

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE DOUTORADO**

**CULTIVO HIDROPÔNICO DE PIMENTEIRA 'BIQUINHO'
COM ÁGUAS SALOBRAS**

MARIA AUGUSTA AMORIM BIONE

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
2017**

CULTIVO HIDROPÔNICO DE PIMENTEIRA 'BIQUINHO' COM ÁGUAS SALOBRAS

**Maria Augusta Amorim Bione
Engenheira Agrícola e Ambiental
Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009**

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutora em Engenharia Agrícola, área de concentração 'Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos'.

Orientador: Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

B6159c	<p data-bbox="608 1294 1177 1429">Bione, Maria Augusta Amorim. Cultivo hidropônico de pimenteira 'Biquinho' com águas salobras / Maria Augusta Amorim Bione .- Cruz das Almas, BA, 2017. 119f.; il.</p> <p data-bbox="647 1462 1094 1485">Orientador: Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz.</p> <p data-bbox="608 1518 1177 1630">Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrária, Ambientais e Biológicas Doutorado em Engenharia Agrícola.</p> <p data-bbox="608 1653 1177 1731">1.Hidroponia. 2.Águas salobras. 3.Semiárido. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrária, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p data-bbox="959 1821 1102 1843">CDD: 631.585</p>
--------	--

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE DOUTORADO**

**CULTIVO HIDROPÔNICO DE PIMENTEIRA 'BIQUINHO' COM ÁGUAS
SALOBRAS**

**Comissão Examinadora da Defesa de Tese de
Maria Augusta Amorim Bione**

Aprovada em 31 de Agosto de 2017

Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Orientador
Examinador Interno

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Examinador Interno

Prof. Dr. André Dias de Azevedo Neto
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Examinador Interno

Dra. Jucicléia Soares da Silva
CAPES-PNPD/ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Examinador Externo

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Examinador Externo

OFEREÇO

Às produtoras de frutos e geleia de pimenta 'Biquinho' de Bento Rodrigues (Mariana – Minas Gerais). Essas mulheres são inspiração de perseverança, que ao sofrerem com o trágico rompimento da Barragem da Valle Samarco, destruindo o fruto de 10 anos de trabalho, retomaram sua produção com força e esperança.

DEDICO

Aos meus Sopros de Vida: Tales Miler Soares, Liebe Amorim Bione Soares, Miguel Amorim de Lima, Letícia Amorim Bione Céó, Bianca Amorim de Lima, Lucas Amorim Bione Motta, Edgar Amorim Bione Motta e Leonardo Amorim de Carvalho.

“Sê-te novamente menino (a) para que alcance a sabedoria; mas somente a eliminação do ego permitirá tornar-te novamente criança”

Sabedoria Gnóstica

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB): pela concessão da bolsa de estudo no Doutorado, Pedido Nº 1748/2013, Termo de Outorga de Bolsa BOL0521/2013 e pela concessão de auxílio financeiro:

- Edital FAPESB/Semiárido 006/2007, Pedido 7520/2007 e Termo de Outorga 030/2007; projeto “Utilização de águas salobras no cultivo de hortaliças em sistema hidropônico como alternativa agrícola condizente ao Semiárido”.
- Edital Infraestrutura 10/2013, Pedido 1913/2013, Convênio CNV 0075/2013, projeto “Estruturação do laboratório de qualidade de água do programa de pós-graduação em engenharia agrícola da UFRB”.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro à infraestrutura hidropônica:

- Edital Universal 14/2011; Processo 484645/2011-0, projeto “Aproveitamento de águas salobras em sistemas hidropônicos como alternativa para o Semiárido”.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio mediante seu programa PROAP.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCTSAL), pelo apoio financeiro.

Por toda colaboração com informações sobre seus produtos que contribuíram para o presente trabalho: ao Técnico Agrícola Sr. Adriano de Lima Mendes, responsável pela Empresa Sempre Verde, sede em Recife-PE; Ao Sr. André Francisco da Fonseca Machado, Engenheiro Agrônomo responsável pelo setor de Compras *in natura* da Empresa Indústria Alimentícia Maratá, Lagarto-SE; Ao Sr. Elielson da Silva de Santana, Administrador da Empresa Baiana Indústria de Alimentos Ltda., Santo Antônio de Jesus-BA; Ao Sr. Vinícius Marinho Vilela, Engenheiro Agrônomo e Administrador da Empresa Fogo Mineiro, Carmo do Rio Claro-MG; ao Sr. Jhonatan Oliveira do atendimento comercial da Empresa Hemmer Alimentos, Blumenau-SC; à Sra. Keila Kagohara, Empresária e Proprietária da Empresa Comércio de pimenta Akira Ltda., São Paulo-SP; à Sra. Keila Vardeli Fialho dos Santos, presidente da Associação dos Hortigranjeiros de Bento Rodrigues-AHOBERO, Mariana-MG; à Sra. Alaide Mendonça Natalino Carvalho, Engenheira de Alimentos e Gerente da Empresa Chef Mineirim Indústria e Comércio, Uberlândia-MG; ao Sr. Luiz Ismael Alves Dias, proprietário da empresa Syagrus Indústria e Comércio Ltda., Uberlândia - MG; e ao Sr. Osmar Bonin Junior, Engenheiro Agrônomo da Empresa Hortices Sementes, Indaiatuba-SP.

Aos futuros Engenheiros Agrônomos Maria Raphaela Severo Rafael, Bruno Santos Louzado das Neves, Islan Passos Costa, Jeferson da Anunciação Santana, Ubirani Oliveira Santos e ao Engenheiro Agrônomo Francisco José Nunes Modesto, pelo suporte constante e determinante para realização e sucesso deste trabalho.

Aos Colaboradores “interinos”, que acudiram nos momentos necessários, Douglas Grizorte Souza, Edilson Bastos dos Santos (Boi), Geise Bruna da Mata Camilo, Givanildo Lopes da Silva, Helio Gondim Filho, Ismael dos Reis Alves, Irai Manuela Santana Santos, Laila de Andrade Queiroz, Laina de Andrade Queiroz, Lionela Pimentel Guimarães, Lucylia Suzart Alves, Mairton Gomes da Silva, Marcos Vinícius dos Santos da Anunciação Vieira, Neilon Duarte da Silva, Paula Carneiro Viana, Rogério Novaes de Souza, Willian Fernandes de Almeida, entre outros.

Aos Srs. Tibério Santos Martins da Silva-Embrapa e João Guilherme Araújo Lima-UFRB pelos dados climatológicos cedidos.

Ao Professor Ricardo Luís Cardoso, à Doutoranda em Ciências Agrárias Daniele de Vasconcellos Santos Batista e à técnica em Química Verônica Ribeiro Viana, pelos esclarecimentos e suporte para análise sensorial e físico-química das pimentas ‘Biquinho’.

A todos os voluntários da Análise Sensorial da pimenta ‘Biquinho’ *in natura*.

A todos os colegas da Pós-Graduação, em especial Adailton Conceição dos Santos, Alide Mitsue Watanabe Cova, Elves de Almeida Souza, Leandra Brito de Oliveira e Lenilson Wisner Ferreira Lima.

Ao meu Orientador Vital Pedro da Silva Paz pela orientação, confiança e amizade.

A todos os professores do PPGEA, em especial ao Professor Hans Haj Gheyi pelas orientações sempre necessárias e atenção sempre concedida.

A toda a família e amigos que são base sólida da minha sustentação.

A todos que não foram citados, mas que contribuíram, de alguma forma, para a minha Formação.

EPÍGRAFE



Canção da Flor de Pimenta

*A flor da pimenta é uma pequena estrela,
fina e branca,
a flor da pimenta.*

*Frutinhas de fogo vêm depois da festa das estrelas.
Frutinhas de fogo.*

*Uns coraçõezinhos roxos, áureos, rubros, muito ardentes.
Uns coraçõezinhos.*

*E as pequenas flores tão sem firmamento jazem longe.
As pequenas flores...*

*Mudaram-se em farpas, sementes de fogo tão pungentes!
Mudaram-se em farpas.*

*Novas se abrirão, leves, brancas, puras, deste fogo,
muitas estrelinhas...*

Cecília Meireles

CULTIVO HIDROPÔNICO DA PIMENTEIRA 'BIQUINHO' COM ÁGUAS SALOBRAS

RESUMO: Com o objetivo de gerar informações acerca do potencial da pimenteira 'Biquinho' como alternativa agrícola para regiões com oferta restrita de água doce e disponibilidade de água salobra, como o Semiárido, conduziu-se, experimentalmente, o cultivo hidropônico NFT dessa cultura por 120 dias após o transplântio (DAT). Utilizou-se solução nutritiva preparada em água de abastecimento local (condutividade elétrica da água – CEa 0,34 dS m⁻¹) e outras seis águas salobras produzidas artificialmente com a adição de NaCl, com CEa: 1,50; 2,50; 3,50; 4,50; 5,50 e 6,50 dS m⁻¹, compondo sete tratamentos repetidos seis vezes em blocos aleatorizados. Avaliou-se frutos e parte vegetativa da planta quanto a(o): presença de sintomas visuais, consumo hídrico e eficiência do uso da água, crescimento vegetativo, produção e qualidade de frutos, análise sensorial, tolerância à salinidade, precocidade e viabilidade técnica do cultivo. Dos 8 aos 14 DAT, as plantas sob salinidade exibiram, progressivamente, clorose e necrose foliar, que foi amenizada pela aclimação quando se alcançou a fase produtiva. Posteriormente, esses sintomas ficaram restritos às folhas mais velhas, surgindo também abscisão foliar e abortamento de flores. A salinidade proporcionou efeito benéfico nos frutos quanto ao aparecimento de rachaduras na cutícula, que só se manifestaram nos tratamentos controle (CEa 0,34 dS m⁻¹) e de menor salinidade CEa 1,50 dS m⁻¹. Houve recuperação do crescimento e produção com a aclimação das plantas à salinidade. Recomenda-se considerar consumo máximo de água pela cultura em torno de 5,9 L por planta por dia. A eficiência do uso da água foi de 11 kg m⁻³ até CEa 3,38 dS m⁻¹, havendo redução exponencial a partir daí em função da salinidade. O comprimento e largura dos frutos diminuíram com o aumento da salinidade, mas mantiveram a proporção entre essas medidas e espessura de parede. O tamanho dos frutos de pimenteira 'Biquinho' obtidos em condições salinas no sistema NFT foi aceitável até uma condutividade elétrica de 2,50 dS m⁻¹, com base na demanda da indústria e fornecedores do segmento de frutos íntegros em conserva. A salinidade reduziu a precocidade da produção da pimenteira 'Biquinho'. Utilizou-se um modelo platô de resposta para determinar a salinidade limiar da pimenteira 'Biquinho' que foi de 5,22 dS m⁻¹ na solução nutritiva, correspondente à produtividade relativa potencial. O rendimento da pimenteira 'Biquinho' cultivada em hidroponia NFT, sem restrição de salinidade, foi de 2,92 kg por planta, correspondente a 46,9 t ha⁻¹, considerando área estimada de 0,62 m² por planta. Foi tecnicamente viável produzir pimenta 'Biquinho' em hidroponia NFT, com tubos de PVC de diâmetro 0,075 m, mas recomenda-se testar tubos de maior diâmetro.

Palavras-chave: *Capsicum chinense* Jacq.; salinidade; cultivo sem solo; irrigação; ambiente protegido

'BIQUINHO' PEPPER PLANT HYDROPONIC CULTURE WITH BRACKISH WATERS

ABSTRACT: In order to generate information about the potential of 'Biquinho' pepper as an agricultural alternative for regions with restricted supply of fresh water and availability of brackish water, such as the semi-arid, a NFT hydroponic culture of this crop was experimentally conducted for 120 days after transplanting (DAT). A nutrient solution prepared in local water (electrical conductivity of water - CEa 0.34 dS m^{-1}) and other six brackish waters artificially produced with the addition of NaCl with CEa: 1.50; 2.50; 3.50; 4.50; 5.50 and 6.50 dS m^{-1} , composing seven treatments repeated six times in randomized blocks. Fruits and vegetative part of the plant were evaluated about: presence of visual symptoms, water consumption and use efficiency, vegetative growth, fruit yield and quality, sensorial analysis, salinity tolerance, precocity and technical viability of cultivation. From 8 to 14 DAT, the plants under salinity progressively showed chlorosis and foliar necrosis, which was attenuated by acclimatization when the productive phase was reached. Afterwards, these symptoms were restricted to older leaves appearing also foliar abscission and flower abortion. The salinity provided a beneficial effect on the fruits as to the appearance of cracks in the cuticle, which only manifested in the control treatments (CEa 0.34 dS m^{-1}) and of lower salinity ECa 1.50 dS m^{-1} . There was recovery of the growth and yield with the acclimatization of the plants to the salinity. It is recommended to consider maximum consumption of water by crop around 5.9 L per plant per day. The efficiency of water use was 11 kg m^{-3} to CEa 3.38 dS m^{-1} , with an exponential reduction as a function of the salinity. Fruit length and width decreased with increasing salinity, but maintained a proportion between these measurements and wall thickness. The size of the 'Biquinho' pepper fruits obtained in saline conditions in the NFT system would be acceptable until an electrical conductivity of 2.50 dS m^{-1} , based on the demand of the industry and suppliers of the preserved intact fruit segment. Salinity reduced the precocity of 'Biquinho' pepper production. Threshold salinity of the 'Biquinho' pepper plant was 5.22 dS m^{-1} in a nutrient solution, corresponding to the potential relative productivity, based on the plateau response model. The total yield of 'Biquinho' pepper plant cultivated in NFT hydroponics, without salinity restriction, was 2.92 kg per plant, corresponding to 46.9 t ha^{-1} , considering an area of 0.62 m^2 per plant. It was technically feasible to produce 'Biquinho' pepper plant in NFT hydroponics, with PVC pipes of 0.075 m diameter, but it is recommend testing larger diameter tubes.

Keywords: *Capsicum chinense* Jacq.; salinity; soilless; irrigation; greenhouse

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Fotos da Ilha de Ascensão, na Segunda Guerra Mundial, pelos soldados americanos, transformando a terra infértil em fazenda hidropônica produtora de tomates, pepinos, pimentas/pimentões e alfaces (Ascension, 2017). 15
- Figura 2. Vista geral da casa de vegetação na qual foi conduzido o experimento com pimenteira 'Biquinho' hidropônica submetida à salinidade da água. 24
- Figura 3. Registros da estação meteorológica automática da rede INMET no município de Cruz das Almas - BA para temperatura média diária - T (A), umidade relativa do ar média - UR em base diária (B) e evapotranspiração de referência média - ET_0 em base diária (C) e em base decenal (D), durante o período experimental, de 10/08 à 08/12/2016 (Fonte: INMET, 2017). 24
- Figura 4. Detalhamento de componentes do sistema hidropônico de cultivo (A) DFT (B) e NFT (C) utilizados no experimento com a pimenteira 'Biquinho'. 27
- Figura 5. Detalhe dos cortes nos copos para sustentação das mudas para o sistema DFT (A) e NFT (B) e tutoramento da pimenteira 'Biquinho' com fitilho (C). 27
- Figura 6. Layout do espaçamento entre plantas e determinação da área por planta. 28
- Figura 7. Condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) ao longo do tempo e em função dos níveis de condutividade elétrica da água (CEa), com setas indicativas do momento de renovação ou reposição de nutrientes da solução nutritiva. 31
- Figura 8. Medições do comprimento (A), da largura basal (B), do comprimento do 'bico' (C) e da espessura da parede (D) do fruto de pimenta 'Biquinho' aos 110 dias após o transplântio (DAT). 38
- Figura 9. Ficha de avaliação do perfil do provador (a) das amostras de pimenta 'Biquinho' *in natura*. 40
- Figura 10. Ficha de avaliação entregue aos provadores, com escala hedônica, dos atributos aparência, aroma, sabor e textura das amostras de frutos produzidos com águas salobras, codificados com números de três dígitos aleatórios. 41
- Figura 11. Ficha de avaliação entregue aos provadores, com escala de intensidade do atributo ardência das amostras de frutos produzidos com águas salobras, codificados com números de três dígitos aleatórios. 41
- Figura 12. Ficha de avaliação entregue aos provadores, com escala de intenção de consumo e se havia intenção de compra das amostras de frutos produzidos com águas salobras, codificados com números de três dígitos aleatórios. 41

Figura 13. Expressão gráfica do modelo de decréscimo exponencial com a variável resposta tendendo a um platô inferior - Y_i (A) e expressão gráfica do modelo com platô superior - Y_L seguido de uma queda exponencial, tendendo a um platô inferior - Y_i (B).	47
Figura 14. Sintomas de clorose na borda foliar e início de necrose no ápice de folha jovem em pimenteira 'Biquinho' aos 8 dias após o transplântio (DAT) sob condutividade elétrica da água de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$	48
Figura 15. Aspecto geral dos sintomas aos 14 dias após o transplântio em plantas de pimenteira 'Biquinho' submetidas a diferentes níveis de condutividade elétrica da água (CEa $1,5$ a $6,5 \text{ dS m}^{-1}$), em relação ao tratamento com água doce (CEa $0,34 \text{ dS m}^{-1}$).	51
Figura 16. Folhas com forte clorose nos bordos foliares (A) e com limbo enrugado e de forte verde escuro (B) em plantas de pimenteira 'Biquinho', aos 54 dias após o transplântio, submetidas à condutividade elétrica da água de $6,5 \text{ dS m}^{-1}$	52
Figura 17. Necrose antecedida por clorose no ápice de folha velha em planta de pimenteira 'Biquinho', aos 54 dias após o transplântio e submetida à condutividade elétrica da água de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$	52
Figura 18. Evapotranspiração de referência (ET_0) e temperatura do ar máxima (T_{max}) registradas (INMET, 2017) nos primeiros 24 dias após o transplântio (DAT), com destaque (seta indicativa) para o período em que se começou a observar a aclimação da pimenteira 'Biquinho' à salinidade.	53
Figura 19. Detalhe da presença de uma flor sintomática, prestes a ser abortada, ao lado de outra ainda assintomática, em planta de pimenteira 'Biquinho' submetida à condutividade elétrica da água de $5,5 \text{ dS m}^{-1}$ (A); detalhe para folhas e botões florais abortados no mesmo tratamento (B) (aos 54 dias após o transplântio).	55
Figura 20. Planta submetida à condutividade elétrica da água de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, sintomática aos 14 dias após o transplântio (DAT) (A) e apresentando superação dos sintomas de toxidez aos 50 DAT, com intensa floração e formação de frutos em estágio inicial.	55
Figura 21. Diversidade do tamanho dos frutos de pimenteira 'Biquinho' em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 110 dias após o transplântio.	58
Figura 22. Frutos de pimenteira 'Biquinho' produzidos com o tratamento controle (CEa $0,34 \text{ dS m}^{-1}$) e exibindo rachaduras superficiais transversais aos 65 dias após o transplântio - DAT (A), longitudinais aos 70 DAT (B) e transversais e longitudinais aos 117 DAT (C).	58

Figura 23. Média diária do consumo hídrico por planta (CH) de pimenteira 'Biquinho' estimada a partir de acúmulos decendiais e em função da condutividade elétrica da água, de 1 à 60 dias após o transplântio (DAT).	61
Figura 24. Média diária do consumo hídrico por planta (CH) da pimenteira 'Biquinho', estimada a partir de acúmulos decendiais, em função da condutividade elétrica da água, de 61 à 120 dias após o transplântio (DAT).	62
Figura 25. Consumo hídrico (CH) por planta de pimenteira 'Biquinho' em função da condutividade elétrica da água (CEa): acumulado a cada um dos 12 intervalos decendiais (A) e totalizado ao final do ciclo (1-120 dias após o transplântio - DAT) (B).	63
Figura 26. Eficiência do uso da água (EUA) da pimenteira 'Biquinho' em função da condutividade elétrica da água, com base na produção de frutos maduros (A) e de frutos totais (maduros e imaturos) (B).	68
Figura 27. Número de folhas aos 10 (A), 30 (B) e 60 (C) dias após o transplântio (DAT) e altura aos 10 (D), 30 (E) e 60 (F) DAT das plantas de pimenta 'Biquinho' em função da condutividade elétrica da água.	72
Figura 28. Diâmetro do caule da pimenteira 'Biquinho' aos 30 (A) e 60 (B) dias após o transplântio (DAT) em função da condutividade elétrica da água (CEa).	73
Figura 29. Coeficientes de correlação entre a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e número de folhas (A), altura (B) e diâmetro de caule (C) das plantas de pimenteira 'Biquinho' aos 60 dias após o transplântio.	73
Figura 30. Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) da pimenteira 'Biquinho' aos 30 (A), 60 (B), 90 (C) e 120 (D) dias após o transplântio (DAT) e em função da condutividade elétrica da água.	74
Figura 31. Emissão de novos ramos da pimenteira 'Biquinho' nos tratamentos de condutividade elétrica 0,34 dS m ⁻¹ (controle) (A) e 1,50 dS m ⁻¹ (B), registrada aos 117 dias após o transplântio (DAT).	75
Figura 32. Número de frutos acumulado (A) e massa de matéria fresca individual do fruto (Yf) (B) de pimenteira 'Biquinho', aos 120 dias após o transplântio (DAT), em função da condutividade elétrica da água.	78
Figura 33. Produção acumulada dos frutos maduros de pimenta 'Biquinho' ao longo de tempo e em função da condutividade elétrica da água (A) e relação entre as massas de matéria fresca médias dos frutos imaturos e frutos maduros (rV/M), colhidos aos 120 dias após o transplântio e em função da condutividade elétrica da água.	81
Figura 34. Produção de frutos (Yp) maduros acumulada de pimenteira 'Biquinho' aos 65 (A), 72 (B), 79 (C), 86 (D), 91 (E) e 96 (F) dias após o transplântio (DAT), em função da condutividade elétrica da água.	83

