75
T65N265	19,79	104.890,9	69.265,0	-35.625,89
T65N395	30,21	109.816,2	105.735,0	-4.081,22

Observa-se que os resultados de produtividade média (kg ha<sup>-1</sup>) tendem a serem menores nas maiores tensões de água no solo (45 e 65 kPa) independente da dose de nitrogênio aplicada, estes resultados se assemelham aos encontrados por Frizzoni et al. (2001) que trabalhando com pimentão amarelo em função do potencial mátrico de água no solo encontraram menores produtividades nas tensões 50 e 65 kPa.

### 3.4 CONCLUSÃO

Recomenda-se, para as condições em que esse trabalho foi desenvolvido, que seja adotado uma tensão de água no solo de 15 kPa em combinação com 265 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio para obtenção de uma receita total de R\$ 241.500,00, a qual corresponde a maior rentabilidade associada à máxima produtividade, que no caso em questão foi de R\$ 130.903,80 para 1 ha de pimentão fertirrigado produzido.

### REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; BEZERRA NETO E.; SOUZA E. R. A.; SANTOS A. N. Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p.681-687, 2012.

ARAUJO, 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, n. 5, p.559-565, 2009.

BARROS JÚNIOR, A. P.; REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; PÔRTO, D. R. Q.; SILVA, G. S.; MARTINS, M. I. E. G. Análise econômica da alface americana em monocultura e consorciada com pepino japonês em ambiente protegido. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 4, p.82-89, 2009.

BRASIL. IBGE. **Censo Agropecuário**, 2006. Rio de Janeiro, p.1-777, 2006.

CABELLO, F. P. **Riegos localizados de alta frecuencia goteo, microaspersión, exudación**. 3ª ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 511p.

HORTIBRASIL, **Norma de classificação do pimentão para o programa brasileiro para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros**. Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/classificacao/pimentao/pimentao.html>. Último acesso em 11 julho 2018.

HORTIFRUTI/CEPEA: **Principais características do pimentão**. <<https://www.hfbrasil.org.br/br/hortifruti-cepea-principais-caracteristicas-do-pimentao-no-br.aspx>>. Acesso em: 01 dez. 2018.

LIMA JUNIOR, J. A.; PEREIRA, G. M.; GEISENHOF, L. O.; SILVA, W. G.; SOUZA, R. O. R. M.; VILAS BOAS, R. C. Economic viability of a drip irrigation system on carrot crop. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, n. 1, p.15-21, 2014.

LIMA JUNIOR, J. A.; PEREIRA, J. M.; GEISENHOF, L. O.; SILVA, W. G.; VILAS BOAS, R. C.; LOBATO, A. K. S. Avaliação econômica da produção de alface americana em função de lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 392-398, 2011.

LIMA, V. M.; LIMA JUNIOR, J. A.; GUSMÃO, S. A. L.; OLIVEIRA NETO, C. F.; OLIVEIRA, F. C.; MARTINS, I. C. F. Viabilidade econômica da produção de pimentinha-

verde submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 59, n. 4, p.326-332, 2016.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Irrigação e fertirrigação na cultura do pimentão**. In: SOUSA, V.F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E.F.; PINTO, J.M.; COELHO FILHO, M. A (2ªEds.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2014.

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças. Circular técnica, n. 57, 2008. 15p.

NICK, C.; BORÉM, A. **Pimentão: do plantio à colheita**. 22ªEd. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2016. 204p.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, C. P.; LIMA, K. S. Nutrição mineral de plantas submetido a diferentes manejos de fertirrigação. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p.216-223, 2015.

PEREIRA, M. E. M.; LIMA JUNIOR, J. A.; LIMA, V. M.; GUSMÃO, S. A. L.; OLIVEIRA, P. D.; SILVA, A. L. P. Viabilidade econômica da produção de couve-flor irrigada por gotejamento no Nordeste Paraense. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 61, p.1-8, 2018.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. 2. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2007. p.95.

REZENDE, B. L. A.; BARROS JÚNIOR, A. P.; CECÍLIO FILHO, A. B.; PÔRTO, D. R. Q.; MARTINS, M. I. E. G. Custo de produção e rentabilidade das culturas de alface, rabanete, rúcula e repolho em cultivo solteiro e consorciadas com pimentão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p.305-312, 2009.

REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CANATO, G. H. D.; MARTINS, M. I. E. G. Análise econômica de consórcios de alface x tomate, em cultivo protegido, em Jaboticabal (SP). **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p.42-49, 2005.

RICHARDS, L.A. A pressure membrane extraction apparatus for soil solution. **Soil Science**, Baltimore, v. 51, p.377-386, 1941.