Figura 35. Produção de frutos (Y_p) maduros acumulada de pimenteira 'Biquinho' aos 101 (A), 106 (B), 111 (C) e 120 (D) dias após o transplântio (DAT), e produção total acumulada dos frutos maduros e imaturos aos 120 DAT (E), em função da condutividade elétrica da água (CEa).....	84
Figura 36. Comprimento (A), largura basal (B), comprimento do 'bico' (C), espessura da parede (D), relação largura basal pelo comprimento ($r_{LB/CF}$) (D), relação comprimento do 'bico' pelo comprimento ($r_{CB/CF}$) (E) e massa de matéria fresca individual (Y_f) (F) dos frutos maduros de pimenteira 'Biquinho' em função da condutividade elétrica da água, aos 110 dias após o transplântio (DAT).....	87
Figura 37. Dados de produção relativa (Y_r) da pimenteira 'Biquinho' em diferentes níveis de condutividade elétrica na solução nutritiva ponderada (CESol) ajustados aos modelos matemáticos de Maas & Hoffman (1977) (A), de platô seguido de queda exponencial (B) e de Steppuhn et al. (2005) (C).	97
Figura 38. Índice de precocidade (IP) de produção total (frutos maduros+imaturos) da pimenteira 'Biquinho' em função da condutividade elétrica da água (CEa), estabelecidos a partir de 10 colheitas parciais dos 65 aos 120 dias após o transplântio.	100
Figura 39. Detalhe do comprometimento da área útil disponível por planta de pimenteira 'Biquinho' hidropônica e da área de trânsito entre as bancadas de cultivo do sistema NFT, aos 110 dias após o transplântio (DAT). Os dois canais de cultivo centralizados na imagem pertencem aos tratamentos de condutividade elétrica da água (CEa) 2,50 e 6,50 $dS\ m^{-1}$	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Recomendações da concentração de nutrientes, em mg L ⁻¹ , para o cultivo de pimenteiras por Muckle (1993) (1) e Sonneveld & Straver (1994) (2)	13
Tabela 2. Concentração de nutrientes, em mg L ⁻¹ , para hortaliças folhosas (Furlani, 1998)	25
Tabela 3. Concentração de fertilizantes (q) para o preparo de 1 m ³ de solução nutritiva para o cultivo hidropônico de pimenteira 'Biquinho', com as respectivas concentrações esperadas de nutrientes (Sonneveld & Straver, 1994; modificada).....	29
Tabela 4. Disponibilidade média de solução nutritiva por planta de pimenteira 'Biquinho' ao longo do período experimental.....	30
Tabela 5. Condutividade elétrica ponderada no tempo (CEp) para a solução nutritiva produzida com cada nível testado de condutividade elétrica da água (CEa)	30
Tabela 6. Média do máximo consumo hídrico diário (CH máx) por planta de pimenteira 'Biquinho' registrado por decêndio e sua respectiva condutividade elétrica da água (CEa)	66
Tabela 7. Valores da relação entre o consumo hídrico da pimenteira 'Biquinho' e a evapotranspiração de referência (rCH/ET ₀) em função da condutividade elétrica da água (CEa) e ao longo dos dias após o transplântio (DAT).....	67
Tabela 8. Número de frutos (NFr), massa de matéria fresca individual por fruto (Yf) e produção de frutos (Yp) de pimenta 'Biquinho' em cada colheita e em função da condutividade elétrica da água (CEa).....	77
Tabela 9. Média da massa de matéria fresca individual do fruto (Yf) para o conjunto de dados das colheitas aos 86, 91 e 96 dias após o transplântio (DAT) (Conjunto I) e das colheitas aos 106, 111 e 120 DAT (Conjunto II)	79
Tabela 10. Rendimento relativo (Yr) parcial, em relação ao tratamento controle (CEa 0,34 dS m ⁻¹), da pimenteira 'Biquinho' em função da condutividade elétrica da água (CEa) e ao longo de dez colheitas parciais	80
Tabela 11. Registros das médias, dos desvios-padrão (dP) e dos coeficientes de variação (CV) para as variáveis comprimento (CF), largura basal (LB), comprimento do bico (CB) do fruto maduro e as relações da largura basal pelo comprimento (rLB/CF) e do comprimento do bico pelo comprimento (rCB/CF) do fruto, determinadas em amostras (todos os frutos de um vidro por marca) de seis diferentes marcas comerciais	92

Tabela 12. Escores médios da escala hedônica (1 à 9) para aparência, aroma, sabor e textura, escores médios da escala de intensidade (1 à 5) para ardência e escores médios da escala de atitude (1 à 5) para intenção de consumo, em função dos tratamentos de condutividade elétrica da água (CEa)..... 94

Tabela 13. Coeficientes de correlação e diferenças nas estimativas das produtividades relativas (ΔYR) da pimenteira 'Biquinho' estimadas com os modelos de Maas & Hoffman (M), platô com redução exponencial (P) e Steppunh e Colaboradores (S), para diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva ponderada (CESol_p)..... 98

Tabela 14. Teste de média entre os sistemas de cultivo DFT e NFT para as variáveis número de frutos (NFr), produção de frutos (Y_p) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 90 dias após o transplântio 105

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. HIPÓTESES E OBJETIVOS	6
3. REVISÃO DE LITERATURA	8
3.1 Pimenta ‘Biquinho’	8
3.2 Cultivares de pimenta ‘Biquinho’	10
3.3 Aspectos do manejo da pimenteira.....	12
3.4 Cultivo hidropônico	14
3.5 Águas salobras no cultivo de pimenteira e na hidroponia	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Caracterização do ambiente experimental	23
4.2 Cultura estudada.....	25
4.3 Tratamentos e parcela experimental	25
4.4 Condução da cultura	28
4.5 Avaliações.....	32
4.5.1 Análise visual de sintomas.....	32
4.5.2 Consumo hídrico e eficiência do uso da água	32
4.5.3 Crescimento vegetativo	34
4.5.4 Produção de frutos	34
4.5.5 Qualidade dos frutos	36
4.5.8 Análise sensorial.....	39
4.5.6 Tolerância da cultura à salinidade.....	42
4.5.7 Índice de Precocidade da produção de frutos.....	44
4.6 Viabilidade técnica.....	44
4.7 Análise estatística.....	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1 Análise visual de sintomas.....	48
5.2 Consumo hídrico e eficiência do uso da água	60
5.3 Crescimento vegetativo	70

5.4	Produção dos frutos.....	76
5.5	Qualidade dos frutos.....	86
5.6	Análise sensorial.....	93
5.7	Tolerância à salinidade.....	95
5.8	Índice de Precocidade da produção de frutos.....	99
5.9	Viabilidade técnica.....	101
6.	CONCLUSÕES.....	106
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108

1. INTRODUÇÃO

A agricultura moderna não deveria ser pautada apenas em sistemas de produção que permitam maiores produtividades. Deveria, também, contemplar a preservação dos recursos naturais, o uso racional destes e dos demais insumos de produção e a minimização de defensivos agrícolas, voltando-se, portanto, ao bem-estar dos consumidores, daqueles que operam diretamente na produção e das comunidades circunvizinhas.

A responsabilidade por uma agricultura mais sustentável e racional não deveria ser encarada como uma pressão adicional aos custos de produção. As medidas necessárias para essa agricultura, a despeito dos eventuais custos que geram, devem ser assimiladas como investimentos internos necessários à preservação da atividade. Portanto, respeitar os princípios da sustentabilidade deve ser compreendida como um critério econômico de produção agrícola.

Essa contextualização é importante e atual, pois cada vez mais se testemunha os impactos ambientais provocados pelo manejo incorreto na agricultura. Obviamente, tais impactos desvalorizam as áreas degradadas, reduzem as margens de lucro dos produtores que ali operam, além de fomentarem a expansão agrícola para novas áreas, resultando em desmatamentos e novas depredações, num ciclo notadamente vicioso.

Esse tipo de problema é muito característico na agricultura irrigada em todo o mundo. É muito bem documentado que a irrigação é a técnica agrícola com maior capacidade individual de alavancar as produtividades agrícolas, com papel de destaque na questão da crise alimentar mundial e na contenção do avanço das fronteiras agrícolas sobre áreas de preservação, mas, também, é a prática de maior impacto ambiental na agricultura. Tais impactos dizem respeito ao esgotamento dos recursos hídricos, à salinização dos solos, à contaminação do lençol freático e das águas superficiais, etc.

Em função do seu papel na crise alimentar mundial e também da sua grave contribuição à crise mundial da escassez hídrica, poder-se-ia concluir que a irrigação é um mal necessário à sociedade atual. Obviamente, essa conclusão seria um grande equívoco, cabendo à agricultura sustentável o estabelecimento de técnicas auxiliares, critérios e procedimentos adequados à evolução da irrigação e/ou dos sistemas de produção.

Em virtude da presença humana em diferentes regiões e condições edafoclimáticas no planeta, muitos desafios para a agricultura poderiam ser considerados apenas locais ou regionais. O emprego de águas salobras e salinas na agricultura é muito característico de regiões áridas e semiáridas. Por outro lado, atualmente, esses recursos, e também águas residuárias de diferentes procedências, em função da crise da escassez hídrica, estão sendo cada vez mais utilizados na agricultura, mesmo em regiões úmidas e onde apenas as águas de boa qualidade eram empregadas.

O problema do aproveitamento desse tipo de recurso hídrico de "qualidade inferior" é que os riscos ambientais da agricultura são sensivelmente elevados, sobretudo devido ao problema da salinização. Notadamente, a salinização do solo reduz a produtividade esperada dos cultivos e também desvaloriza as áreas acometidas.

Como alternativa tecnológica específica para a questão da baixa disponibilidade de água e/ou da baixa qualidade da água, tem-se apontado as técnicas de cultivo sem solo. Trabalhos como o de Schwarz (1995) apontam claramente para essa possibilidade, indicando, inclusive, alguns dados experimentais. Mas, se por um lado a hidroponia é muito utilizada como meio para estudos dos aspectos morfofisiológicos das culturas em condições salinas, muitas vezes tais pesquisas incorporam pouca atenção ao uso da técnica como meio de produção comercial em condição de salinidade.

Algumas pesquisas recentemente conduzidas no Brasil tem reinvestido esforços na avaliação dos efeitos da salinidade em condições hidropônicas, com ênfase nos aspectos da produção e do consumo hídrico. Esse é um franco direcionamento da pesquisa para a atualização das expectativas das produções comerciais com o uso de águas salobras, partindo-se da premissa que, ao se evoluir os sistemas de produção, tende-se a alterar positivamente as respostas das plantas à salinidade.

Assim, como qualidade da água é uma variável pertinente à sua atividade fim e, portanto, ao nível tecnológico embarcado, espera-se com a hidroponia fazer das águas salobras um insumo mais qualificado à produção agrícola racional.

Dentre os grupos de trabalho nessa temática é consenso que não se deve focar apenas as culturas tradicionalmente cultivadas em hidroponia no Brasil. Investigar hortaliças, frutíferas, plantas ornamentais, plantas medicinais, plantas condimentares

e produtoras de óleos essenciais é apontado como antecipação estratégica da pesquisa.

Em coerência com o enfoque principal da produção previsto por esse tipo de pesquisa, as culturas a serem investigadas devem ter potencial de mercado e alta lucratividade compatíveis com o investimento relativamente mais alto na hidroponia em comparação ao cultivo em solo.

Conforme exposição de Rufino & Penteado (2006), infere-se que a cultura da pimenta 'Biquinho' (*Capsicum chinense* Jacq.) agrega essas características de atratividade comercial e por esse motivo tem-se aumentado o interesse em sua exploração no cultivo sem solo.

São raros os trabalhos nacionais que se prestaram a mensurar o efeito da salinidade sobre o crescimento e produção da *C. chinense*. No âmbito internacional também existe certa carência, comparando-se com o que se tem disponível para outras culturas. Niu et al. (2010) e Bojórquez-Quintal et al. (2014) são exemplos desses raros trabalhos. É importante ressaltar que dentro da espécie *C. chinense* existem vários grupos varietais, incluindo a pimenta 'Biquinho', a 'pimenta de bode' e a 'Habanero', podendo-se hipotetizar que diferenças na tolerância à salinidade devem existir dentro desses subgrupos. Assim, deve-se assumir certa cautela ao se tentar extrapolar para pimenta 'Biquinho' os resultados de pesquisas obtidos no exterior para *C. chinense*. Bojórquez-Quintal et al. (2014), estudando o comportamento das variedades Rex e Chiken-Itza de pimenta 'Habanero', informam que a primeira é tolerante à salinidade, enquanto a segunda é sensível.

As pimentas *Capsicum* são uma importante cultura em muitos países como México (Urrea-López et al., 2014), Estados Unidos (Villa-Castorena et al., 2003; Niu et al., 2010) e Espanha (Penella et al., 2013), regiões nas quais seu cultivo sofre com o estresse salino. O Nordeste brasileiro apresenta esse característico cenário, de clima favorável ao cultivo da pimenta, mas de exposição à salinidade.

Foi dentro desse contexto que se propôs a presente pesquisa, cujo objetivo principal foi avaliar a viabilidade técnica da produção de pimenta 'Biquinho' em hidroponia NFT e determinar o seu nível de tolerância à salinidade neste sistema de produção.

2. HIPÓTESES E OBJETIVOS

Hipóteses

É tecnicamente viável produzir pimenta 'Biquinho' em hidroponia NFT em tubos de PVC de seção circular com diâmetro 0,075 m, os mesmos usados no Brasil de forma bem-sucedida para culturas hidropônicas tradicionais e de menor porte, como a alface. Demonstrar essa hipótese é importante para a estratégia do produtor de diversificação de culturas, mas sem demandar substituição da estrutura hidropônica disponível.

Ainda que não sejam indicadores suficientes, as razões iniciais para se esperar que a pimenteira 'Biquinho' hidropônica possa ser uma opção razoável para o aproveitamento de águas salobras foram: trata-se de uma espécie nativa, de ambiente tropical, para a qual a interação de altas temperaturas com a salinidade pode não ser tão restritiva como para outras culturas de clima temperado, como a alface; suas folhas pequenas e pouco tenras podem representar facilidade no controle da desidratação, característica importante para aclimação em condição salina; seus frutos pequenos podem representar menor susceptibilidade à deficiência de cálcio (podridão apical), distúrbio muitas vezes imposto sob condição salina em tecidos em franca expansão celular, e que tem forte impacto negativo na qualidade comercial.

No cultivo hidropônico NFT, o efeito osmótico de águas salobras imposto à pimenteira 'Biquinho' produzirá plantas de menor porte e eventualmente menor produção, mas a qualidade dos frutos será preservada, de modo a não interferir nas características morfofisiológicas (incluindo podridão apical) e sensoriais dos frutos, na eficiência do uso da água e na intenção de compra dos consumidores.

Objetivos específicos

Caracterizar a evolução de eventuais sintomas visuais decorrentes da salinidade por cloreto de sódio em plantas hidropônicas de pimenteira 'Biquinho';

Avaliar o consumo hídrico da pimenteira 'Biquinho' hidropônica em condições de salinidade, desde seu transplante até a fase safreira/reprodutiva de produção;

Determinar a eficiência do uso da água da pimenteira 'Biquinho' hidropônica com base na massa de matéria fresca dos frutos;

Avaliar o crescimento vegetativo da pimenteira 'Biquinho' submetida à salinidade em cultivo hidropônico NFT;

Avaliar a produção e rendimento potencial da pimenteira 'Biquinho';

Avaliar a qualidade biométrica dos frutos de pimenta 'Biquinho' produzidos sob salinidade e comparar com valores médios a serem levantados a partir da análise de frutos comercializados por diferentes empresas;

Realizar análise sensorial da pimenta 'Biquinho' para identificar se há influência da salinidade na percepção degustativa, olfativa e visual e sobre a intenção de consumo dos consumidores;

Determinar a salinidade limiar da pimenteira 'Biquinho' sob salinidade em hidroponia do tipo NFT;

Avaliar a precocidade da produção da pimenteira 'Biquinho' em função da salinidade;

Indicar se há viabilidade técnica do cultivo de pimenteira 'Biquinho' em hidroponia NFT e com águas salobras.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Pimenta 'Biquinho'

Apreciada em todo o mundo desde os tempos coloniais, as pimentas do gênero *Capsicum* estão presentes no cotidiano, sendo utilizadas na forma fresca (como planta ornamental, para temperar refeições, compor saladas, fazer conservas), seca (como condimento/tempero) e processada (no preparo de geleias, molhos e antepastos). Além disso, as pimentas são utilizadas para extração de substâncias químicas, como a capsaicina e diidrocapsaicina, para serem aplicadas nas indústrias bélica (spray de pimenta), de cosmético (shampoo, cremes para cabelo e pele), medicinal (ação analgésica, anticâncer) e de alimentos (conservante e dar sabor) (Stark, 2008).

O gênero *Capsicum* engloba mais de 32 espécies, sendo destas apenas cinco domesticadas e as demais silvestres. Segundo Moreira et al. (2006), as espécies mais cultivadas de pimenta no Brasil são *Capsicum annuum* (ex. Jalapeño), *C. baccatum* (ex. 'Dedo-de-moça', 'Cambuci'), *C. chinense* (ex. 'Biquinho', 'Habanero', 'Trinidad scorpion') e *C. frutescens* (ex. 'Malagueta', 'Tabasco'), não incluindo *C. pubescens* (ex. 'Locoto').

De forma geral, as pimenteiras apresentam crescimento indeterminado, mas podem ser conduzidas como um arbusto semiperene, com hábito de crescimento ereto ou compacto, e ciclo superior a 12 meses. A raiz é pivotante com muitas ramificações laterais, podendo alcançar profundidade de 0,70 à 1,20 m. Os frutos não têm comportamento climatérico, ou seja, tem produção reduzida de etileno após serem colhidos verdes e não amadurecem completamente. Os frutos apresentam vida curta na pós-colheita, são facilmente perecíveis por apresentarem alta suscetibilidade aos estresses bióticos e abióticos, como alteração da temperatura (deve ser mantida em torno de 10 °C), ambiente úmido, dano mecânico, perda de água, etc. (Pinto et al., 2006; Finger & Casali, 2006; Domenico et al., 2012; Embrapa, 2017c)

Há uma série de estudos sobre o gênero *Capsicum* buscando caracterizar e diferenciar morfológicamente suas espécies (Luz, 2007; Monteiro, 2008; Domenico et al., 2012; Ulhoa, 2013; Neitzke et al., 2014; Heinrich et al., 2015; García et al., 2016). Isso se deve à grande variabilidade genética existente dentro do gênero, e mesmo dentro das espécies. Além disso, esta hortaliça representa grande importância socioeconômica, fomentando a agricultura familiar no Brasil, que como definido por Ribeiro et al. (2016), tem estreita relação com a agroindústria, processando-se as

pimentas para se obter diferentes produtos como pó de páprica, pimenta em flocos, pasta e antepasto, geleia, conservas e etc.

Heinrich (2013) cita dentro da espécie *C. chinense* Jacq. seis grupos varietais conhecidos: 'Biquinho', 'Cumari-do-pará', 'Habanero', 'Murupi', 'Pimenta-de-cheiro', 'Pimenta-de-bode', dentro dos quais se tem diferentes variedades e cultivares. A CEAGESP (2015) complementa esta informação incluindo os grupos varietais 'Trinidad scorpion', 'Jolokia', 'Jamaica', 'Olho-de-peixe' e 'Fidalga'.

A pimenta 'Biquinho' apresenta a seguinte classificação taxonômica, de acordo com Moreira et al. (2006):

Reino: Plantae

Divisão: Spermatophyta

Filo: Angiospermae

Classe: Dicotiledônea

Ramo: Malvales-Tubiflorae

Ordem: Solanales (Personatae)

Família: Solanaceae

Gênero: *Capsicum*

Espécie: *chinense*

Grupo varietal: Biquinho

A pimenta Biquinho é considerada como uma pimenta doce, por não apresentar sabor pungente (ardido, picante). Assim como os demais grupos da espécie *C. chinense*, a Biquinho é, a princípio, uma pimenta brasileira (Reifschneider, 2002; Moreira et al., 2006; Monteiro, 2008; Heinrich et al., 2015). O fruto se destaca pelo formato atrativo, pequeno, triangular, com a ponta alongada e fina, caracterizando o nome 'Biquinho'; tem superfície lisa e brilhante, além de ser bastante aromática quando submetida a dano mecânico ou calor. É um vegetal com potencial para ser ainda mais explorado pela gastronomia, fazendo parte da decoração e apresentação de pratos, além de dar sabor.

O Brasil ainda não se destaca entre os maiores produtores e consumidores de pimenta no mundo. Os últimos dados disponíveis do IBGE (2006) relatam uma produção de quase 300 mil toneladas de pimenta e pimentão, em 2006, sendo 18,6 mil toneladas de pimenta, o que representa 6,3% dessa produção. As regiões Nordeste, Sudeste e Norte, conforme IBGE (2006), são as principais produtoras de pimenta. No entanto, as informações são divergentes, pois Rufino & Penteado (2006)

afirmam, neste mesmo período, que as regiões Sudeste e Centro-Oeste são os principais produtores de pimenta.

Outro sintoma dessa imprecisão diz respeito à ausência de dados da FAO (2016) sobre a produção nacional de pimenta até 2014. O Brasil não está na listagem de produtores dessas culturas, destacando-se como principais produtores China, México, Turquia, Indonésia e Espanha com 158,2 trilhões, 2,3 milhões, 2,1 milhões, 1,7 milhões e 1 milhão de toneladas, respectivamente, de pimentão e pimenta fresca.

Ribeiro et al. (2016) afirmam não haver registros da produção exata de pimenta no Brasil, mas estimam uma área cultivada de 5 mil ha e produção anual de 75 mil toneladas. Para esses autores, Índia e China se destacam como os maiores produtores de pimenta *Capsicum*, com área cultivada de mais de um milhão de hectares; os principais consumidores seriam os tailandeses e coreanos-do-sul, consumindo de 5 a 8 g de pimenta por pessoa por dia.

3.2 Cultivares de pimenta ‘Biquinho’

A pimenta ‘Biquinho’ é considerada um grupo varietal relativamente novo (Moreira et al., 2006), e foi difundida no mercado de pimentas brasileiro por volta de 2004 pela EMATER (Confraria da pimenta, 2017), verificando-se um mercado receptivo. No entanto, há poucos trabalhos de melhoramento genético desse grupo varietal, talvez devido à sua resistência à incidência de doenças ou porque ainda seja recente a sua comercialização.

As sementes de pimenta ‘Biquinho’, comumente utilizadas, não são patenteadas ou melhoradas e, uma vez cultivada, o produtor retira dos próprios frutos produzidos as sementes necessárias para renovar a plantação. Essas sementes são registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2017) e remetem ao número de registro 21.962, cuja consulta resulta como requerente a Agristar do Brasil Ltda., porém, a empresa Horticeres Sementes informa que comercializa essas mesmas sementes, bem como a empresa Feltrin Sementes.

Em consulta à empresa Horticeres Sementes por telefone, e na internet (Horticeres Sementes, 2017), obteve-se a informação que a produtividade esperada para a cultura da pimenta ‘Biquinho’ é de 20 t ha⁻¹, com espaçamento de 1 m x 0,4 m, com densidade de 25 mil plantas ha⁻¹. O diâmetro basal informado foi de 0,025 m por fruto. O registro da cultivar no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2017) não disponibilizou cadastro de descritores para essa cultivar, mas no

sítio da empresa Agristar do Brasil Ltda. (Agristar, 2017) foram obtidas as seguintes informações sobre a pimenteira 'Biquinho': planta de porte baixo, ereta e de coloração verde-escura; frutos de formato triangular arredondado formando um biquinho, medindo cerca de 0,035 x 0,025 m, com coloração verde-amarelada e vermelha brilhante quando maduros. Indica-se também que as plantas têm 0,80 a 1,0 m de altura, o transplântio ocorre a 25-30 dias após a sementeira e a colheita se dá de 100 a 120 dias após a sementeira.

Conforme informações da Embrapa (2017a), a empresa lançou em 2009 a pimenta 'Biquinho BRS Moema', que possui potencial tanto para o mercado de frutos frescos como para o processamento de conservas para aperitivos e geleias, uma vez que seus frutos são aromáticos, crocantes, saborosos e atendem àqueles consumidores que não consomem pimentas ardidas, além de poder ser utilizada como pimenta ornamental. Ainda segundo a Embrapa (2017a), o hábito de crescimento é intermediário (média de 60 cm de altura e 1 m de diâmetro), a coloração dos frutos é verde quando imaturos, alaranjada em fase de maturação e vermelha quando maduros; os frutos têm 0,015 m de largura por 0,026 cm de comprimento e 0,003 m de espessura de parede, seu formato é triangular pontiagudo. O início da colheita se dá em média a 90 dias após o transplântio das mudas, no Brasil Central; a produtividade é considerada alta, com média de 18,4 t ha⁻¹, com uniformidade de plantas e frutos; a cultivar é resistente ao nematóide das galhas (*Meloidogyne javanica*) e à espécie de potyvírus, Pepper Yellow Mosaic Virus (PepYMV), um dos principais patógenos que afetam a cultura no país. A Embrapa (2017b) atualiza os dados de produtividade indicando 20 t ha⁻¹, em seis meses de colheitas.

A empresa Isla Sementes, que comercializa a cultivar de pimenta 'Biquinho BRS Moema', ratifica as informações (Isla Sementes, 2017a). Outra cultivar comercializada pela mesma empresa com nome 'Airatema' (Isla Sementes, 2017b), tem frutos amarelos quando maduros, com comprimento de 0,015 m e largura de 0,010 m. Essas mesmas dimensões são indicadas para a 'Pimenta de Bico', de coloração vermelha, comercializada pela empresa Sementes Feltrin (Sementes Feltrin, 2017), também pertencente ao grupo varietal 'Biquinho'.

Outra cultivar de pimenta 'Biquinho' é a 'Iracema', também comercializada pela empresa Isla Sementes (Isla Sementes, 2017c), que caracterizam os frutos como saborosos, crocantes e sem picância, mas não descrevem as dimensões dos mesmos.

Assim, constatou-se quatro diferentes cultivares/tipos de pimenta ‘Biquinho’ comercializadas: 1. De domínio público, comercializada por diferentes empresas (Agristar, Feltrin sementes e Horticeres sementes); 2. BRS Moema, melhorada pela Embrapa e comercializada pela Isla sementes; 3. Iracema, da empresa Isla sementes; 4. Airetama, da empresa Isla sementes.

3.3 Aspectos do manejo da pimenteira

A pimenteira ‘Biquinho’, assim como as demais pimentas e pimentões do gênero *Capsicum*, é adaptada ao clima quente, sensível à baixas temperaturas e intolerante à geadas (Pinto et al., 2006). A temperatura tem efeitos sobre a germinação das sementes, florescimento, frutificação, produção e qualidade dos frutos (Pinto et al., 2006) e deve-se optar por cultivar essa cultura nos meses mais quentes do ano (Pinto et al., 2006; Horticeres Sementes, 2017; Embrapa, 2017a).

Os tratamentos culturais indicados para pimenteiras (*Capsicum* spp.) pela Embrapa (Embrapa, 2017c) incluem manejo da irrigação, controle de plantas invasoras, pragas e doenças, adubação de cobertura, aplicação de *mulching* plástico ou cobertura verde (para controle da evaporação, temperatura do solo, plantas invasoras, etc.) e, quando necessário, realizar desbastes de ramos laterais e tutoramento das plantas.

Segundo Embrapa (2017c), a necessidade hídrica da cultura no cultivo tradicional pode variar entre 500 e 800 mm, às vezes ultrapassando os 1000 mm para pimenteiras de ciclo mais longo, e se distribui em quatro estágios distintos de desenvolvimento: inicial, vegetativo, reprodutivo e de maturação. Para todas essas etapas do desenvolvimento da pimenteira, o excesso de água favorece doenças provenientes do solo. Marouelli & Silva, (2006) e Embrapa (2017c) descrevem cada estágio da seguinte maneira:

O estágio inicial ocorre de 5 à 10 dias após o transplante e o déficit de água nessa fase pode ser crucial para a qualidade das plantas e produtividade. O estágio vegetativo compreende o final do estabelecimento inicial das plantas ao florescimento intenso e se caracteriza pela tolerância aos estresses ambientais, pois não trazem prejuízos à produção. O estágio reprodutivo acontece do florescimento intenso ao início da maturação dos frutos, ou início da maturação mais volumosa de frutos, pois essa fase se caracteriza por frequentemente apresentar, simultaneamente, flores e frutos verdes e maduros, exigindo-se colheitas periódicas. A deficiência de água nessa fase pode trazer prejuízos como queda de flores e abortamento de frutos, além

de reduzir o tamanho de fruto e favorecer a ocorrência de podridão apical, pois limita a absorção de cálcio. A fase de maturação dos frutos vai do início da maturação à colheita final e o estresse causado pelo déficit hídrico neste momento pode contribuir para a qualidade dos frutos por aumentar os teores de sólidos solúveis e de matéria seca, coloração mais intensa, aumento de pungência, etc. Peet (1992) e Canadá (2017) relatam também que, nessa fase, o excesso de umidade relativa do ambiente favorece a ocorrência de rachaduras nas cutículas dos frutos.

As exigências nutricionais das pimenteiras ainda são balizadas pelos estudos em culturas similares, como o pimentão (Pinto et al., 2006; Oliveira et al., 2014), embora o fruto de pimenta já seja reconhecido pela sua importância socioeconômica no Brasil. Furlani et al. (1999a), num levantamento de dados sobre nutrição de hortaliças em hidroponia, citam dados de diferentes pesquisas para tratar das recomendações para pimenteira. Baseando-se nas relações do teor foliar de K pelos teores foliares de N; P; Ca e Mg (em g kg⁻¹, com base na massa de matéria seca) apresenta-se valores de 1 para 1; 0,13; 0,63 e 0,20, respectivamente. A concentração da solução nutritiva recomendada para pimenta já foi indicada por Muckle (1993) e Sonneveld & Straver (1994), citados por Furlani et al. (1999a) e pode ser observada na Tabela 1. Furlani et al. (1999a) ressaltam, no entanto, que se deve focar mais nas relações entre nutrientes do que na concentração dos mesmos, devido ao fato de, na hidroponia, manter-se um controle da variação dessa concentração, o que não ocorre no solo. Isso é importante para o balanceamento nutricional de acordo com a fase da cultura, como para o período de floração e frutificação, de pimenteira ou qualquer outra fruteira, Furlani et al. (1999a) recomendam reduzir a relação N/K e aumentar a relação P/K.

Tabela 1. Recomendações da concentração de nutrientes, em mg L⁻¹, para o cultivo de pimenteiras por Muckle (1993) (1) e Sonneveld & Straver (1994) (2)

N-NO3	N-NH4	P	K	Ca	Mg	S-SO4	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Autor
185	-	46	231	170	32	50	0,5	0,05	1,5	0,5	0,05	0,1	(1)
175	14	31	244	120	27	32	0,3	0,05	0,8	0,6	0,05	0,05	(2)

As podas severas podem prejudicar a produção de *C. chinense*, como observado por Jaimez et al. (2002). Esses autores registraram que podar pimenteiras *C. chinense* até o 15° internódio a partir do solo reduz a produção de 25,36 para 11,62 t ha⁻¹, mas podas até o 15° internódio não alteram a produção.

Ribeiro (2012) avaliaram o efeito de dois tipos de poda em quatro genótipos de pimenteiros ornamentais, dentre os quais a 'Biquinho'. Observaram que o ponto ideal de comercialização (plantas com cerca de 30% dos frutos completamente maduros) foi prejudicado pelas podas que mantiveram 2 ou 3 hastes, em relação às plantas não podadas. As podas aumentaram a fase vegetativa e por isso o ciclo fenológico. As podas também aumentaram a altura de plantas e diminuíram a compactação da copa, resultados esses considerados dois pontos negativos ao padrão de comercialização da pimenteira ornamental. O número de frutos não foi alterado pelas podas.

Para a pimenteira 'Biquinho' explorada visando a produção de frutos não há informações claras sobre a viabilidade ou recomendações de poda. Em consulta a uma empresa tradicional do ramo da hidroponia (de Pernambuco) foi informado que em sua rotina não se faz qualquer poda dessa pimenteira, cultivada em vasos com substrato.

3.4 Cultivo hidropônico

O emprego da técnica hidropônica se expande na pesquisa científica e na produção comercial de diversas culturas olerícolas, como alface, rúcula, coentro, couve, couve flor, brócolis, berinjela, tomate, pepino, pimentão, pimenta, manjericão, hortelã, etc. (Rodrigues, 2002; Santos, 2009b; Bione et al., 2014).

A hidroponia, etimologicamente, significa trabalho na água (do grego, *hydro* = água e *ponos* = trabalho) e se trata de uma técnica de cultivo de plantas na ausência de solo. Como todas as grandes descobertas foi construída com a contribuição de diferentes pesquisadores, ao longo do tempo e em paralelo ao conhecimento da nutrição mineral de plantas. A partir do século XVII há registros de tentativas de estudos científicos sobre nutrição das plantas, mas foi em meados de 1860 que se utilizou solução nutritiva para cultivar plantas. Nessa época, já se sabia da essencialidade dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, e posteriormente, com o conhecimento da essencialidade dos micronutrientes B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn pesquisadores formularam diferentes soluções nutritivas para o cultivo de plantas (Rodrigues, 2002; Martinez & Silva Filho, 2006).

Apenas em 1940, William F. Gericke descreveu pela primeira vez, um sistema nomeado de hidroponia, baseado no que já havia sido desenvolvido até então em laboratório, visando a produção comercial (Rodrigues, 2002; Martinez & Silva Filho, 2006; Santos, 2009b). Mas, foi durante a Segunda Guerra Mundial que houve

expansão da produção de alimentos hidropônicos pelo exército americano para alimentar as tropas, estabelecido em ilhas rochosas, sem condições de plantio convencional.

Então, iniciou-se o cultivo hidropônico na Ilha de Ascensão no Atlântico Sul (Ilha Britânica) (Figura 1) e posteriormente em Iwo Jima e em Chofu, Japão (nesta última fixou-se a maior fazenda hidropônica, com pelo menos nove hectares de área) que produziram toneladas de alimentos. Apesar do sucesso em todas as instalações hidropônicas, com o fim da guerra houve um desinteresse pela técnica, devido ao alto custo relacionado aos canteiros de concreto (Rodrigues, 2002; Diamandis & Kotler, 2012, Ascencion, 2017).

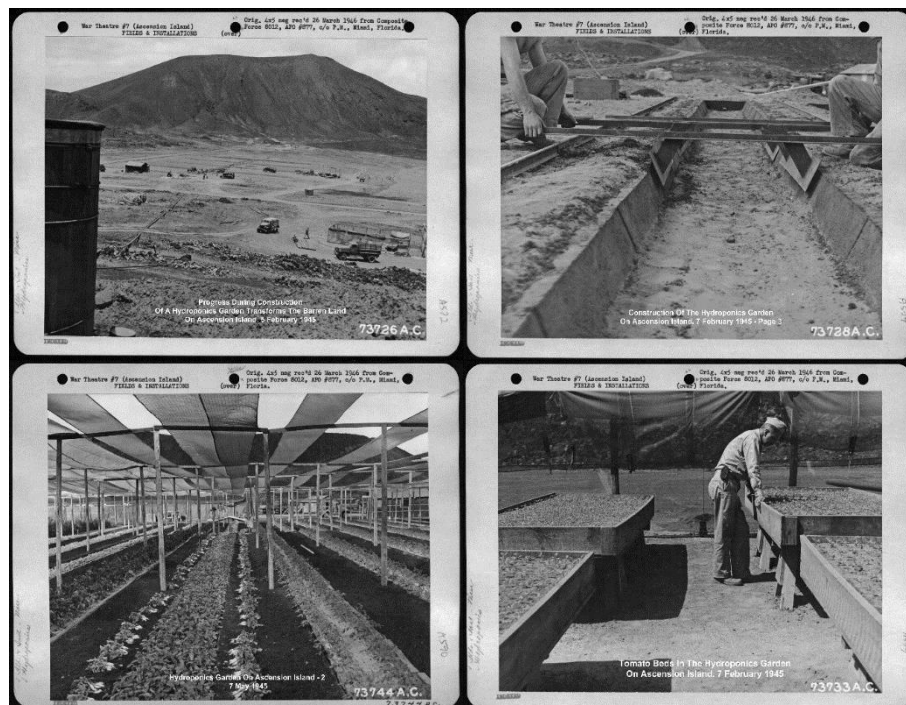


Figura 1. Fotos da Ilha de Ascensão, na Segunda Guerra Mundial, pelos soldados americanos, transformando a terra infértil em fazenda hidropônica produtora de tomates, pepinos, pimentas/pimentões e alfaces (Ascencion, 2017).

Em meados de 1960, com a aplicação do plástico na agricultura e desenvolvimento de novas técnicas hidropônicas, como a NFT (nutriente film technique) lançada pelo inglês Allen Cooper, houve novamente interesse crescente pela hidroponia. Atualmente a hidroponia comercial está distribuída em muitos países como Japão, Estados Unidos, China, Holanda, Espanha, Israel, entre outros, e ainda timidamente no Brasil. Os que resolvem empreender nesta técnica ainda estão

sujeitos aos sucessos e insucessos associadas às suas vantagens e desvantagens (Rodrigues, 2002).

As vantagens do cultivo hidropônico vão desde melhor ergonomia para o trabalhador, por possibilitar a construção de bancadas de cultivo elevadas, à segurança fitossanitária de produtos que não têm contato com o solo. Os trabalhos de Rodrigues (2002), Martinez & Silva Filho (2006), Soares (2007) e Santos (2009b) falam sobre esses aspectos no cultivo sem solo. Entre as vantagens estão: eliminação da necessidade de rotação de cultura; maior controle da disponibilidade de nutrientes à planta; maior qualidade, quantidade e precocidade da produção em sistema hidropônico em relação ao convencional no solo; uso de menor área e adaptação a diferentes ambientes para implantação do cultivo, pois independe da qualidade do solo disponível; redução do desperdício de fertilizante, por causa dos sistemas fechados, como o NFT, que recircula a solução nutritiva; maior eficiência do uso da água, pela recirculação da solução nutritiva e redução, quase nula, da evaporação; eliminação de alguns tratamentos culturais, como manejo do solo e controle constante com plantas invasoras; redução ou mesmo eliminação de uso de defensivos agrícolas tóxicos, devido à ausência do solo (fonte de nematoides, insetos, etc.) e também pelo uso de ambiente protegido, que facilita o controle de pragas e doenças, de forma menos tóxica; entre outras. Entre as desvantagens: conhecimento semiespecializado para condução e manejo do cultivo e tomada de decisão diante de eventualidades, como o surgimento de doenças específicas, que se propagam e causam prejuízos mais rápida e intensamente em relação ao solo; falhas nos sistemas elétricos e hidráulicos; dependência de eletricidade; investimento inicial alto e custo com manutenção, com calhas de cultivo, tubulação, eletrobomba, ambiente protegido e etc.; entre outras.

A hidroponia foi introduzida comercialmente no Brasil por dois japoneses, Shigueru Ueda e Takanori Sekine, que trouxeram, em 1987 a técnica NFT (nutrient film technique), modificada, para o cultivo de alface, iniciando em São Paulo (Furlani, 1999). Entre os sistemas de cultivos empregados no país, destacam-se: o NFT, que significa a técnica do fluxo laminar de nutriente; o DFT (deep film technique) ou Floating, que significa a técnica do fluxo profundo ou flutuante, podem ser utilizados calhas de cultivo ou piscinões planos, que possibilitem a permanência de uma lâmina de solução nutritiva constante, que deve ser recirculada a cada duas horas; em substrato ou semi-hidropônico, que utilizam substratos inertes, como fibra de coco,

cascalho, lã mineral, perlita, entre outros, que compõe a zona radicular (Rodrigues, 2002; Martinez & Silva Filho, 2006).

Comercialmente, o sistema NFT é o mais utilizado no Brasil e caracteriza-se pelo uso de calhas/canais de cultivo, feitos de material inerte, como polipropileno e PVC, com declividade de 2 à 4%, com a parte mais baixa voltada ao reservatório de solução nutritiva. Uma eletrobomba deve ser utilizada para bombear a solução nutritiva do reservatório à cabeceira da calha de cultivo, com uma vazão de 2 a 4 L por minuto, dependendo do porte da cultura. O NFT funciona num sistema fechado, com reaproveitamento da solução nutritiva (Martinez & Silva Filho, 2006; Furlani et al., 1999b).

Para culturas frutíferas, com porte mais alto que as hortaliças folhosas, como pimentão, tomate e pepino, pode-se optar pelo uso da hidroponia em substrato, pois facilita a ancoragem das plantas, embora não dispense o tutoramento convencional (Furlani et al., 1999b). Na literatura, os trabalhos conduzidos com diferentes espécies de *Capsicum* em hidroponia, utilizam em sua maioria o cultivo em substrato (Madrid et al., 1999; Voogt & Sonneveld, 2001; Monforte-González et al., 2010; Ta et al., 2011), embora não haja contraindicações quanto a viabilidade técnica e econômica para o cultivo dessas culturas em sistema NFT (Furlani et al., 1999b; Rodrigues, 2002).

A solução nutritiva, além de contemplar todos os elementos minerais essenciais às plantas, deve ter sua proporção adequada para cada cultura. Com o avanço da ciência no conhecimento desses nutrientes, surgiram diferentes formulações como de Hoagland & Arnon (1959) e Sarruge, (1975). Posteriormente, vieram estudos mais aprimorados, para especificar a solução nutritiva para grupo de culturas ou determinada cultura, como de Furlani (1998) para hortaliças folhosas, e Sonneveld & Straver (1994), para pimentas (Tabela 1).

3.5 Águas salobras no cultivo de pimenteira e na hidroponia

Segundo informações de Amaro (2016), a pimenta 'Biquinho' de cultivar BRS Moema desenvolvida pela Embrapa hortaliças, nas condições do Centro-Oeste do Brasil, produz em média 2 kg de frutos por planta cultivada em espaçamento 1,2 x 0,8 m. Esse mesmo autor informa que a ausência de pungência nos frutos ainda não é uma característica estabilizada em algumas populações do grupo "Biquinho" atualmente cultivadas no Brasil. Afirma também que essa cultura é exigente ao calor e sensível à baixas temperaturas, o que caracteriza uma cultura de interesse para o verão do Semiárido.

As plantas do gênero *Capsicum* são comumente produzidas em regiões áridas e semiáridas (Niu et al, 2010; IBGE, 2016; Embrapa, 2017b) por apresentarem melhor desempenho em climas quentes. No entanto, nessas regiões comumente se encontram águas com alto teor de sais e solos salinizados.

As pimentas picantes são uma importante cultura em muitos Estados do Sudoeste dos Estados Unidos (Villa-Castorena et al., 2003; Niu et al., 2010), do México (Urrea-López et al., 2014) e também de países do Mediterrâneo (Penella et al., 2013), regiões nas quais seu cultivo sofre com o estresse abiótico da salinidade. Na Região Nordeste do Brasil se encontra esse mesmo cenário, de clima favorável ao cultivo da pimenta, mas de suscetibilidade à salinidade.

Conforme classificação proposta por Maas & Hoffman (1977), baseada nos dados produzidos por Bernstein (1954) e Osawa (1965), as pimentas da espécie *Capsicum annuum* são classificadas como moderadamente sensíveis ao estresse salino, com salinidade limiar, no extrato de saturação do solo, estimada em 1,5 dS m⁻¹, com redução relativa de 14% por aumento unitário da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo. Nessa classificação não há menção para as pimentas de *C. chinense*.

Apesar de já existirem trabalhos envolvendo a resposta da *C. chinense* em condições salinas, pode-se afirmar que esse tem sido um tema pouco explorado. Por exemplo, ao se pesquisar os termos "*Capsicum chinense* salinity", obteve-se em 22/11/2016 apenas 10 resultados no Portal Periódicos Capes; ao se pesquisar os termos "*Capsicum annuum* salinity", o mesmo portal retornou 251 resultados. Realizando-se, na mesma data, a mesma pesquisa no Portal Web of Science (Thomson Reuters), os resultados foram 7 publicações para o primeiro termo e 203 para o segundo. Outro aspecto interessante é que dentre esses artigos, o mais antigo

foi publicado em 2006 e os demais a partir de 2010, o que sinaliza o recente interesse no tema da salinidade voltado à essa espécie.

A tolerância à salinidade varia entre os gêneros e as espécies de plantas. Também é consenso que varia em função das cultivares dentro de uma mesma espécie (Maas & Hoffman, 1977; Shannon & Grieve, 1999). Essa ressalva é particularmente importante quando se trata da pimenta 'Biquinho', pois, como informado anteriormente, pimenta Biquinho é um grupo varietal dentro da espécie *C. chinense*.

No estudo realizado por Niu et al. (2010), que avaliaram seis genótipos de *C. annuum* e dois de *C. chinense* ('Habanero' e 'Pimienta De Chiera'), a *C. chinense* 'Habanero' teve a menor taxa de sobrevivência (28%) quando produzida com água de condutividade elétrica de 4,1 dS m⁻¹, além de maior redução relativa da massa de matéria seca da parte aérea (92%) e da massa de matéria fresca dos frutos (86%), quando comparada com plantas cultivadas em condições não salinas. Esses autores observaram ainda que a 'Habanero' apresentou as menores concentrações foliares de cloreto, mas as maiores de sódio, o que indica que a variedade é menos tolerante ao íon sódio. Uma ressalva a ser feita no trabalho de Niu et al. (2010) é que a cultivar "Pimienta de Chiera" pode ter sido conduzida em condições sub-ótimas, isto porque, mesmo em condições não salinas, essa cultivar apresentou percentual de sobrevivência menor que 100%. Nesse sentido, pelo menos para essa cultivar pode ter havido alguma interação negativa que prejudicou o seu desempenho, comparativamente com os demais genótipos testados. É interessante observar que esse trabalho foi conduzido em condições de solo, sendo os tratamentos estabelecidos 21 dias após o transplante, ficando as plantas submetidas aos mesmos por 73 dias. Os níveis de salinidade testados pelos autores (0,8; 2,5 e 4,1 dS m⁻¹) dizem respeito à condutividade elétrica da solução salinizante (mistura de NaCl, MgSO₄ e CaCl₂). Como o experimento foi conduzido em leiras e em condição de campo aberto, as aplicações diárias dessas águas e as precipitações pluviais no período promoveram aumento e diminuição da condutividade elétrica do solo. Obviamente, as plantas responderam à essa variação da salinidade do solo, o que é importante ressaltar antes de se fazer comparações diretas.

Por outro lado, Bojórquez-Quintal et al. (2014), ao trabalharem com duas cultivares de pimenta 'Habanero' ('Rex' e 'Chichen-Itza'), identificaram uma resposta

fisiológica mais tolerante da 'Rex', que apresentou menor concentração de Na na parte aérea da planta em relação à raiz.