RINCON, L.; SAEZ, J.; BALSALOBRE, E.; PELLICER, C. Crecimiento y absorción de nutrientes del pimiento grueso bajo invernadero. **Investigación Agraria**, v. 10, n. 1, p.47-59, 1995.

ROCHA, P. A. **Produção de pimentão sob diferentes estratégias de irrigação com e sem cobertura do solo, no semiárido Baiano**. 2017. 58f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – IF Baiano, Guanambi, 2017.

SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A.; LIMA, J. E. F. W. **Análise de desempenho da irrigação**. Planatina: Embrapa Cerrados, 2002. 84p. (Documentos, n. 70).

SILVA, P. A. M.; PEREIRA, G.M.; REIS, R. P.; LIMA, L. A.; TAVEIRA, J. H. S. Função de resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p.1266-1271, 2008.

SOUZA, A. P.; PEREIRA, J. B. A.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, D. F. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p.15-22, 2011.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p.892-898, 1980.

### **CONCLUSÕES GERAIS**

O cultivo de pimentão sobre diferentes tensões de água no solo e doses de nitrogênio via fertirrigação em cultivo protegido, recomenda-se que seja aplicado 15kPa de tensão de água no solo, correspondente a lâmina total de água de 519,88 mm, e 265 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

Quanto a análise econômica, para que se alcance maior rentabilidade na cultura do pimentão produzido em casa de vegetação, deve se utilizar o manejo de irrigação com tensão crítica de 15 kPa e dose de nitrogênio de 265 kg ha<sup>-1</sup>, obtendo lucro de R\$ 130.309,80 para 1 ha de pimentão fertirrigado produzido.

## APÊNDICE

### APÊNDICE A

**Percentual de gastos com insumos para 1ha de pimentão, em cada tratamento.**

Custo Variável	% Custo			
	Insumos			
	Sementes	Terceirização (Produção de mudas)	Adubação química	Defensivos
T15N0	35,90	27,91	15,04	0,18
T15N135	35,06	27,25	15,6	0,18
T15N265	31,85	24,76	22,1	0,16
T15N395	30,70	23,86	25,26	0,15
T25N0	36,92	28,70	14,03	0,18
T25N135	35,58	27,66	14,45	0,18
T25N265	32,28	25,10	21,14	0,17
T25N395	30,90	24,02	23,23	0,15
T35N0	36,65	28,49	13,92	0,18
T35N135	35,96	27,95	14,61	0,18
T35N265	31,92	24,81	20,91	0,17
T35N395	31,11	24,19	24,40	0,15
T45N0	36,79	28,60	13,97	0,18
T45N135	36,71	28,53	14,92	0,18
T45N265	33,62	26,13	22,03	0,18
T45N395	31,48	24,47	24,68	0,15
T65N0	37,54	29,18	14,26	0,19
T65N135	36,92	28,70	15,00	0,18
T65N265	34,13	25,53	22,36	0,18
T65N395	32,24	25,06	25,27	0,18

## APÊNDICE B

**Percentual de gastos com mão-de-obra, máquinas e implementos e despesas gerais para 1ha de pimentão, em cada tratamento.**

Custo Variável	% Custo					
	Adução de plantio	Plantio	Mão-de-obra Irrigação/fertirrigação e tratos culturais	Colheita	Máquinas e implementos	Despesas gerais
T15N0	0,53	0,40	9,15	1,78	1,27	2,43
T15N135	0,52	0,39	8,94	1,73	1,24	2,90
T15N265	0,47	0,35	8,12	1,58	1,13	2,42
T15N395	0,46	0,34	7,98	1,52	1,08	2,97
T25N0	0,55	0,41	9,41	1,83	1,3	2,04
T25N135	0,53	0,40	9,07	1,76	1,25	3,12
T25N265	0,48	0,36	8,23	1,60	1,14	3,14
T25N395	0,46	0,34	7,88	1,53	1,09	3,16
T35N0	0,54	0,41	9,34	1,81	1,3	2,41
T35N135	0,53	0,40	9,17	1,78	1,27	2,66
T35N265	0,47	0,36	8,14	1,58	1,13	4,51
T35N395	0,46	0,35	7,93	1,54	1,1	3,09
T45N0	0,55	0,41	9,37	1,82	1,3	2,13
T45N135	0,54	0,41	9,36	1,82	1,3	2,08
T45N265	0,5	0,37	8,57	1,66	1,19	2,04
T45N395	0,47	0,35	8,03	1,56	1,11	2,89
T65N0	0,56	0,42	9,57	1,86	1,33	2,02
T65N135	0,55	0,41	9,41	1,83	1,3	2,09
T65N265	0,51	0,38	8,7	1,69	1,2	1,61
T65N395	0,48	0,36	8,22	1,59	1,14	1,96