Estudando o aminoácido prolina como indicador do acúmulo de solutos em condições salinas, Bojórquez-Quintal et al. (2014) observaram, após 7 dias de estresse salino, que a variedade 'Chichen-Itza' não fez tal ajuste osmótico, enquanto a variedade 'Rex' o fez, aumentando o teor de prolina na folha 6 vezes mais que aquele encontrado em plantas cultivadas em condições controle. Esse ajuste foi ainda mais intenso nas raízes, com teor de prolina 16 vezes maior do que o encontrado no controle. Também foi observado que mudas de 'Chichen-Itza' mostraram uma redução significativa na concentração de K ao estresse salino, enquanto a variedade 'Rex' não sofreu o mesmo prejuízo. Os autores também reportam que em níveis baixo e moderados de NaCl a variedade 'Rex' exibiu teores de sódio mais alto nas raízes e muito mais baixo nas folhas, o que seria uma vantagem comparativa à variedade 'Chichen-Itza'. Como esses autores não observaram diferenças significativas no acúmulo foliar de sódio entre as variedades, eles atribuíram que a senescência e a severidade dos sintomas registrados na parte aérea devem ser devido ao efeito osmótico dos sais mais do que a toxidez do sódio nas folhas. Este efeito osmótico pode ser evitado pelo acúmulo de prolina na variedade 'Rex'.

Em outra pesquisa com esse mesmo grupo varietal Habanero, Urrea-López et al. (2014), trabalharam com a cultivar 'Habanero Orange' (empresa Seminis) e concluíram que as soluções nutritivas com até 7 dS m⁻¹ de salinidade, apesar de alterarem as taxas fotossintéticas, não comprometeram a produtividade e a qualidade dos frutos.

Ainda que dentro do gênero *Capsicum* exista ampla diversidade na resposta à salinidade (Aktas et al., 2006; Niu et al., 2010; Penella et al., 2013; Bojórquez-Quintal et al., 2014), deve-se ponderar também que parte dos resultados da cultura encontrados em condição de salinidade pode estar relacionada às metodologias adotadas nessas pesquisas. Nesse sentido seria muito complicado para o agricultor extrapolar tais resultados da pesquisa para sua realidade. Essas discrepâncias metodológicas também dificultam o estabelecimento de classificações de genótipos quanto à salinidade.

Penella et al. (2013) avaliaram 18 genótipos de pimenta, dos quais três eram de *C. chinense*, buscando identificar potenciais porta-enxertos tolerantes à salinidade para cultivo de pimentão. O genótipo *C. chinense* 'ECU-973' foi identificado como

tolerante, após cinco meses de cultivo, com base na taxa líquida de fotossíntese que não foi afetada pela salinidade de 40 mM de NaCl (adicionada à uma solução nutritiva de 1 dS m⁻¹). Por outro lado, ao se testar esse genótipo como porta-enxerto de duas cultivares sensíveis à salinidade, o mesmo, apesar de aumentar a massa fresca por fruto e diminuir a produção de frutos não comerciais, não foi capaz de promover benefícios relevantes para a produtividade comercial.

Naquele mesmo trabalho, outros dois portas-enxertos, incluindo um genótipo de *C. baccatum* L., exerceram efeito significativo sobre a produtividade comercial para ambas as cultivares enxertadas. Esses resultados confirmaram a viabilidade técnica da enxertia visando o cultivo de pimenta/pimentão em condições salinas.

Mais recentemente, Penella et al. (2015) conduziram um novo experimento, demonstrando, após dois anos de cultivo em condições salinas, que o porta-enxerto *C. chinense* 'ECU-973' proporcionou produção por planta significativamente superior àquela obtida com plantas não enxertadas. Nesse último trabalho, Penella et al. (2015) apontam que esse genótipo de *C. chinense* proporcionou melhor aclimação aos sais, não apenas com base na produtividade, mas também nos menores efeitos negativos dos sais sobre a fotossíntese, a atividade do nitrato redutase e da peroxidação de lipídeos. Essas vantagens desse porta-enxerto foram atribuídas à sua habilidade de restringir o transporte de cloreto para as folhas e de diminuir o aporte de sódio nas raízes e nas folhas, favorecendo a absorção de potássio, cálcio e magnésio.

Bojórquez-Quintal et al. (2014) conduziram um trabalho com duas variedades de *C. chinense* 'Habanero' visando contribuir para o entendimento dos mecanismos da tolerância dessa espécie à salinidade. Foram dois tipos de experimentos: experimentos hidropônicos em que as mudas foram irrigadas por 7 dias com concentrações de 0, 50, 100 e 150 mM de NaCl, adicionados à solução nutritiva, em condições controladas de fotoperíodo e temperatura; e experimentos *in vitro* em placas de Petri para análises eletrofisiológicas e de localização subcelular de sódio. As plantas do experimento em hidroponia tinham 45 dias de idade, enquanto as do experimento *in vitro* tinham 10 dias. Os autores observaram, após apenas 7 dias no cultivo hidropônico, que 150 mM de NaCl tiveram forte impacto no desenvolvimento de ambas as variedades, registrando que a desidratação, a abscisão foliar e o escurecimento das raízes foram observados, especialmente na variedade 'Chichen-Itza'. Esta variedade apresentou uma redução relativa na massa de matéria fresca de

75%, em relação às plantas cultivadas em condições não salina; a cultivar Rex apresentou redução de 50%.

Nos últimos anos, os cultivos hidropônicos têm sido alvos de pesquisa para avaliar viabilidade de aproveitamento de águas salobras (Soares et al., 2007; Paulus, 2008; Santos, 2009a; Soares et al., 2010; Santos et al., 2011; Maciel et al., 2012; Paulus et al., 2012; Rebouças et al., 2013; Bione et al., 2014; Lira et al., 2015; Santos Júnior et al., 2016; Silva et al., 2016; Cova et al., 2017). Essas pesquisas são propostas com o intuito de gerar tecnologia para uso racional das águas subterrâneas salobras do Semiárido e do rejeito da dessalinização por osmose reversa, sendo que, nesse último caso, o impacto tecnológico seria duplo, por mitigar aquela que é uma das maiores restrições a essa tecnologia: a destinação apropriada do seu rejeito (Soares et al., 2006).

A hipótese básica dos estudos é que na hidroponia a resposta das plantas em condições salinas é melhor que no cultivo convencional baseado no solo, visto que, na hidroponia, pode não existir o potencial mátrico, que no solo é uma das causas da diminuição da energia livre da água (Soares et al., 2007). Enquanto a tensão da água no solo aumenta entre um evento de irrigação e outro, na hidroponia (sem substrato) a tensão tende à nulidade, pois o meio é saturado com água (forças de adesão e retenção não se estabelecem) e neste cultivo os eventos de irrigação são repetíveis em alta frequência. Na hidroponia do tipo NFT (nutrient film technique), por exemplo, é usual que a irrigação se processe de 15 em 15 minutos (Zanella et al., 2008) e no tipo DFT (deep film technique) a cada 2 a 8 horas (Silva, 2014).

Também se tem apontado a hidroponia como um sistema de maior segurança ambiental (Soares, 2007), mais condizente ao uso de águas salobras, pois sua própria estrutura funciona como sistema de drenagem. Assim, os sais acumulados ao final do processo produtivo podem ser facilmente dirigidos para fora do sistema.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do ambiente experimental

O ambiente experimental (Figura 2) foi uma casa de vegetação do tipo arco simples (instalada no sentido Leste/Oeste) com 4 m de pé direito, 7 m de largura e 33 m de comprimento, localizado no Núcleo de Engenharia de Água e Solo/NEAS, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, Cruz das Almas, Bahia (12° 40' 19" de latitude Sul, 39° 06' 23" de longitude Oeste e altitude média de 220 m).

O ambiente protegido foi caracterizado por possuir muretas de alvenaria (altura 0,3 m) em todo perímetro, filme plástico transparente (espessura 150 micra) na cobertura e tela de sombreamento (50%) nas laterais e como subcobertura interna, à altura do pé-direito. Essa tela de sombreamento como subcobertura interna era móvel, permitindo manejar a abertura e fechamento. O piso do ambiente foi protegido por brita para melhorar as condições fitossanitárias.

O experimento foi iniciado em 10/08/2016, aos 43 dias após a semeadura (DAS), e foi concluído em 08/12/2016, aos 163 DAS, com 120 dias após o transplântio (DAT). Portanto, o período experimental constou de 43 dias do inverno e 77 dias da primavera de 2016. Segundo Almeida (1999), o clima da região é considerado tropical quente úmido, tipo Aw a Am, conforme classificação de Köppen.

Durante o experimento, conforme dados disponibilizados pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, que dispõe de estação meteorológica da rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017) (Figura 3), os valores mínimo, máximo e médio foram, respectivamente: 17,20; 35,70 e 23,88 °C, para a temperatura do ar (Figura 3A); 66,46; 93,29 e 78,79% para umidade relativa do ar (Figura 3B); e 1,31, 5,97 e 4,05 mm dia⁻¹, para evapotranspiração de referência (Figura 3C).

Durante os cinco meses do período experimental a tendência das séries históricas do município é de aumento da demanda atmosférica, conforme dados de Silva et al. (1998) e da análise dos dados do INMET (2017) (Figura 3D).



Figura 2. Vista geral da casa de vegetação na qual foi conduzido o experimento com pimenteira 'Biquinho' hidropônica submetida à salinidade da água.

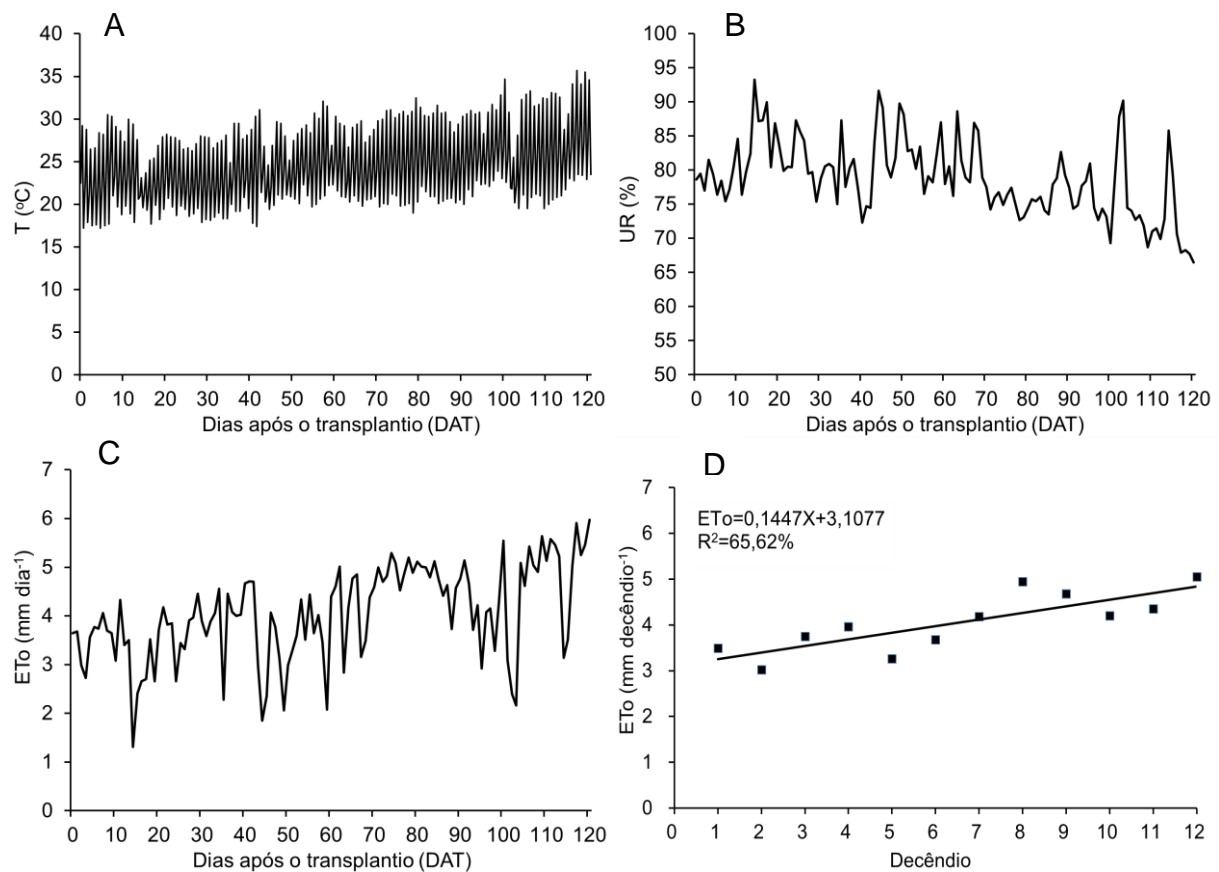


Figura 3. Registros da estação meteorológica automática da rede INMET no município de Cruz das Almas - BA para temperatura média diária - T (A), umidade relativa do ar média - UR em base diária (B) e evapotranspiração de referência média - ET₀ em base diária (C) e em base decenal (D), durante o período experimental, de 10/08 à 08/12/2016 (Fonte: INMET, 2017).

4.2 Cultura estudada

A cultura estudada foi a pimenteira *Capsicum chinense* Jacq. do grupo varietal 'Biquinho', com frutos de coloração vermelha e formato triangular. Em 28/06/2016, sementes, procedentes da empresa Horticeres Sementes, foram semeadas em células cúbicas de espuma fenólica (0,02x0,02x0,02 m), previamente lavadas em água corrente; essas sementes foram cobertas com uma camada de vermiculita 'tipo fina'. A emergência iniciou aos 10 dias após a semeadura (DAS). Com 20 DAS as plântulas foram transferidas para berçário tipo NFT, feito com telha plástica ondulada. Durante a fase de berçário, as mudas foram supridas com solução nutritiva (SN) diluída a 50%, preparada conforme recomendação de Furlani (1998), para hortaliças folhosas (Tabela 2). O transplante das mudas para as unidades experimentais se deu ao final da tarde do dia 10/08/2016, aos 43 DAS, quando apresentavam em torno de 0,12 m de altura, oito a nove folhas definitivas e diâmetro médio de caule de 0,0025 m.

Tabela 2. Concentração de nutrientes, em mg L⁻¹, para hortaliças folhosas (Furlani, 1998)

N-NO ₃	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	S-SO ₄	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
173,75	24	39	182,5	142,5	40	52	0,31	0,02	2,08	0,39	0,06	0,07

Segundo a empresa Horticeres Sementes (2017), a pimenteira 'Biquinho' tem as seguintes características e pode ser cultivada segundo as recomendações técnicas: planta muito uniforme, compacta, com altura média de 0,60 m e alto 'pegamento' de frutos; frutos de coloração vermelho brilhante, com formato triangular pontiagudo, saborosos e crocantes, pungência ausente; alta produtividade; melhor adaptação em temperaturas quentes e amenas; ciclo de 80 a 120 dias; espaçamento entre fileiras 1,00 a 1,20 m e entre plantas de 0,40 a 0,60 m.

4.3 Tratamentos e parcela experimental

As plantas de pimenteira 'Biquinho' foram submetidas a sete níveis de condutividade elétrica da água (CEa) para preparo da solução nutritiva (SN). Essa salinização artificial da água foi obtida pela adição de NaCl à água de abastecimento local, cuja CEa foi de 0,34 dS m⁻¹. Os níveis avaliados de CEa foram: 0,34; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; e 6,5 dS m⁻¹. A água com CEa de 0,34 dS m⁻¹ foi considerada o tratamento controle, sendo classificada como água doce, conforme CONAMA (2005).

As demais águas foram classificadas como salobras (limites de 500 a 30.000 mg L⁻¹ de sólidos dissolvidos totais).

Esses sete tratamentos (níveis de CEa) foram aleatorizados em seis blocos, distribuídos longitudinalmente na casa de vegetação e ocupando 42 parcelas experimentais.

Dentro de cada parcela, para fins de otimização da pesquisa, em termos de estudo da viabilidade técnica do estabelecimento da cultura em hidroponia, tinha-se dois sistemas hidropônicos interconectados: sistema DFT em vaso e sistema NFT em calhas de PVC (Figura 4). Nesse sentido, a solução nutritiva era recalcada do reservatório por uma eletrobomba (34 W; componentes internos em plástico) até a cabeceira da parcela. Nesse ponto, dois microtubos derivavam solução nutritiva (vazão conjunta de 4 L min⁻¹) para um vaso em formato de tronco de cone (diâmetros 0,23 e 0,33 m; pigmentação preta; recoberto lateralmente com filme de alumínio), contendo 10 L de SN e sobre a qual se dispunha uma placa circular de poliestireno (espessura 0,02 m). Nessa placa flutuante se tinha um furo circular (diâmetro 0,04 m), onde se inseriu um copo descartável (volume 0,08 L) contendo uma planta. Esse vaso continha um dreno extravasador lateral (a altura de 0,18 m) que captava o excesso de solução nutritiva injetada e o direcionava a uma calha circular de PVC (diâmetro 0,075 m; pigmento azul), disposta em declive de 4%. Em cada calha desse sistema se dispunham 5 plantas, cada uma tutorada com copo descartável (volume 0,08 L) e disposta em um orifício circular na calha (Figura 5). A vazão escoada para o final da calha era captada e direcionada para o reservatório de solução nutritiva, constituindo-se um sistema fechado de recirculação individual em cada parcela. Tinha-se, portanto, 1 planta no sistema DFT e 5 plantas no sistema NFT em cada parcela.

Essa configuração dos sistemas DFT-Floating e NFT numa mesma parcela foi adotada por Santos et al. (2011), para fins de comparação dos sistemas no cultivo de alface em condições salinas.

No presente experimento adotou-se essa configuração experimental, mas não se comparou categoricamente os sistemas NFT e DFT, reforçando-se que o interesse no cultivo do sistema DFT foi estabelecer inferências sobre sua viabilidade técnica para a cultura. Portanto, no presente trabalho apenas serão tratados estatisticamente os dados oriundos do sistema NFT.

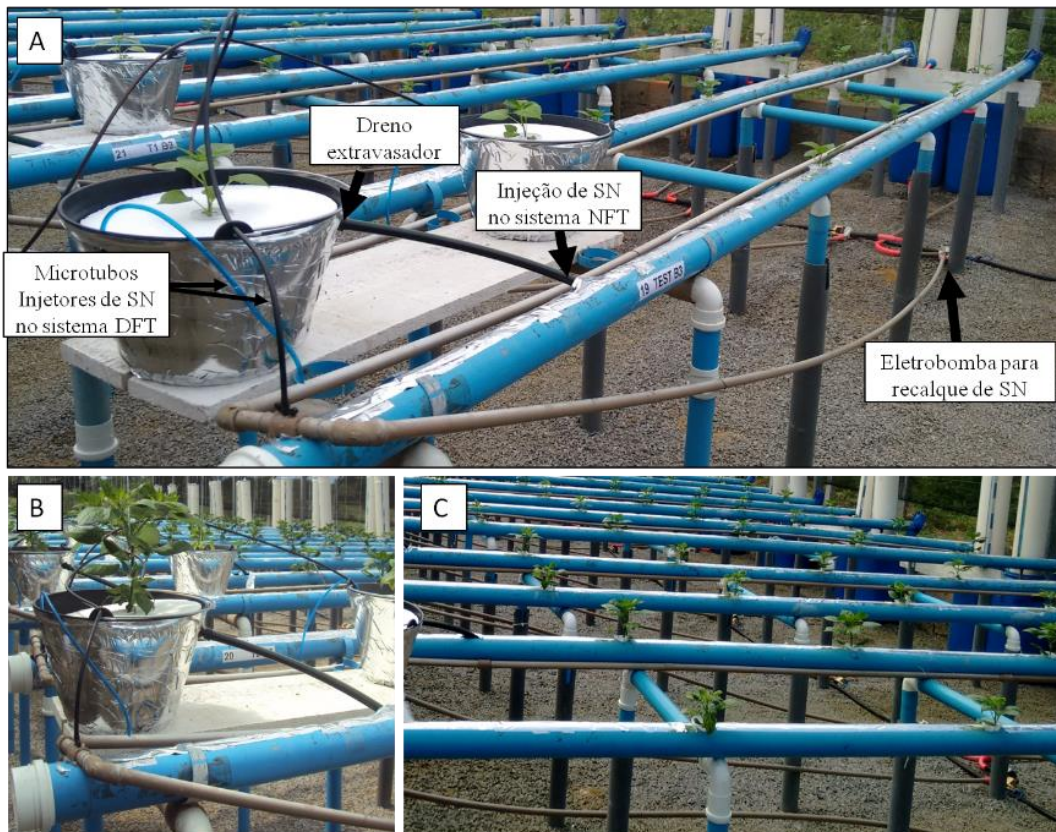


Figura 4. Detalhamento de componentes do sistema hidropônico de cultivo (A) DFT (B) e NFT (C) utilizados no experimento com a pimenteira 'Biquinho'.

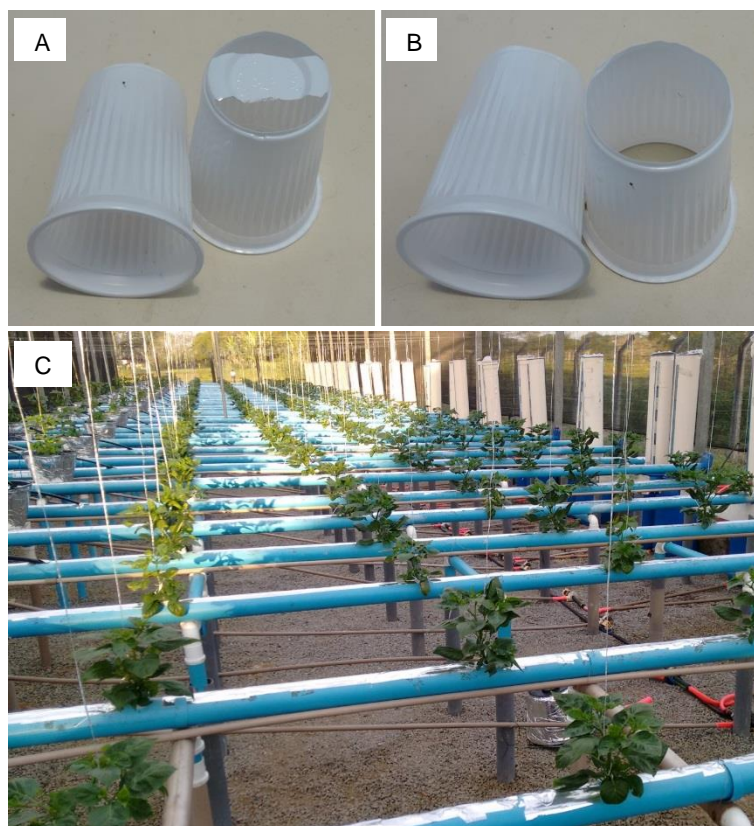


Figura 5. Detalhe dos cortes nos copos para sustentação das mudas para o sistema DFT (A) e NFT (B) e tutoramento da pimenteira 'Biquinho' com fitilho (C).

As parcelas do sistema DFT foram colhidas aos 90 DAT, juntamente com uma planta de cada parcela do sistema NFT, e os seus vasos retirados das bancadas de cultivo. Encerrou-se então, o ensaio piloto comparativo à viabilidade técnica da cultura nos dois sistemas. O experimento foi continuado com o sistema NFT e para isso a SN passou a ser injetada diretamente em suas calhas de cultivo.

Mediante uma torneira-boia (tipo 'bebedouro') instalada no reservatório da SN (tipo 'bomboa'; polietileno azul; volume útil 60 L) e acoplada a um tanque cilíndrico (PVC branco; diâmetro 0,2 m; volume útil 25L) posicionado em cota superior ao reservatório, à medida que havia consumo hídrico na parcela, descia água automaticamente do tanque para o reservatório. A partir desse aparato e com base numa régua graduada (escala milimétrica) instalada no tanque de reabastecimento, fez-se a avaliação diária do consumo hídrico.

4.4 Condução da cultura

O espaçamento da cultura foi de 0,83 m entre as plantas da mesma parcela e de 0,70 m entre parcelas, o que está dentro dos limites propostos por Pinto et al. (2006). As parcelas experimentais foram dispostas duas a duas em traves de PVC, posicionadas a 1,00 m de altura do solo. O corredor entre essas traves foi de 0,80 m. Esse espaçamento proporcionou uma área útil de 0,62 m² para cada planta (Figura 6).

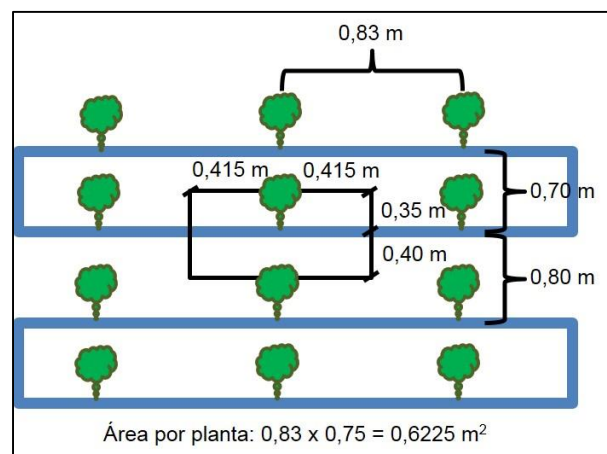


Figura 6. Layout do espaçamento entre plantas e determinação da área por planta.

No sistema DFT, o copo descartável, para sustentação lateral e vertical, da muda tinha dois cortes paralelos no fundo para passagem das raízes (Figura 5A), mas

sem permitir o afogamento da muda. No NFT, o fundo do copo foi retirado, para que a planta ficasse depositada diretamente no perfil hidropônico, reduzindo o risco de perda de contato das raízes com o ‘filme’ laminar de SN; nesse caso o copo serviu para a sustentação lateral da muda (Figura 5B). A partir do 18 DAT, para reforço de sua sustentação, as plantas passaram a ser tutoradas por fitilhos plásticos amarrados em arames posicionados sobre as copas (Figura 5C).

Logo após as primeiras semanas, em função da observação do efeito abrupto da salinidade sobre as plantas, decidiu-se preservar as ramificações laterais, alterando com isso o planejamento inicial que era de condução de haste única mediante poda.

Utilizou-se para fase experimental a SN baseada na recomendação de Sonneveld & Straver (1994), modificada, indicada para pimenta (Tabela 3). Utilizaram-se, como critérios para modificação da SN, as recomendações de outros autores para cultura da pimenta (Muckle, 1993) e quanto a proporção dos nutrientes na parte aérea da planta, com base na matéria seca (Furlani et al., 1999a).

Tabela 3. Concentração de fertilizantes (q) para o preparo de 1 m³ de solução nutritiva para o cultivo hidropônico de pimenteira ‘Biquinho’, com as respectivas concentrações esperadas de nutrientes (Sonneveld & Straver, 1994; modificada)

Fertilizante	q (g m ⁻³)	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
		----- (g m ⁻³) -----												
Nitrato de Cálcio	849		100,9			144,3								
Nitrato de Potássio	631		87,5		244,1									
Fosfato Monoamônico	149	18,2		40,3										
Sulfato de Magnésio	320						31,6	41,7						
Sulfato de Cobre	0,02									0,05				
Sulfato de Zinco	0,20													0,06
Sulfato de Manganês	1,25											0,40		
Ácido Bórico	2,29								0,39					
Molibdato de sódio	0,13												0,05	
Ferro EDDHA (6%)	33,33										2,00			
Total		18,2	188,3	40,3	244,1	144,3	31,6	41,7	0,39	0,05	2,00	0,40	0,05	0,06

Ao início do experimento, tinha-se 55 L de SN no reservatório (tipo bombona). Somam-se a esses outros 10 L, armazenados no vaso do sistema DFT, totalizando 65 L, o que resultou numa disponibilidade inicial média de 10,8 L por planta. Posteriormente, essa disponibilidade se alterou em função das colheitas parciais de plantas para análises destrutivas (Tabela 4).

Tabela 4. Disponibilidade média de solução nutritiva por planta de pimenteira 'Biquinho' ao longo do período experimental

DAT	Volume disponível por parcela (L)	Nº de plantas por parcela	Disponibilidade de solução nutritiva por planta (L planta ⁻¹)
0-30	65	6	10,8
30-60	65	5	13,0
60-90	65	4	16,3
90-120	55	2	27,5

Tabela 5. Condutividade elétrica ponderada no tempo (CEp) para a solução nutritiva produzida com cada nível testado de condutividade elétrica da água (CEa)

CEa (dS m ⁻¹)	CEsol ₁ -----	CEsol ₂ (dS m ⁻¹) -----	CEp
0,34	2,54	3,31	2,70
1,50	3,57	4,20	3,64
2,50	4,53	5,24	4,58
3,50	5,46	5,91	5,28
4,50	6,39	6,55	6,09
5,50	7,11	7,26	6,90
6,50	8,03	8,05	7,77

CEsol₁: condutividade elétrica da solução nutritiva (SN) inicial até os 60 dias após o transplântio (DAT); CEsol₂: condutividade elétrica da SN inicial a partir dos 61 DAT, na qual se elevou 50% da concentração dos nutrientes da SN.

Para todos os tratamentos, a reposição do consumo hídrico foi feita com água de abastecimento local. Em função disso e devido à absorção de íons nutrientes e tóxicos pela cultura, foi preciso periodicamente substituir a SN de todas as parcelas, visando manter a condutividade elétrica da SN (CEsol) planejada. Essa medida protetiva aos tratamentos foi adotada aos 28, 61 e 90 dias após o transplântio (DAT). Na renovação da SN aos 61 DAT, elevou-se a concentração dos fertilizantes em 50%, buscando-se disponibilizar a quantidade de nutriente de acordo com a maior demanda das plantas nesse período de frutificação. Nos intervalos entre as trocas de SN, de acordo com as avaliações de CE, foram feitas reposições de nutrientes baseadas na redução de aproximadamente 0,5 dS m⁻¹ da CE inicial de cada tratamento para manter a CE desejada (aos 43, 50, 68, 79 e 97 DAT). Na Figura 7 é apresentado o resultado

do monitoramento da CEsol ao longo do tempo e em função dos níveis de condutividade elétrica da água.

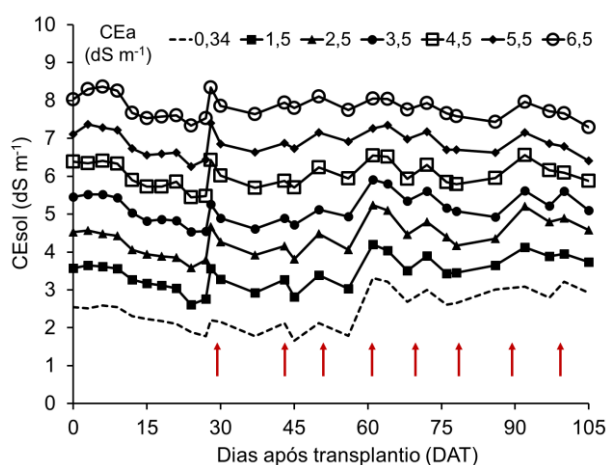


Figura 7. Condutividade elétrica da solução nutritiva (CESol) ao longo do tempo e em função dos níveis de condutividade elétrica da água (CEa), com setas indicativas do momento de renovação ou reposição de nutrientes da solução nutritiva.

Determinou-se a média ponderada da CESol no tempo para cada tratamento, conforme Eq. (1) (Tabela 5).

$$CESol_p = \frac{\sum_{i=1}^I CE_i \times \Delta t_i}{\sum_{i=1}^I \Delta t_i} \quad (1)$$

em que:

$CESol_p$ - salinidade ponderada no tempo, $dS\ m^{-1}$;

CE_i - condutividade elétrica da solução na i -ésima leitura, $dS\ m^{-1}$;

I - número de leituras, adimensional;

Δt_i - intervalo de tempo em que se assume constante a CE_i , dias.

O pH da SN foi mantido entre 5,5 e 6,5 conforme recomendações de Rodrigues (2002), adicionando-se ácido sulfúrico (2M) ou hidróxido de sódio (1,5M) para reduzir ou elevar o pH, respectivamente, de acordo com a necessidade. O pH da SN tendia a se elevar, mas era facilmente controlado com adição de ácido.

Verificou-se presença de lagartas nas plantas, o que foi controlado com catação manual. Em algumas plantas houve incidência de pulgões que também foi controlada manualmente, exceto por uma planta muito infestada, a qual se aplicou extrato de nim

(*Azadirachta indica* A. Juss) na concentração de 0,01 L L⁻¹, e logo se controlou a praga.

4.5 Avaliações

4.5.1 Análise visual de sintomas

Diariamente todas as plantas foram observadas quanto ao aparecimento de sintomas e alterações devido ao estresse pelos tratamentos ou desenvolvimento fenológico. Adicionalmente, a cada 10 DAT, fazia-se uma avaliação de duas plantas centrais de cada parcela, quanto ao início do florescimento e frutificação e aparecimento e identificação de sintomas relacionados ao estresse salino. Esse procedimento se deu até os 64 DAT. Posteriormente, as anotações dos sintomas foram menos frequentes devido à estabilização sintomática e do desenvolvimento.

Os sintomas foram observados nas folhas quanto à deformação e rugosidade, murcha temporária ou permanente, intensidade da cor verde, aparecimento de clorose, de necrose e abscisão. Nos frutos, quanto ao tamanho e quantidade, aparecimento de rachaduras, formato e preservação do 'bico' típico e indícios de podridão apical. Nas flores, quanto ao abortamento/abscisão e, no caule, quanto à coloração e deformação. Não foram avaliados sintomas nas raízes.

4.5.2 Consumo hídrico e eficiência do uso da água

O consumo hídrico foi avaliado mediante leituras diárias da altura de água no tanque cilíndrico que abastecia o reservatório de SN de cada parcela. Desta forma, obteve-se o consumo de água diário mediante a Eq. (2). Respeitou-se o número de plantas em cada calha de cultivo e a cada leitura, inclusive após a realização das colheitas destrutivas periódicas (aos 30, 60, 90 DAT). Para minimizar os efeitos dos erros de leitura (fator humano, travamento da boia, bolhas de ar no visor do nível de água, etc.), os valores diários foram acumulados em períodos, retirando-se dessa a estimativa do consumo hídrico diário. Foram avaliados o consumo hídrico diário em decêndios, além do acúmulo no ciclo (1 a 120 DAT).

$$CH = \frac{(L_f - L_i) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta T} \times 10^3 \quad (2)$$

em que:

CH - consumo hídrico diário por planta, L planta⁻¹ dia⁻¹;
Lf - leitura final do nível da água no depósito de abastecimento automático, m;
Li - leitura inicial do nível da água no depósito de abastecimento automático, m;
D - diâmetro interno do depósito de abastecimento automático, m;
 ΔT - intervalo de tempo entre as leituras, dias;
n - número de plantas cultivadas no perfil, no intervalo de tempo ΔT .

Por questões operacionais, os dados do consumo hídrico diário de 1 a 4 DAT não foram aproveitados. Mas, como para a primeira avaliação decendial não se apontou significância entre os tratamentos, adotou-se um valor médio de consumo hídrico para esses 4 dias.

Para quantificar o efeito da fenologia da cultura sobre a demanda hídrica, com menor dependência da demanda atmosférica, calculou-se a razão entre o consumo hídrico e a ET_0 ($r CH/ET_0$). Para isso, os dados de ET_0 foram transformados de lâmina (mm dia⁻¹) para volume por planta (L planta⁻¹ dia⁻¹), considerando uma área por planta de 0,62 m². Essa razão matemática não será tratada como coeficiente de cultivo no presente trabalho, uma vez que a ET_0 foi estimada para as condições externas ao ambiente de produção da cultura.

A eficiência do uso da água (EUA) foi determinada como a razão direta entre a produção (massa fresca dos frutos) e o consumo hídrico acumulado até o final do ciclo de produção (Eq. (3)). As medidas de EUA foram tomadas em duas bases: produção comercial acumulada (frutos maduros) e produção acumulada total (frutos maduros e imaturos).

$$EUA = \frac{Y_p}{CH_{acum}} \quad (3)$$

em que:

EUA - eficiência do uso da água da produção de pimenta 'Biquinho', kg m⁻³;

Y_p - massa de matéria fresca dos frutos, kg planta⁻¹;

CH_{acum} - consumo hídrico acumulado até o final do ciclo; m³ planta⁻¹.

4.5.3 Crescimento vegetativo

Avaliou-se o crescimento das pimenteiras em relação ao diâmetro de caule, altura de planta e número de folhas aos 10, 30 e 60 DAT, e quanto à massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) aos 30, 60, 90 e 120 DAT.

Altura de planta - AP

Com auxílio de uma trena milimétrica mediu-se a altura das plantas da região do colo até a parte mais alta da planta, tomando-se as medidas em duas plantas pré-selecionadas por calha de cultivo.

Diâmetro de caule - DC

Utilizou-se um paquímetro digital para medir o diâmetro do caule a uma altura de 0,065 m acima do colo, devido esta região estar inserida na calha do cultivo NFT e envolta por copo plástico. A medição foi feita em duas plantas pré-selecionadas por calha de cultivo.

Número de folhas - NF

Contou-se as folhas que estavam completamente expandidas e com comprimento igual ou superior a 0,04 m em duas plantas pré-selecionadas por calha de cultivo.

Massa de matéria seca da parte aérea - MSPA

A cada 30 dias, uma planta de cada parcela foi cortada e levada à balança de precisão (0,01 g) para obtenção da massa de matéria fresca da parte aérea, sem frutos, colocada em sacos de papel e levada para estufa de ventilação forçada à 65 °C. Ao atingirem massa constante, obteve-se a massa de matéria seca da parte aérea em balança de precisão (0,01 g).

4.5.4 Produção de frutos

A colheita dos frutos maduros se deu manualmente aos 65, 72, 79, 86, 91, 96, 101, 106, 111 e 120 DAT, tomando-se como critério a coloração vermelha típica dos frutos maduros. Além das produções parciais, também se avaliou a produção acumulada até 120 DAT. A produção da pimenteira 'Biquinho' foi avaliada em duas

plantas centrais da calha de cultivo quanto ao número de frutos, massa de matéria fresca individual por fruto, produção de frutos maduros e a produção relativa. Na última colheita (aos 120 DAT) quantificou-se também os frutos imaturos completamente formados. A seguir são descritos os parâmetros usados para avaliar a produção.

Número de frutos - NFr

Os frutos foram colhidos e, em cada colheita foram contados um a um, quantificando-se o número de frutos por planta, em duas plantas de cada parcela. Posteriormente, fez-se a média do número de frutos das duas plantas por parcela e calculou-se o acumulado dos 65 aos 120 DAT.

Massa de matéria fresca por fruto - Yf

A massa de matéria fresca por fruto foi estimada pela relação da produção (Y_p) pelo número de frutos (NFr) em cada colheita e acumulada aos 120 DAT, conforme Eq. (4). Em seguida, calculou-se a média das duas plantas por parcela.

$$Y_f = \frac{Y_p}{NFr} \quad (4)$$

em que:

Y_f - massa de matéria fresca por fruto de pimenta 'Biquinho', kg fruto⁻¹;

Y_p - produção de frutos de pimenta 'Biquinho', kg planta⁻¹;

NFr - número de frutos de pimenta 'Biquinho', por planta.

Para averiguar um possível efeito do envelhecimento da planta sobre a massa individual do fruto da pimenta 'Biquinho', foi feito um teste de média a partir de dois conjuntos de dados: I) agrupamento dos dados de Y_f obtidos aos 86, 91 e 96 DAT; II) agrupamento dos dados de Y_f obtidos aos 106, 111 e 120 DAT.

Produção de frutos - Y_p

A produção de frutos maduros em todas as colheitas foi obtida pesando-se, em balança de precisão (0,01g), todos os frutos colhidos por planta, em duas plantas de cada parcela. Posteriormente, tirou-se a média da massa de matéria fresca dos frutos das duas plantas por parcela. Com isso foram levantadas as produções por colheita e acumulada dos 65 aos 120 DAT.

Produção relativa - Y_r

A partir da produção da pimenteira 'Biquinho' submetida a cada nível de CEa foi estabelecida a produção relativa com base na produção potencial determinada no tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹).

$$Y_r = \frac{Y_{p_i}}{Y_{p_c}} \quad (5)$$

em que:

Y_r - produção relativa dos frutos para um dado tratamento i, decimal;

Y_{p_i} - produção absoluta dos frutos para um dado tratamento i, kg por planta;

Y_{p_c} - produção absoluta dos frutos para o tratamento controle, kg por planta.

4.5.5 Qualidade dos frutos

A qualidade dos frutos foi avaliada utilizando as seguintes variáveis: comprimento, largura basal, comprimento do bico, espessura da parede, teor de água, relação do comprimento pela largura, relação do comprimento do bico pelo comprimento dos frutos de pimenta 'Biquinho', massa de matéria fresca por fruto e teor de água no fruto. Foram amostrados aleatoriamente 10 frutos por planta e duas plantas por parcela de cada tratamento (CEa 0,34; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m⁻¹), aos 110 DAT, portanto, 10 dias antes da colheita final, e medidos com auxílio de um paquímetro digital (precisão 0,01 mm) e balança analítica (precisão 0,01 g). As plantas submetidas à CEa 6,5 dS m⁻¹ não apresentaram número de frutos suficientes em todas as parcelas para essa avaliação, por isso foram excluídas da análise estatística.

Comprimento do fruto - CF

O comprimento do fruto foi medido a partir da extremidade apical do fruto até o seu ponto de inserção do pedúnculo (Figura 8A), obtendo-se a média desta medida em 10 frutos por parcela.

Largura basal do fruto - LB

A largura basal foi medida no ponto em que se tinha a maior largura do fruto (Figura 8B), em 10 frutos por parcela e utilizando-se a média obtidas destes.

Comprimento do bico - CB

O comprimento do bico foi mensurado a partir do momento em que a largura do fruto atingia 0,005 m até a ponta mais fina (Figura 8C) (conforme Heinrich et al., 2015), nos 10 frutos colhidos por parcela, dos quais obtinha-se a média.

Espessura da parede dos frutos

Após os frutos selecionados serem avaliados quanto às variáveis descritas acima, dois frutos de cada amostragem, escolhidos aleatoriamente, foram cortados ao meio, no sentido longitudinal, para medir a espessura da parede dos frutos da parte basal (Figura 8D).

Relação da largura basal pelo comprimento do fruto - $r_{LB/CF}$

A relação da largura pelo comprimento do fruto foi obtida pela divisão das medidas de largura basal e comprimento acima citadas, dos 10 frutos colhidos por parcela, dos quais se obteve a média. Quando essa relação $r_{L/C}$ for igual ou próxima a um significa que o formato do fruto se circunscreve em um quadrado e quando essa relação for inferior a um demonstra-se que o fruto tem formato mais alongado, que se circunscreve em um retângulo.

Relação do comprimento do bico pelo comprimento do fruto - $r_{CB/CF}$

A relação do comprimento do bico pelo comprimento do fruto foi obtida pela relação dessas variáveis com base nas suas médias oriundas dos 10 frutos amostrados em cada parcela.

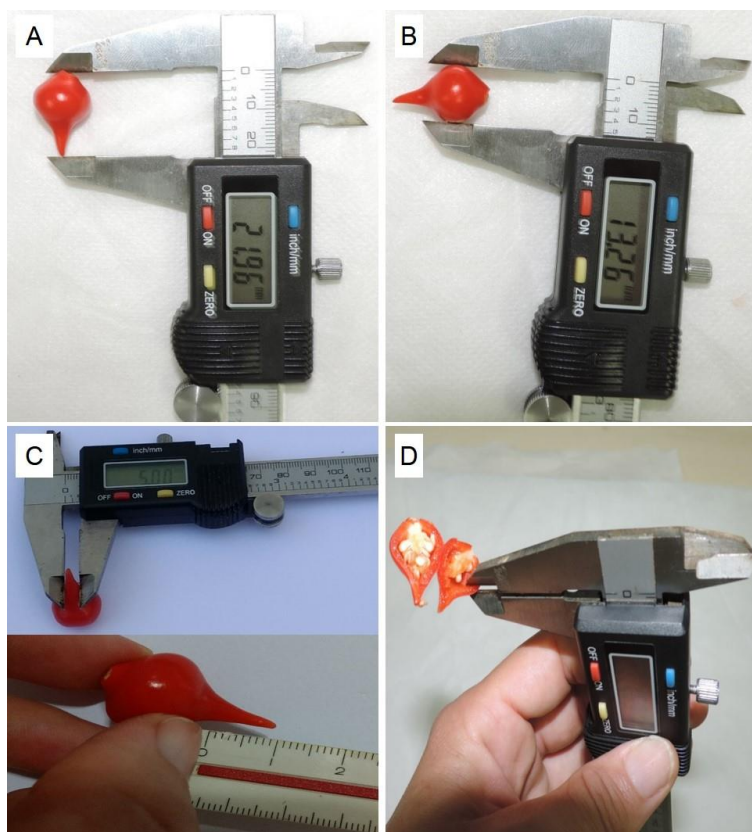


Figura 8. Medições do comprimento (A), da largura basal (B), do comprimento do ‘bico’ (C) e da espessura da parede (D) do fruto de pimenta ‘Biquinho’ aos 110 dias após o transplantio (DAT).

Massa de matéria fresca por fruto - Y_f

A massa de matéria fresca por fruto (Y_f), descrita anteriormente como componente da produção, também foi empregada como parâmetro da qualidade dos frutos. Nesse caso, além da estimativa prevista na Eq. (4), determinou-se individualmente a massa de cada fruto a partir de uma amostragem de 10 frutos aleatórios colhidos em cada uma das duas plantas avaliadas por parcela, aos 110 DAT.

Teor de água no fruto - U

O teor de água no fruto foi medido pela base gravimétrica a partir da relação entre a massa de água extraída e a massa de matéria fresca do fruto, conforme Eq. (6). Para esta variável, utilizou-se frutos colhidos aos 120 DAT.

$$U = \frac{Y_f - Y_{sf}}{Y_f} \times 100 \quad (6)$$

em que:

U - teor de água no fruto de pimenta 'Biquinho', %;

Yf - massa de matéria fresca de frutos de pimenta 'Biquinho', kg fruto⁻¹;

Ysf - massa de matéria seca de frutos de pimenta 'Biquinho', kg planta⁻¹.

A ausência de um padrão oficial de qualidade comercial dos frutos de pimenta 'Biquinho' motivou a busca de um levantamento estatístico nos parâmetros biométricos de frutos comercializados em conserva. Para isso foram obtidas amostras de conservas envasadas (recipientes de 50 g à 180 g de 'peso' drenado) de frutos íntegros de pimenta 'Biquinho' distribuídas por seis diferentes marcas, de diferentes estados: Baiana (Bahia), Cepera (São Paulo), Diza (São Paulo), Fogo mineiro (Minas Gerais), Hemmer (Santa Catarina) e Maratá (Sergipe). Essas amostras foram codificadas e tiveram todos os seus frutos mensurados quanto ao comprimento (CF), largura basal (LB) e comprimento do bico (CB), sendo calculadas as relações da largura basal pelo comprimento (rLB/CF) e comprimento do 'bico' pelo comprimento do fruto (rCB/CF), seguindo a metodologia descrita anteriormente. Nesse caso, foram computados as médias, desvios-padrão e coeficientes de variação. Também foram obtidas informações sobre as exigências de mercado das empresas distribuidoras e de produtores tradicionais de pimenta 'Biquinho' e de empresas fabricantes de produtos processados, como geleia, molhos e antepasto dessa pimenta.

4.5.8 Análise sensorial

Foram utilizados frutos da pimenteira 'Biquinho' submetida aos tratamentos de CEa 0,34; 1,5; 2,5 e 3,5 dS m⁻¹, colhidos maduros, para realizar a análise sensorial por meio de testes com escalas. Como as plantas submetidas aos maiores níveis de salinidade (CEa 4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹) apresentaram retardamento na produção e, portanto, não havia garantia da mesma, não se conduziu a análise sensorial dos mesmos. Além disso, conforme IAL (2008), é recomendado oferecer número reduzido de amostras por vez a cada provador (a) para não causar esgotamento/fadiga ao paladar do mesmo.

Após as colheitas dos 79, 86, 91 e 96 DAT, os frutos de cada tratamento foram selecionados aleatoriamente, lavados em água corrente e enxugados com toalhas de papel. Os mesmos foram armazenados, um a um, em potes plásticos (volume de

0,100 L) e codificados com número de três dígitos aleatórios. As amostras foram distribuídas de forma aleatorizada e simultânea a cada provador (a) para realizar as avaliações. Os provadores foram instruídos a beberem água mineral entre uma amostra e outra e a não expressarem sua percepção durante a avaliação, para não influenciarem os demais provadores.

As avaliações sensoriais ocorreram em salas de aula da UFRB, em um supermercado e em residências de Cruz das Almas, com a participação de 75 provadores não treinados. Foram utilizados testes com escala hedônica, com escala de intensidade e com escala de intenção ou atitude. Também avaliou-se o teste de intenção sem escala.

Primeiramente, traçou-se o perfil dos provadores quanto à faixa etária, grau de instrução, sexo, se já havia consumido pimenta 'Biquinho' *in natura* ou em conserva e se tinha hábito de comer pimenta e/ou pimentão, discutindo-se pela frequência percentual (Figura 9).

Seguindo as normas da ABNT (1998), avaliou-se: os atributos de aparência, aroma, sabor e textura (crocância) com escala hedônica de 9 pontos com variação de "Gostei muitíssimo" (escore 9) à "Desgostei muitíssimo" (escore 1) (Figura 10); a intensidade de ardência pelo teste de intensidade por escala do ideal de 5 pontos, variando de "Nenhuma ardência" (escore 1) à "Ardência muito alta" (escore 5) (Figura 11); a intenção de consumo de cada amostra mediante escala de intenção ou atitude de 5 pontos, com variação de "Só comeria se fosse forçado" (escore 1) à "Comeria sempre que tivesse oportunidade" (escore 5); e a intenção de compra dos frutos de cada amostra com sim ou não e discutida pela frequência percentual (Figura 12).

<p>PROVADOR: _____</p> <p>SEXO: F(<input type="checkbox"/>) M(<input type="checkbox"/>) IDADE: _____ PROFISSÃO: _____</p> <p>Email: _____</p> <p>Você já comeu pimenta Biquinho? (<input type="checkbox"/>)Sim (<input type="checkbox"/>)Não</p> <p>Se sim, comeu em conserva ou <i>in natura</i>? _____</p> <p>Você costuma comer pimenta e/ou pimentão? (<input type="checkbox"/>)Sim (<input type="checkbox"/>)Não</p>
--

Figura 9. Ficha de avaliação do perfil do provador (a) da amostras de pimenta 'Biquinho' *in natura*.

Você está recebendo 04 amostras de pimenta Biquinho. Avalie cuidadosamente os atributos **aparência, aroma, sabor e textura** de cada amostra, utilizando a escala abaixo para demonstrar o quanto você gostou ou desgostou.

1 – Desgostei muitíssimo
 2 – Desgostei muito
 3 – Desgostei regularmente
 4 – Desgostei ligeiramente
 5 – Indiferente
 6 – Gostei ligeiramente
 7 – Gostei regularmente
 8 – Gostei muito
 9 – Gostei muitíssimo

ATRIBUTO	AMOSTRA 102	AMOSTRA 304	AMOSTRA 225	AMOSTRA 162
Aparência				
Aroma				
Sabor				
Textura				

Figura 10. Ficha de avaliação entregue aos provadores, com escala hedônica, dos atributos aparência, aroma, sabor e textura das amostras de frutos produzidos com águas salobras, codificados com números de três dígitos aleatórios.

AVALIE A INTENSIDADE DE ARDÊNCIA

Marque um "X" na resposta correspondente a cada amostra quanto a intensidade de ardência.

AMOSTRA 102	AMOSTRA 304	AMOSTRA 225	AMOSTRA 162
<input type="checkbox"/> Muito alta	<input type="checkbox"/> Muito alta	<input type="checkbox"/> Muito alta	<input type="checkbox"/> Muito alta
<input type="checkbox"/> Alta	<input type="checkbox"/> Alta	<input type="checkbox"/> Alta	<input type="checkbox"/> Alta
<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Regular
<input type="checkbox"/> Baixa	<input type="checkbox"/> Baixa	<input type="checkbox"/> Baixa	<input type="checkbox"/> Baixa
<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Nenhuma

Figura 11. Ficha de avaliação entregue aos provadores, com escala de intensidade do atributo ardência das amostras de frutos produzidos com águas salobras, codificados com números de três dígitos aleatórios.

AVALIE A INTENSÃO DE CONSUMO

Por favor, avalie a amostra e use a escala abaixo para indicar o quanto você estaria disposto a consumir esse produto.

5 – comeria sempre que tivesse oportunidade
 4 – comeria frequentemente
 3 – comeria se estivesse acessível, não me esforçaria para consegui-lo
 2 – raramente comeria
 1 – só comeria se fosse forçado

Número da amostra	Avaliação	Você compraria essa pimenta?	
102		Sim ()	Não ()
304		Sim ()	Não ()
225		Sim ()	Não ()
162		Sim ()	Não ()

Figura 12. Ficha de avaliação entregue aos provadores, com escala de intenção de consumo e se havia intenção de compra das amostras de frutos produzidos com águas salobras, codificados com números de três dígitos aleatórios.

4.5.6 Tolerância da cultura à salinidade

Para determinação da tolerância da cultura da pimenteira 'Biquinho' à salinidade, foram empregados os valores de produções relativas, acumuladas dos 65 aos 120 DAT para a produção total de frutos (maduros e imaturos). Para avaliação da tolerância das plantas, considerou-se para todos os tratamentos salinos a condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol), e não a da água (CEa), já que neste caso é importante considerar a condição real da salinidade na zona radicular.

Foram inicialmente utilizados diferentes modelos de respostas, quais sejam:

a) Modelo de Maas & Hoffman (1977):

$$Y_{e_r} = \begin{cases} 1; & 0 < CE \leq CE_L \\ 1 - b \times (CE - CE_L); & CE_L < CE < CE_0 \\ 0; & CE \geq CE_0 \end{cases} \quad (7)$$

em que:

Y_{e_r} - valor estimado da produção relativa para um dado nível de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE), decimal;

CE - valor da condutividade elétrica da solução nutritiva, $dS\ m^{-1}$;

CE_L - valor da condutividade elétrica limiar da solução nutritiva, a partir do qual se inicia a redução linear da produtividade relativa potencial, $dS\ m^{-1}$;

CE_0 - menor valor da condutividade elétrica da solução nutritiva para o qual a produção é nula, $dS\ m^{-1}$;

b - valor da declividade linear na produção relativa para cada acréscimo unitário na condutividade elétrica da solução nutritiva, decimal.

b) Modelo de platô seguido de queda exponencial:

$$Y_{e_r} = \begin{cases} 1; & CE \leq CE_L \\ (1 - Y_i) \times \exp(-K \times (CE - CE_L)) + Y_i; & CE > 0 \end{cases} \quad (8)$$

em que:

Y_{e_r} - valor estimado da produção relativa para um dado nível de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE), decimal;

CE - valor da condutividade elétrica da solução nutritiva, $dS\ m^{-1}$;

CE_L - valor limiar da condutividade elétrica da solução nutritiva a partir do qual inicia o decréscimo exponencial da produção relativa, $dS\ m^{-1}$;

Y_i - valor inferior da produção relativa estimado para a condutividade elétrica tendendo ao infinito (platô inferior), expresso na mesma unidade da produção relativa;

K - constante, expressa na unidade inversa à da condutividade elétrica da solução nutritiva, $(dS\ m^{-1})^{-1}$.

c) Modelo de Steppuhn et al. (2005):

$$Y_{e_r} = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{CE}{CE_{50}} \right)^{\exp(s \times CE_{50})} \right]} \quad (9)$$

em que:

Y_{e_r} - valor estimado da produção relativa para um dado nível de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE), decimal;

CE- valor da condutividade elétrica da solução nutritiva, $dS\ m^{-1}$;

CE_{50} - valor da condutividade elétrica da solução nutritiva relacionado à produção relativa percentual de 50%, $dS\ m^{-1}$;

s - parâmetro da declividade da produção relativa para cada acréscimo unitário na condutividade elétrica da solução nutritiva, identificado como uma estimativa aproximada do valor absoluto da média $\frac{dY_{e_r}}{dCE}$.

O ajuste dos dados aos modelos testados foi feito de acordo com a observação do comportamento dos dados nos gráficos de resposta, o significado agrônômico da resposta, a significância estatística de seus termos e o coeficiente de determinação. Os parâmetros dos modelos foram analisados com auxílio da ferramenta 'Solver' do Microsoft Excel (Microsoft Office 2013), buscando a minimização do somatório dos quadrados dos desvios. O método selecionado para solução com essa ferramenta foi o GRG não linear, com convergência de 0,0001, escolhendo-se a opção de tornar não negativas todas as variáveis irrestritas. Para o modelo específico do platô de resposta seguido de redução exponencial, considerou-se a restrição adicional de $Y_L=1$. A confirmação da sensibilidade estatística dos ajustes foi complementada nos softwares: LAB Fit (Silva et al., 2004) e Graphpad Prisma 7 (GraphPad Software, 2017).

Posteriormente, buscou-se enquadrar a tolerância da pimenteira ‘Biquinho’ à salinidade mediante comparação com valores indicados na literatura para outras espécies. Nesse sentido, utilizou-se como referências os trabalhos de Maas & Hoffman (1977), com base na salinidade limiar, e de Steppuhn et al. (2005), com base no índice de tolerância à salinidade (IT_s) previsto na Eq. (10).

$$IT_s = CE_{50} + s \times CE_{50} \quad (10)$$

Os modelos anteriormente citados pressupõem como variável independente a salinidade do meio de cultivo, que pode ser expressa como condutividade elétrica (CE). Essa salinidade deve estar em equilíbrio com as entradas e saídas de íons do meio. No presente trabalho a reposição das perdas por evapotranspiração com água doce garantiu parcialmente essa condição de equilíbrio, que foi reforçada ao se trocar e renovar periodicamente as soluções nutritivas.

4.5.7 Índice de Precocidade da produção de frutos

Com base nas produções parciais da pimenteira ‘Biquinho’, foi calculado um índice de precocidade para cada parcela e nível de CEa, mediante a Eq. (11), (Cilas et al., 2011; Fioravanço, 2015), pressupondo-se que a salinidade da água atrasaria a produção dessa espécie.

$$IP = \frac{N \times Y_{p_1} + (N-1) \times Y_{p_2} + \dots + 2 \times Y_{p_{w-1}} + 1 \times Y_{p_w}}{N \times Y_p} \quad (11)$$

em que:

Y_{pw} - produção da pimenteira ‘Biquinho’ na w-ésima colheita parcial, kg por planta;

N - número total de colheitas parciais;

Y_p - produção da pimenteira ‘Biquinho’ acumulada em todas as colheitas parciais, kg por planta.

4.6 Viabilidade técnica

Para tratar da viabilidade técnica da produção da pimenteira ‘Biquinho’ no sistema NFT adotado, foram empregados os seguintes parâmetros: produtividade

alcançada, em contraste com o potencial da cultura indicado por Heinrich et al. (2015 e Amaro (2016); adequação da solução nutritiva adotada em termos de aparição de sintomas de deficiência e desequilíbrios nutricionais ou de crescimento vegetativo exacerbado, em detrimento da produção; sustentação, dificuldade de tutoramento e arquitetura da parte aérea; confinamento do sistema radicular na seção de escoamento da solução nutritiva nas calhas de cultivo com diâmetro 0,075 m; extravasamentos de solução nutritiva impostos pelo crescimento radicular; adequação do espaçamento adotado; adequação dos orifícios de cultivo perfurados nas calhas de cultivo, em relação ao crescimento da região do colo da planta; ocorrência de podridões na região do colo, provocadas pela elevação do nível da solução nutritiva nos canais de escoamento; ergonomia promovida pela altura máxima das plantas safreiras em combinação com altura das calhas de cultivo.

4.7 Análise estatística

Os dados foram tabulados e processados inicialmente em planilhas eletrônicas (Microsoft Excel 2013), que também foram usadas para confecção dos gráficos. Posteriormente, os dados foram avaliados no programa estatístico SAS (SAS, 2017). Mediante aplicação do teste F da análise de variância, avaliou-se a significância dos tratamentos (níveis de CEa). Quando significativa pela análise de variância, a CEa foi avaliada mediante análise de regressão, selecionando-se os modelos com base na significância de seus termos, no valor do coeficiente de determinação e no significado agrônômico do comportamento. Os coeficientes de determinação apresentados no presente texto foram calculados para as repetições de cada tratamento e não apenas para as suas médias.

Para as variáveis cuja resposta à salinidade da água foi definida por uma equação de primeiro grau, estimou-se a redução linear relativa com base nos coeficientes da função ajustada (Eq. 12).

$$\alpha_i = \frac{a}{b} \times 100 \quad (12)$$

em que:

α_i - redução linear relativa da variável i para cada acréscimo unitário na salinidade da água, %;

- a - coeficiente angular da equação ajustada para a variável i;
- b - coeficiente linear da equação ajustada para a variável i.

Para as variáveis cuja relação de dependência com a CEa foi melhor ajustada por modelos polinomiais de segundo grau, os pontos de máxima ou de mínima resposta foram obtidos pela derivada primeira das equações.

Também foram testados os modelos previstos na Figura 13, quais sejam: decréscimo exponencial com a variável resposta tendendo a um platô inferior - Y_i (Eq. (13)) e; platô superior - Y_L seguido de uma queda exponencial, tendendo a um platô inferior (Eq. (14)). Ambos os modelos foram sujeitos à restrição de $CEa \geq 0$ e de $Y_i \geq 0$, visando não gerar estimadores com valores negativos na CEa nem nas variáveis respostas. Para esses modelos, foi empregado o software Graphpad Prisma 7 (GraphPad Software, 2017).

$$Y=(Y_0-Y_i)\times\exp(-K\times CEa)+Y_i \quad (13)$$

em que:

Y_0 - valor da variável Y para CEa igual a zero, expresso na mesma unidade de Y;

Y_i - valor inferior da variável Y estimado para CEa tendendo ao infinito (platô inferior), expresso na mesma unidade de Y;

K - constante, expressa em unidade inversa à CEa, $(dS\ m^{-1})^{-1}$;

CEa - condutividade elétrica da água, $dS\ m^{-1}$.

$$Y=\begin{cases} Y_L; CEa\leq CEa_L \\ (Y_L-Y_i)\times\exp(-K\times(CEa-CEa_L))+Y_i; CEa>0 \end{cases} \quad (14)$$

em que:

CEa_L - valor limiar da CEa a partir do qual inicia o decréscimo da variável Y, $dS\ m^{-1}$;

Y_L - valor médio da variável Y obtido até a CEa_L (platô superior), expresso na mesma unidade de Y;

Y_i - valor inferior da variável Y estimado para CEa tendendo ao infinito (platô inferior), expresso na mesma unidade de Y;

K - constante, expressa em unidade inversa à CEa, $(dS\ m^{-1})^{-1}$;

CEa - condutividade elétrica da água, $dS\ m^{-1}$.

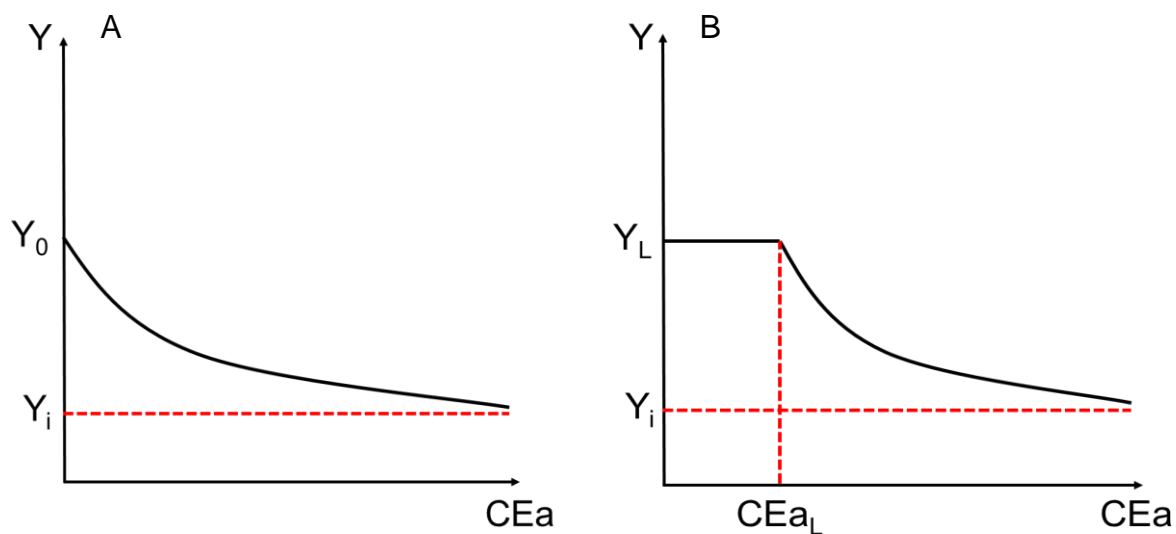


Figura 13. Expressão gráfica do modelo de decréscimo exponencial com a variável resposta tendendo a um platô inferior - Y_i (A) e expressão gráfica do modelo com platô superior - Y_L seguido de uma queda exponencial, tendendo a um platô inferior - Y_i (B).

A estatística da análise sensorial foi realizada pela análise de variância seguida pelo teste de média (Tukey à 5% de probabilidade), para os testes com escala hedônica, do ideal e de intenção ou atitude. O teste de intenção sem escala foi discutido pela frequência em percentual.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise visual de sintomas

No presente trabalho foram detectados, poucos dias após o transplântio (8 DAT) e submissão aos tratamentos com NaCl, sintomas de toxidez decorrentes da salinidade nas pimenteiras a partir do tratamento com CEa 4,5 dS m⁻¹ (Figura 14), diferentemente do que foi reportado por Penella et al. (2015), que não observaram sintomas, que pudessem ser atribuídos à salinidade por NaCl (CEa ≈ 4 dS m⁻¹), nas folhas de plantas de *C. annuum* (cultivar 'Adige') enxertadas em *C. chinense* (acesso 'ECU-973').



Figura 14. Sintomas de clorose na borda foliar e início de necrose no ápice de folha jovem em pimenteira 'Biquinho' aos 8 dias após o transplântio (DAT) sob condutividade elétrica da água de 4,5 dS m⁻¹.

Os sintomas observados no presente trabalho foram mais intensos para os tratamentos mais salinos (CEa 4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹), consistindo de: clorose nas bordas e, principalmente, nas pontas das folhas, agravando-se para necrose e deformação do limbo (caracterizada pela contração do ápice foliar), além de abscisão foliar intensa (Figura 15).

As plantas submetidas aos tratamentos menos salinos (CEa 1,5 e 2,5 dS m⁻¹) apresentaram os sintomas a partir dos 10 DAT, em menor intensidade, com leve necrose na ponta das folhas do terço médio. Essa precocidade no aparecimento dos sintomas e a sua expressão intensa a partir da condutividade elétrica de 4,5 dS m⁻¹ conduziram à inferência de que a produção da cultivar testada de pimenteira 'Biquinho' (empresa Horticeres Sementes) seria sensível à salinidade. Não foi observado

murchamento das folhas, nem mesmo nos primeiros dias após o transplante e imediata submissão das plantas aos níveis testados de salinidade. Isso concorda com as observações de diferentes autores (Abrol et al., 1988; Schwarz, 1995), que fazem desse sintoma um ponto de distinção típico entre os estresses hídricos por secamento e por salinidade.

Hoffman (1986) informou que a murcha ocorre tipicamente quando a disponibilidade de água cai intensamente, como num solo seco. Sob condições salinas, potenciais da água na planta moderadamente baixos estão sempre presentes e mudanças no potencial da água são usualmente graduais; plantas são, portanto, aclimatadas pelo estresse contínuo da salinidade e são menos aptas a exibirem mudanças abruptas na turgescência celular.

No presente trabalho não foram registradas perdas de plantas decorrentes da salinidade, mesmo no maior nível testado. Diferentemente desses resultados, Bojórquez-Quintal et al. (2014) observaram murchamento decorrente da submissão de uma das duas variedades de *C. chinense* 'Habanero' que testaram durante 7 dias em solução nutritiva com 150 mM de NaCl ($CEa \approx 15 \text{ dS m}^{-1}$). Além da perda da turgescência, verificaram abscisão foliar e escurecimento das raízes. Também verificaram taxa de sobrevivência das mudas, da variedade sensível, de apenas 10%, enquanto para a variedade considerada tolerante essa taxa foi de 70%. Essas divergências nas observações podem ser explicadas pela maior concentração de NaCl imposta no trabalho de Bojórquez-Quintal et al. (2014), em relação ao presente estudo.

Os sintomas descritos anteriormente, do presente trabalho, são compatíveis com a sintomatologia de toxidez dos íons sódio e cloreto (Ayers & Westcot, 1999; Dias & Blanco, 2010). O principal sintoma inicial decorrente da toxidez por cloreto é a necrose no ápice das folhas, descrita por Dias & Blanco (2010), que, no presente trabalho, ocorreu desde a $CEa 1,5 \text{ dS m}^{-1}$, de forma leve, e se intensificou com o aumento da salinidade (Figura 15). Os sintomas iniciais do sódio são a clorose e necrose nas margens das folhas, como relatam Chartzoulakis & Klapaki (2000) e Dias & Blanco (2010).

A toxidez do íon sódio pode provocar a deficiência de potássio nas plantas, que acentua ainda mais a sensibilidade da pimenteira à salinidade. Essa relação já foi reportada na literatura por Bojórquez-Quintal et al. (2014), no cultivo de duas variedades de *pimenta C. chinense* 'Habanero'. Esses autores analisaram o efluxo de

K e o transporte de Na para a parte aérea da planta, levando aos sintomas visuais de deficiência de K.

De fato a necrose precedida de clorose no ápice foliar, verificada no presente experimento (Figura 16 e Figura 17), é muito compatível com a sintomatologia da deficiência de K. Num trabalho piloto conduzido em paralelo com o presente experimento (dados não apresentados), com omissão de nutrientes na mesma cultivar de pimenteira 'Biquinho' em hidroponia, os sintomas da falta de K tiveram essa mesma descrição.

Diferenciar se sódio ou cloreto é mais tóxico pode depender da espécie da planta (Gorham, 1992), embora Bosco (2006), ao citar Marschner (1995), afirme que o cloreto é o ânion mais tóxico, enquanto que o sódio é o cátion mais prejudicial ao metabolismo vegetal. O limite em que esses íons tornam-se tóxicos também tem sido alvo de estudos e é diferente para diferentes culturas (Munns & Gilliam, 2015). Os sintomas causados pela toxidez de cada um desses íons também não estão totalmente claros de se distinguir, e é comum que em muitos trabalhos que se discutiu a salinidade por NaCl em diferentes culturas, inclusive *Capsicum*, os sintomas de toxidez sejam descritos concomitantemente (Chartzoulakis & Klapaki, 2000; Bosco, 2006; Bojórquez-Quintal et al., 2014).

As folhas da pimenteira 'Biquinho' não foram totalmente lisas no tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹). Numa mesma planta deste tratamento havia folhas bem expandidas, notadamente lisas, enquanto outras apresentavam certa rugosidade. Por outro lado, o aumento da salinidade pareceu aumentar a rugosidade do limbo foliar (Figura 15 e Figura 16).

Com base nas observações periódicas da parte aérea das plantas, constatou-se uma evolução progressiva dos sintomas já descritos a cada avaliação feita até os 14 DAT. Por outro lado, já aos 19 DAT, observou-se que as plantas passaram a emitir folhas menos sintomáticas, o que pode caracterizar certa aclimação aos níveis salinos testados. Além disso, a partir dos 20 DAT, a tela de sombreamento de subcobertura foi usada para reduzir a radiação e o estresse nas plantas. Nesse período, a resposta das plantas pareceu positiva e houve aumento do crescimento vegetativo em todos os tratamentos e redução do efeito visual dos sais nas folhas.

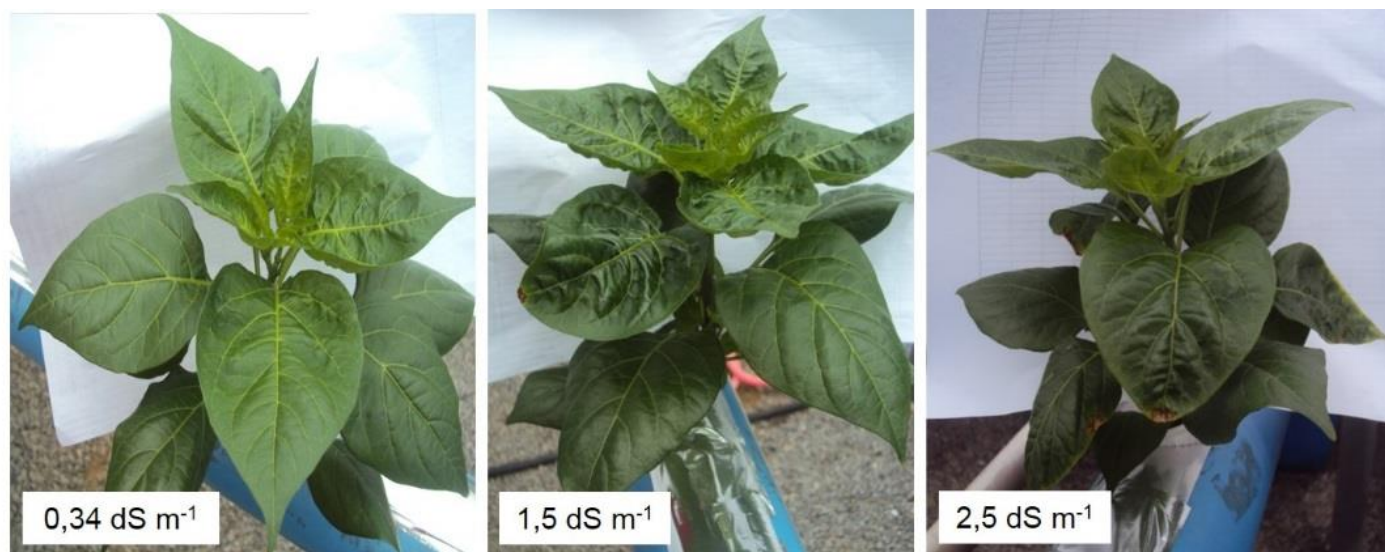


Figura 15. Aspecto geral dos sintomas aos 14 dias após o transplante em plantas de pimenteira 'Biquinho' submetidas a diferentes níveis de condutividade elétrica da água (CEa 1,5 a 6,5 dS m⁻¹), em relação ao tratamento com água doce (CEa 0,34 dS m⁻¹).

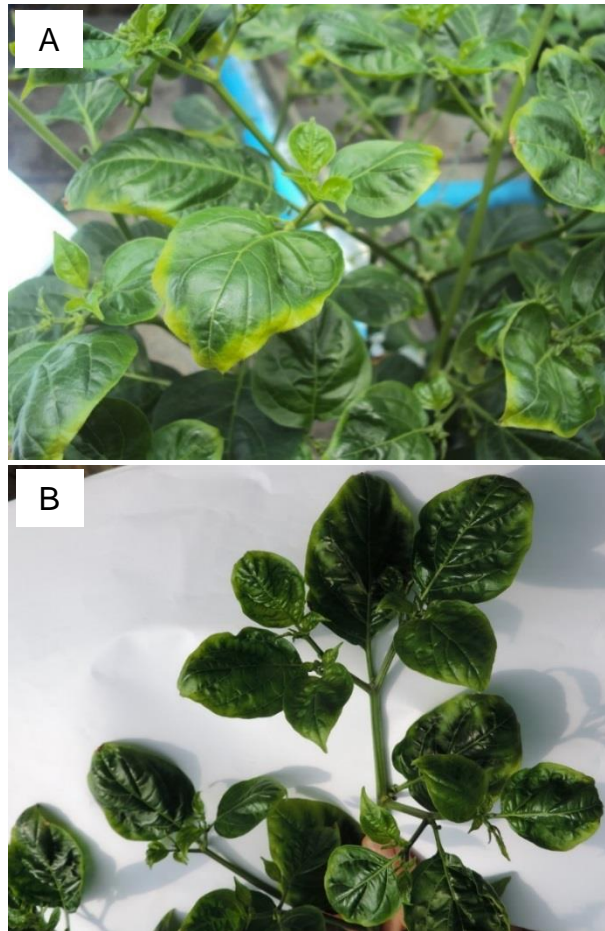


Figura 16. Folhas com forte clorose nos bordos foliares (A) e com limbo enrugado e de forte verde escuro (B) em plantas de pimenteira 'Biquinho', aos 54 dias após o transplântio, submetidas à condutividade elétrica da água de $6,5 \text{ dS m}^{-1}$.



Figura 17. Necrose antecedida por clorose no ápice de folha velha em planta de pimenteira 'Biquinho', aos 54 dias após o transplântio e submetida à condutividade elétrica da água de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Como a partir dos 43 DAT o experimento passou a ser conduzido na primavera, houve tendência de se aumentar a radiação, o que poderia agravar o efeito da salinidade. Entretanto, aproximadamente aos 45 DAT, removeu-se novamente a tela de sombreamento, para que as plantas fossem mais estimuladas à frutificação.

Registra-se também que, até os 13 DAT, as temperaturas máximas e a evapotranspiração estavam mais intensas (Figura 18), com médias de 28,6 °C e 3,56 mm dia⁻¹, o que pode ter representado mais perda de água pela planta e, portanto, maior aporte de íons tóxicos para os tecidos foliares no período inicial após o transplântio. Entre os 14 e 17 DAT, em função da ocorrência de chuvas, as médias das temperaturas máximas (24,4 °C) e da demanda atmosférica (2,27 mm dia⁻¹) foram menores, em relação ao período de 0 aos 13 DAT, e isso certamente contribuiu para a atenuação dos sintomas (Figura 18).

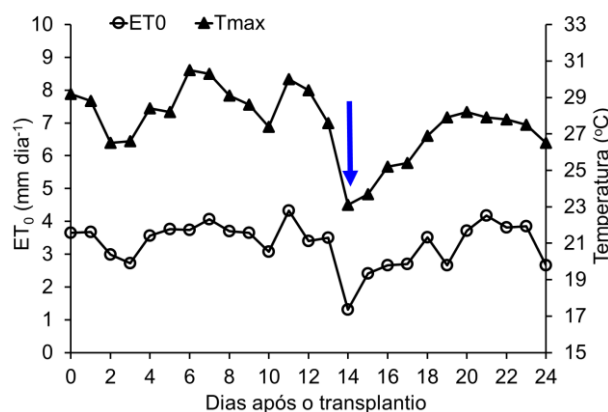


Figura 18. Evapotranspiração de referência (ET₀) e temperatura do ar máxima (Tmax) registradas (INMET, 2017) nos primeiros 24 dias após o transplântio (DAT), com destaque (seta indicativa) para o período em que se começou a observar a aclimação da pimenteira 'Biquinho' à salinidade.

Niu et al. (2010) também verificaram o efeito abrupto dos tratamentos salinos sobre plantas recém transplantadas de *C. chinense* "Habanero". Os autores fazem menção a uma interação da salinidade com o choque no transplântio.

Esse choque devido ao transplântio também pode ter contribuído no presente trabalho, pois, ao serem transplantadas, as plantas passam por um certo grau de perturbação relacionado às eventuais lesões radiculares no ato de sua retirada do berçário e possíveis desenovelamentos das raízes para o transplântio. Tal choque também diz respeito à própria transição para um novo ambiente e ao maior

espaçamento entre plantas, com conseqüente maior exposição à radiação e ao efeito dos ventos, que estimulam a desidratação de tecidos tenros das mudas.

Independentemente desse choque do transplântio, o choque osmótico foi o elemento principal no acometimento inicial das plantas no presente experimento, uma vez que as plantas do tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹) não apresentaram qualquer condição sintomática de estresse. Diferentemente de outros autores, a exemplo de Urrea-López et al. (2014), que também trabalharam com *C. chinense* e que adotaram a técnica da aplicação gradual de sais para atingirem seus tratamentos e evitarem o choque osmótico, no presente experimento não foi tomada qualquer medida preventiva especial.

Mesmo após essa suposta aclimatação, anteriormente citada, nas plantas sob tratamentos mais salinos observou-se um alto índice de abscisão foliar e retardamento no florescimento (dados não quantificados). Para águas com CEa 1,5 e 2,5 dS m⁻¹ esses problemas não foram observados. O atraso para alcançar os estágios de florescimento e frutificação em *Capsicum chinense* também foi observado por Jaimez et al. (2000) em condições de déficit hídrico e por Jaimez (2006) em diferentes condições de temperatura e radiação, mostrando a sensibilidade da cultura aos estresses abióticos. Ao longo do tempo, os tratamentos mais salinos passaram a emitir botões florais, mas muitos desses botões foram abortados (Figura 19). Assim, a abscisão foliar e o abortamento das flores devido à salinidade tornaram-se fatores decisivos para a expectativa de baixas produtividades da cultivar de pimenteira 'Biquinho' avaliada. Mas, surpreendentemente, após os 50 DAT, passou-se a verificar que as plantas dos tratamentos mais salinos (a partir da CEa 3,5 dS m⁻¹), e que superaram as perdas por abscisão foliar, também passaram a superar o abortamento das flores, criando-se uma nova expectativa: obter produção de frutos sob salinidade, ainda que tardia (Figura 20).

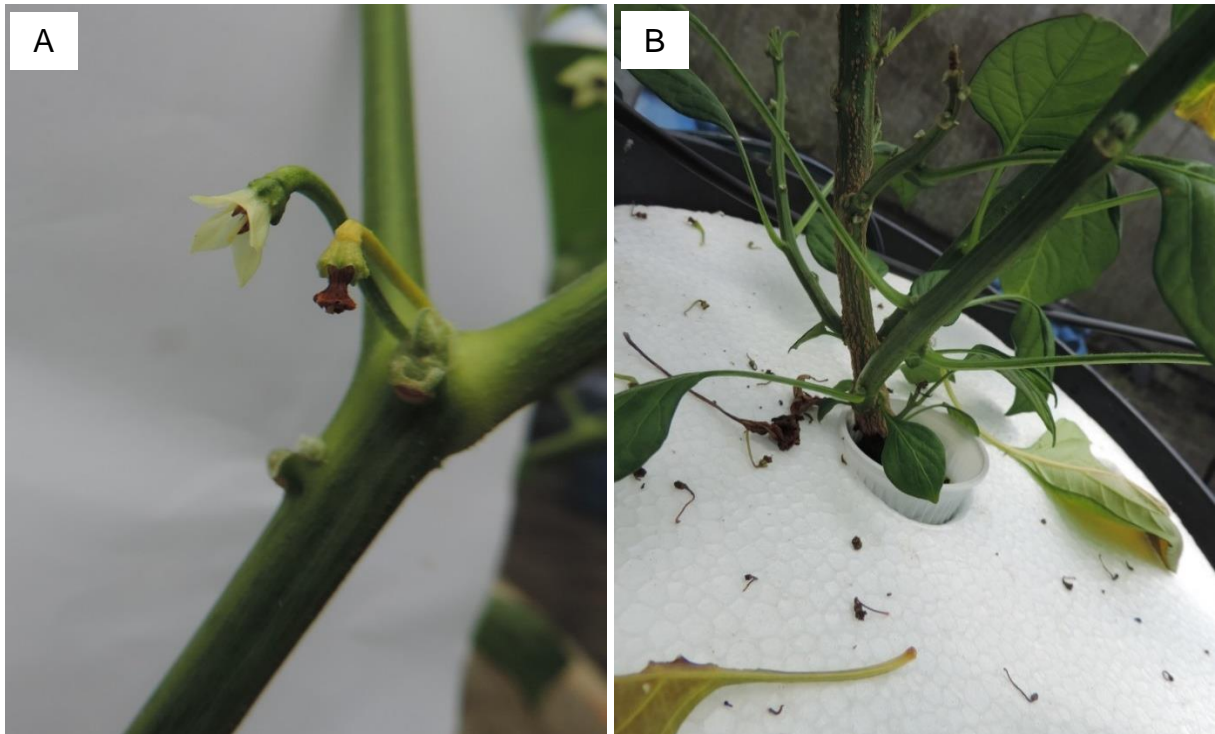


Figura 19. Detalhe da presença de uma flor sintomática, prestes a ser abortada, ao lado de outra ainda assintomática, em planta de pimenteira 'Biquinho' submetida à condutividade elétrica da água de $5,5 \text{ dS m}^{-1}$ (A); detalhe para folhas e botões florais abortados no mesmo tratamento (B) (aos 54 dias após o transplante).

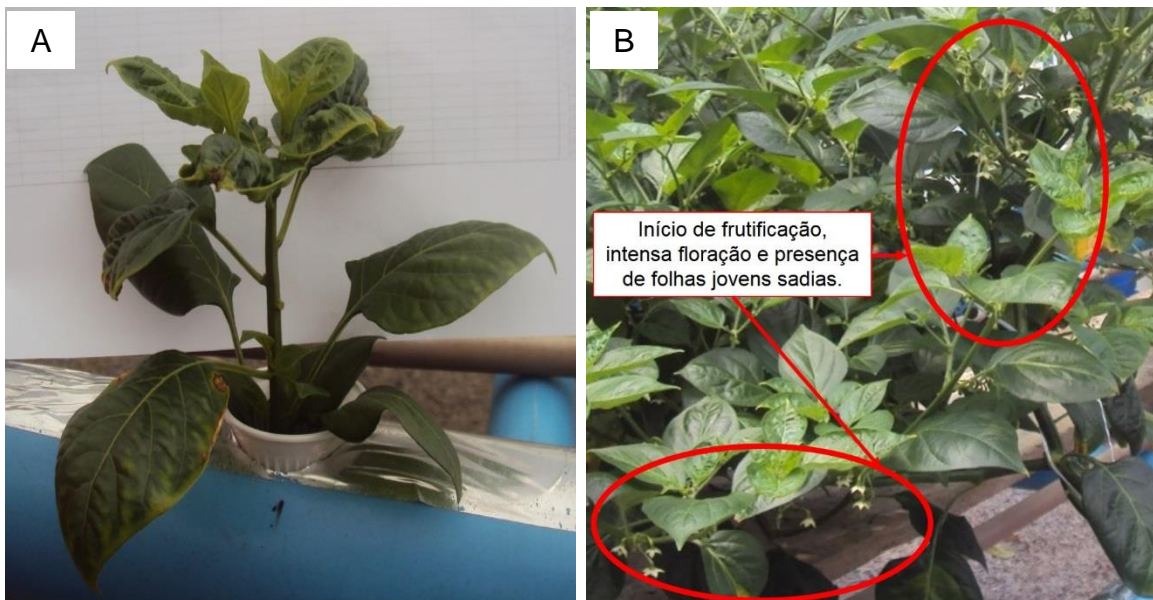


Figura 20. Planta submetida à condutividade elétrica da água de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, sintomática aos 14 dias após o transplante (DAT) (A) e apresentando superação dos sintomas de toxidez aos 50 DAT, com intensa floração e formação de frutos em estágio inicial.

A sequência de sintomas decorrentes da salinidade nas folhas de pimenteira 'Biquinho', partindo de sintomas inicialmente mais fortes e relacionados ao choque osmótico nos primeiros dias/semanas após o transplante, e chegando ao final do experimento com plantas menos sintomáticas, está de acordo com a revisão apresentada por Munns (2002). Esse autor resume a sequência de eventos de uma planta exposta à salinidade da seguinte forma: nos primeiros segundos ou minutos as células perdem água e encolhem. Após horas, as células voltam ao seu volume inicial, mas as taxas de alongamento celular são reduzidas, produzindo taxas menores do crescimento foliar e radicular. Após dias, mudanças no alongamento e na divisão celular levam ao aparecimento mais lento e ao menor tamanho de folhas, e o crescimento foliar é normalmente mais afetado que o radicular; em plantas com altas taxas de absorção de sais, as folhas mais velhas podem começar a mostrar sintomas de injúrias. Após semanas, fica claro que os ramos laterais são inibidos e em plantas com altas taxas de absorção dos sais, muitas folhas podem morrer. Porém, a taxa de produção de folhas mais jovens pode ainda não diferir entre genótipos. Após meses, diferenças entre as plantas com altas e baixas taxas de absorção de sais tornam-se muito aparentes, uma grande quantidade de folhas com injúrias e, em alguns casos, morte completa da planta se o nível de salinidade for alto o suficiente.

No presente trabalho, depois que entraram na fase reprodutiva, as pimenteiras continuaram exibindo folhas sintomáticas, mas a proporção de folhas injuriadas para folhas assintomáticas (dados não quantificados) foi diminuindo progressivamente. Isso também corrobora com as observações compendiadas por Munns (2002), que informa, que em espécies sensíveis aos sais, que são ineficientes em excluir os sais da corrente transpiratória, esses se acumulam em níveis tóxicos nas folhas que transpiram por mais tempo (as folhas mais velhas). Assim, confirma o autor, se as folhas novas são produzidas numa taxa maior do que a taxa em que as folhas velhas morrem, há superfície fotossintética suficiente para a planta entrar na fase reprodutiva.

Não foram observadas deformações ou anomalias na coloração dos caules da pimenteira 'Biquinho' que pudessem ser atribuídas à salinidade.

Em relação ao impacto da salinidade nas características visuais dos frutos, não foram observados sintomas de toxidez ou de deficiências nutricionais induzidas pelos sais. Nenhum fruto apresentou podridão apical. Esse é um resultado relevante para a exploração da pimenteira 'Biquinho' em condições salinas, pois foi demonstrado que o aumento da salinidade induz a podridão apical para muitas espécies, inclusive

dentro do gênero *Capsicum*, tanto para pimentão (Rubio et al., 2011) como para pimenta (Pinto et al., 2006).

Para os frutos, o único sintoma detectado foi a redução do tamanho médio à medida que se aumentava a CEa (Figura 21). Outro aspecto importante dos registros e relacionado à produção sob condição salina, é que uma vez formado o fruto de pimenta 'Biquinho', não se verificava seu abortamento. Essa é uma vantagem da pimenta 'Biquinho' em relação ao melão e pimentão que, segundo Amor et al. (1999) e Pizolato Neto et al. (2009), sofreram abortamento de frutos devido à salinidade e déficit hídrico, respectivamente.

Na Figura 21 é apresentado para cada CEa o aspecto visual de quatro frutos, demonstrando-se, em comparação com o tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹), que houve maior variabilidade interna e tendência de redução do tamanho dos frutos com o aumento da salinidade.

Foram observadas rachaduras cuticulares nos frutos, as quais se formavam ao redor da base, próximo ao cálice; algumas vezes se estendiam em todo o comprimento do fruto; ou partiam da ponta do bico chegando até o meio do fruto. Essas rachaduras superficiais foram observadas apenas em frutos dos tratamentos controle (CEa 0,34 dS m⁻¹) e CEa 1,5 dS m⁻¹ (Figura 22). Portanto, não houve relação desse sintoma com o aumento da salinidade. A ocorrência desse sintoma foi percebida desde o início da colheita dos frutos, aos 65 DAT.

Alguns autores (Johnson & Knavel, 1990; Aloni et al., 1998; Moreshet et al., 1999) informam que esse problema está relacionado à sensibilidade de genótipos de *Capsicum* e pode ser decorrente de oscilações abruptas da umidade na zona radicular, fatores climáticos, estresse térmico, estresse hídrico, crescimento muito rápido dos frutos ou desequilíbrios nutricionais. Por exclusão dos outros fatores, para o presente experimento, a causa mais provável das rachaduras foi o crescimento acelerado dos frutos, o que é compatível com a alta exigência, e, portanto, maior esgotamento, de nutrientes nos tratamentos com CEa 0,34 dS m⁻¹ e 1,50 dS m⁻¹.

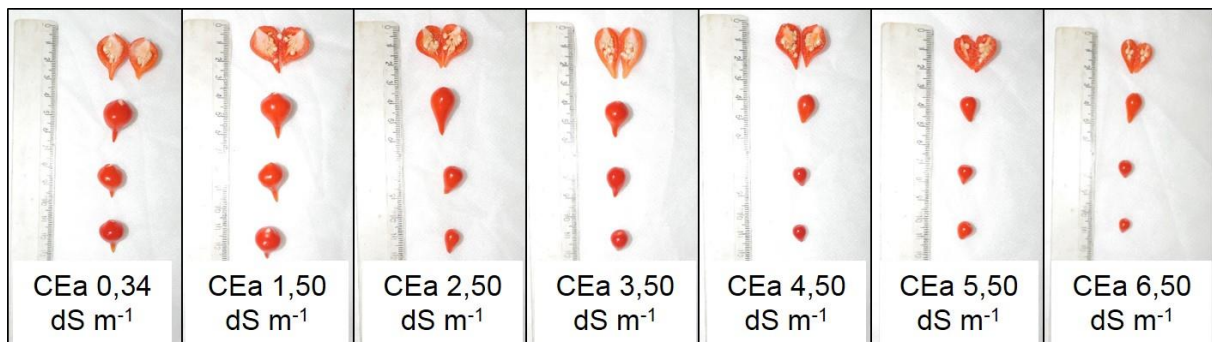


Figura 21. Diversidade do tamanho dos frutos de pimenteira 'Biquinho' em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 110 dias após o transplante.

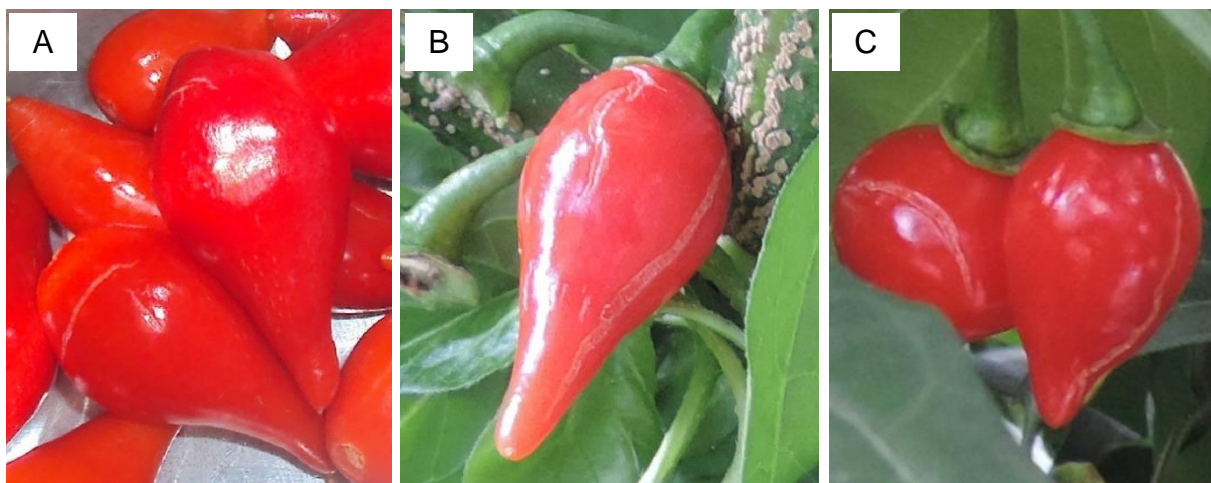


Figura 22. Frutos de pimenteira 'Biquinho' produzidos com o tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹) e exibindo rachaduras superficiais transversais aos 65 dias após o transplante - DAT (A), longitudinais aos 70 DAT (B) e transversais e longitudinais aos 117 DAT (C).

Peet (1992) afirma que a rachadura em frutos está associada ao rápido fluxo líquido de água e solutos para dentro do fruto quando o fortalecimento e elasticidade estão reduzidos.

O Ministério da Agricultura, Alimentação e Assuntos Rurais de Ontario - Canadá (Canadá, 2009) disponibiliza informações sobre a ocorrência de rachaduras em frutos de *Capsicum*, caracterizando como desordem associada ao rápido crescimento de frutos e às flutuações do abastecimento de água. Relatam também que cultivares com parede do fruto mais grossa podem ser mais propensas à essas rachaduras.

Apesar de não ter sido registrada estatisticamente, pode-se afirmar que essas rachaduras foram frequentes, principalmente no tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹). Essas rachaduras não foram aprofundadas nos tecidos, assim como observado por Johnson & Knavel (1990) que consideraram que este seja um problema secundário

para a comercialização de pimenta. Porém, para muitos autores, a rachadura é um problema severo para comercialização, pois afeta a qualidade visual do fruto. Yao et al. (2000) investigaram o efeito das flutuações diurnas sobre o diâmetro do fruto de pimentão, partindo da prerrogativa que as oscilações climáticas do ambiente de cultivo enfraquecem a cutícula do fruto, devido à expansão e encolhimento da mesma repetidas vezes.

Os resultados do presente trabalho são evidência de um possível benefício do efeito osmótico sobre o controle das rachaduras em frutos de pimenta 'Biquinho'. Esse resultado pode ser decorrente do fato de plantas submetidas ao estresse hídrico/osmótico, conforme Saito et al. (2006), serem menos suscetíveis à oscilação abrupta do teor de água nos tecidos, inclusive nos frutos, o que auxiliaria no controle das rachaduras. Outra explicação está na desaceleração da expansão dos tecidos proporcionada pela salinidade.

As rachaduras nos frutos são um problema sério no cultivo de hortaliças de frutos e seu controle passa por diferentes técnicas. Uma dessas, segundo Dorais et al. (2003), pode ser o ajuste da condutividade elétrica da solução nutritiva. Em sua revisão, esses autores informam que esse ajuste permite aos produtores modificar a disponibilidade da água para as plantas (potencial da água mais baixo), que reduzirá a quantidade do fluxo de água dentro dos frutos e, portanto, a sua taxa de expansão; sobre alta salinidade, frutos de tomate têm tamanho pequeno, têm cutícula mais espessa e mais resistente, uma pressão de turgescência mais baixa, uma menor suscetibilidade às rachaduras da cutícula e às rachaduras das paredes dos frutos.

Muitos trabalhos produziram o aumento da CE mediante a concentração dos nutrientes da solução nutritiva e isso poderia levar à conclusão de que o controle das rachaduras se deve ao benefício nutricional, sobretudo pelo aporte de cálcio. Por outro lado, trabalhos como de Chrétien et al. (2000) com o aumento da CE por NaCl demonstram que esse benefício do aumento da CE é relacionado com o efeito osmótico, o que corrobora com o presente estudo com a pimenteira 'Biquinho'.

Em síntese, o efeito osmótico da salinidade na pimenteira 'Biquinho', caracterizado como choque osmótico desde os primeiros dias após-transplante, prejudicou o desenvolvimento da parte aérea, diminuindo o tamanho das folhas e da copa da planta, sobretudo nas primeiras semanas, além de reduzir o tamanho dos frutos, ainda que tenha proporcionado o benefício de controle das suas rachaduras cuticulares. Já o efeito específico da toxidez se manifestou inicialmente com clorose

nos primeiros dias de cultivo, evoluindo para necrose do ápice das folhas mais velhas, que sofreram abscisão prematura.

5.2 Consumo hídrico e eficiência do uso da água

Desde o início do estudo o consumo hídrico da pimenteira 'Biquinho' sofreu uma redução linear significativa em função do aumento da CEa. A diferenciação do consumo hídrico determinado diariamente iniciou no último dia do primeiro decêndio (1-10 DAT) (dados não mostrados), mas sem tornar significativo o efeito da CEa sobre a estimativa da média diária dentro desse intervalo (Figura 23A). Essa redução linear do consumo hídrico aumentou progressivamente para o segundo (11-20 DAT), terceiro (21-30 DAT) e quarto (31-40 DAT) decêndios: para cada acréscimo unitário da CEa (em dS m^{-1}) o consumo se reduziu em 7,69; 8,65; 10,41%, respectivamente. Para os decêndios 41-50 e 51-60 DAT a redução linear relativa foi mais estável: 11,09 e 10,93% para cada acréscimo unitário na CEa (Figura 23).

Nos decêndios 61-70 e 71-80 DAT o CH apresentou resposta de platô seguido de queda exponencial, com salinidade limiar de 3,15 e 2,91 dS m^{-1} e consumo médio até essas salinidades de 2,34 e 3,74 L, respectivamente (Figura 24A e B). Posteriormente, o consumo hídrico passou a ser explicado por uma função quadrática, com valores máximos não mais atrelados ao tratamento controle (CEa 0,34 dS m^{-1}), mas sim à CEa de 1,99; 2,68; 3,08 e 2,75 dS m^{-1} , nos decêndios 81-90, 91-100, 101-110, 111-120 DAT, respectivamente. Registra-se também que progressivamente essas equações quadráticas passaram a explicar cada vez menos a relação do consumo hídrico e a CEa: os coeficientes de determinação reduziram de 81,23% (81-90 DAT) a 42,52% (111-120 DAT) (Figura 24).

Essa mudança no modelo de resposta do consumo hídrico se deve ao fato das plantas dos tratamentos controle (CEa 0,34 dS m^{-1}) e CEa 1,5 dS m^{-1} terem produzido significativamente mais frutos e de maneira mais precoce, portanto, alterando sua partição de massa de matéria seca, em detrimento da redução no acúmulo proporcional da massa de folhas, a partir dos 60 DAT. Soma-se a isso uma surpreendente recuperação do crescimento vegetativo sob os níveis intermediários de salinidades (2,5; 3,5 e 4,5 dS m^{-1}), justamente os quais tiveram a estimativa dos picos de consumo hídrico diário a partir dos valores acumulados nos três últimos decêndios.

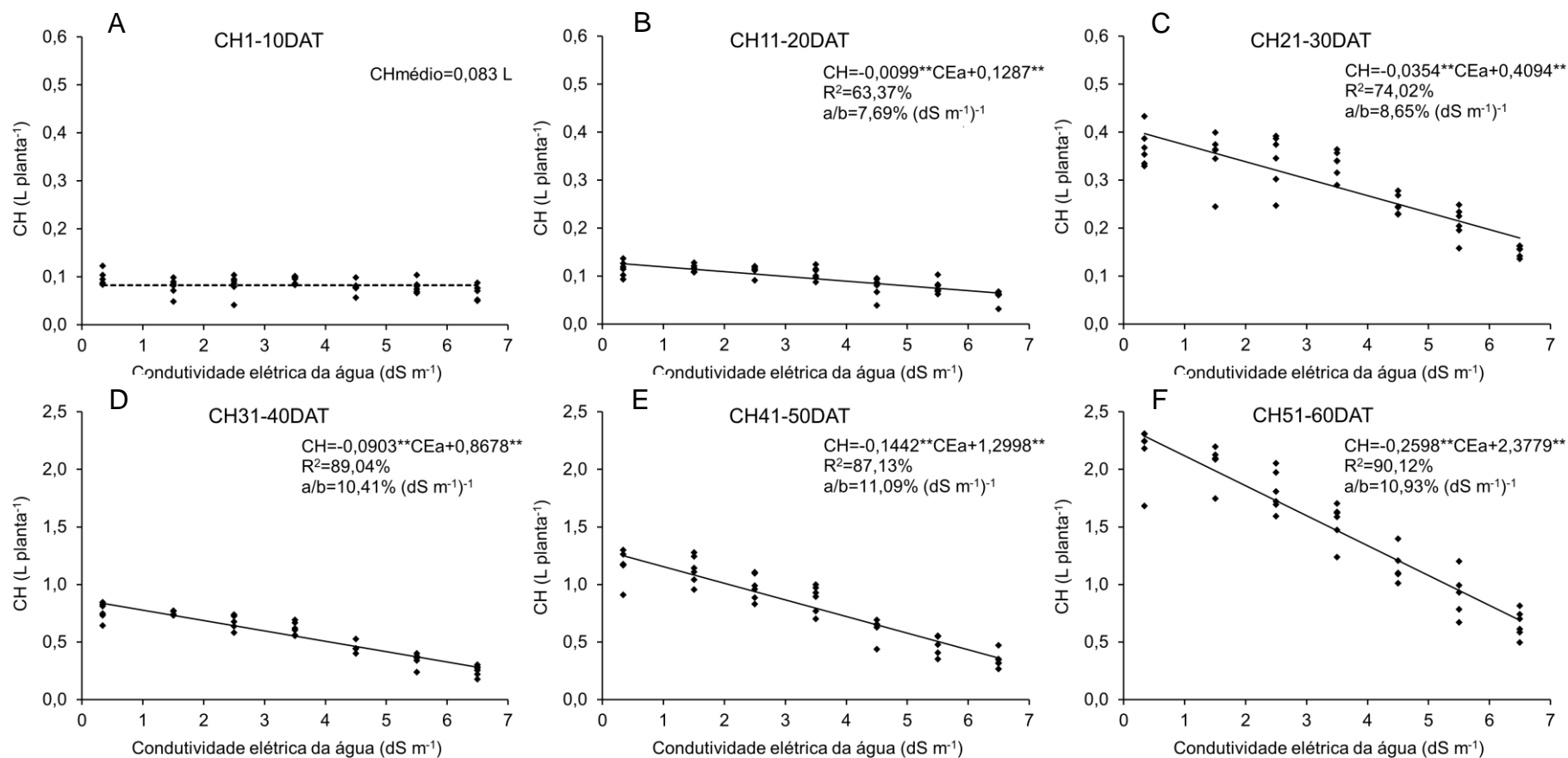


Figura 23. Média diária do consumo hídrico por planta (CH) de pimenteira ‘Biquinho’ estimada a partir de acúmulos decendiais e em função da condutividade elétrica da água, de 1 à 60 dias após o transplante (DAT).

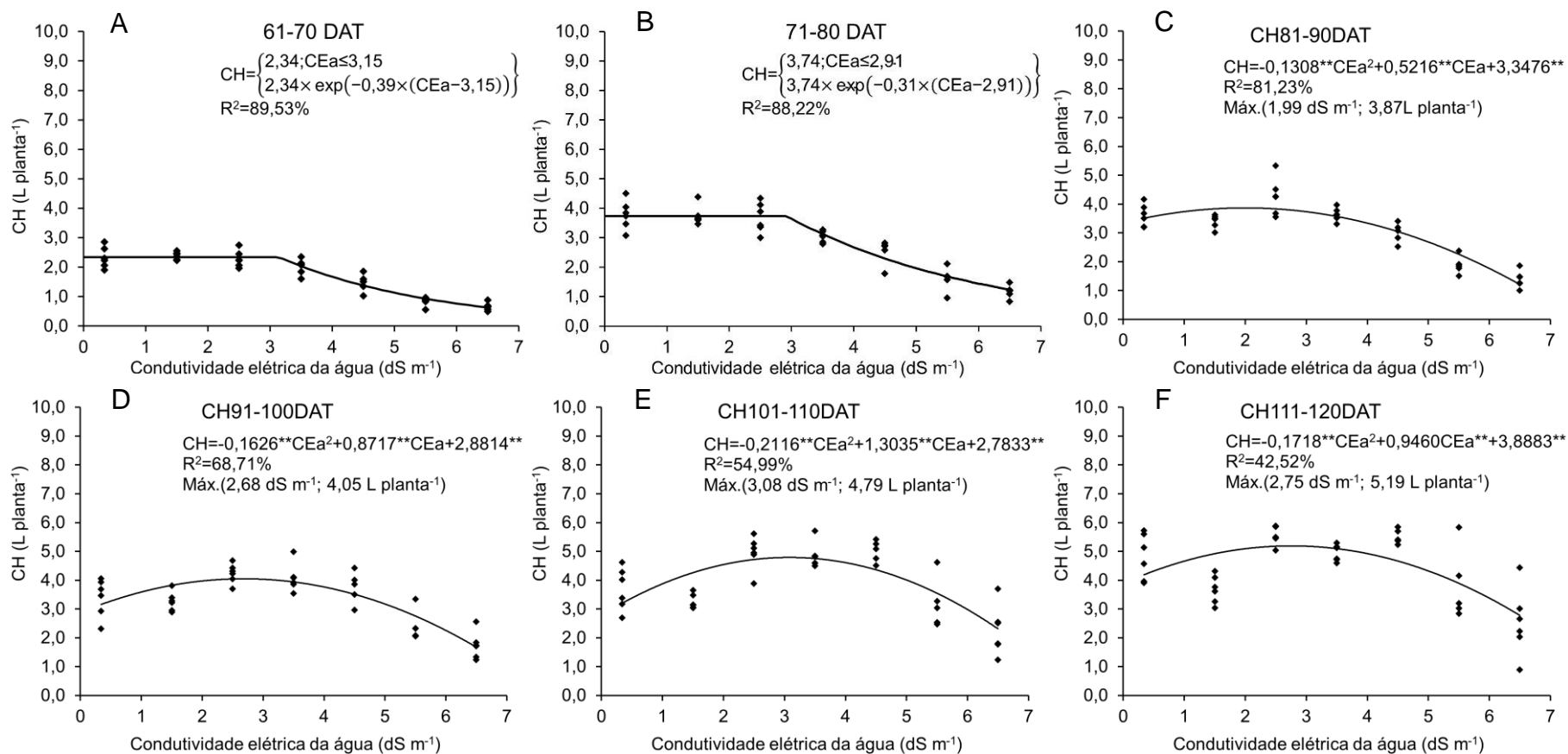


Figura 24. Média diária do consumo hídrico por planta (CH) da pimenteira ‘Biquinho’, estimada a partir de acúmulos decendiais, em função da condutividade elétrica da água, de 61 à 120 dias após o transplântio (DAT).

Tais resultados são compatíveis com as observações visuais dos sintomas, mediante os quais se detectou progressiva aclimatação das plantas submetidas à salinidade, após o período inicial de estabelecimento da cultura, quando os sintomas foram muito fortes e restritivos ao crescimento vegetal e consumo hídrico.

Já a correspondência da atenuação do consumo hídrico devido à maior partição de massa seca para a produção pode ser demonstrada analisando a Figura 25A: observa-se que enquanto as plantas submetidas aos menores níveis de CEa (0,34 e 1,50 dS m⁻¹) tiveram redução do consumo hídrico ao longo do tempo, para aquelas submetidas aos maiores níveis de CEa a demanda hídrica aumentou progressivamente.

Apesar do efeito linear da CEa ter ocorrido na maioria dos decêndios de avaliação do consumo hídrico, a maior magnitude do consumo hídrico foi coincidente com os decêndios nos quais se ajustou o modelo quadrático. Em função disso, o consumo hídrico acumulado em todo o período (1 a 120 DAT) se ajustou a esse modelo polinomial de segunda ordem (Figura 25B), com valor máximo (275,77 L por planta) estimado para uma CEa de 2,07 dS m⁻¹.

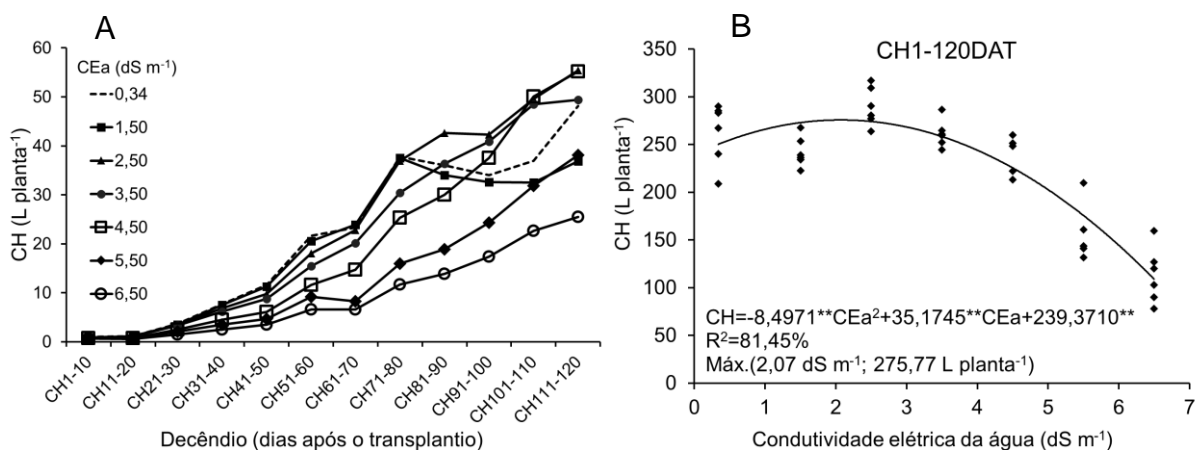


Figura 25. Consumo hídrico (CH) por planta de pimenteira 'Biquinho' em função da condutividade elétrica da água (CEa): acumulado a cada um dos 12 intervalos decendiais (A) e totalizado ao final do ciclo (1-120 dias após o transplantio - DAT) (B).

A redução do consumo hídrico da pimenteira 'Biquinho' em função da salinidade está de acordo com a maior dificuldade de plantas glicófitas em absorverem água sob condições salinas. Isso é atribuído ao efeito osmótico dos sais. A presença de sais no meio de cultivo leva à diminuição da energia livre da água pela diminuição do potencial osmótico da água. A literatura especializada tem abundância de relatos

sobre as alterações morfofisiológicas pelas quais as plantas passam para poderem absorver e conservar água. Para o gênero *Capsicum* já foram documentados: diminuição do porte da planta, redução do tamanho das folhas, redução do número de folhas, fechamento dos estômatos, limitação das trocas gasosas (Bethke & Drew, 1992; Chartzoulakis & Klapaki, 2000; Rubio et al., 2009; Rahman et al., 2012; Piñeiro et al., 2016).

A ocorrência de abscisão foliar no presente experimento desde CEa 2,5 dS m⁻¹, e que foi se intensificando com o aumento da salinidade (dados não mensurados), também é relatado como resultado das plantas submetidas à salinidade, e por reduzir a área foliar, diminui também o consumo de água pelas plantas. Esta abscisão, segundo Munns (2002), é consequência do efeito iônico tóxico pelo acúmulo de NaCl, que ocorre nas folhas mais velhas (que transpiraram por mais tempo).

Considerando a média obtida para o tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹), qual seja 250,35 L planta⁻¹, calculou-se, pela equação quadrática apresentada na Figura 25B, a segunda solução matemática respectiva a essa mesma média do consumo hídrico, encontrando-se CEa 3,80 dS m⁻¹. Ou seja, aos 120 DAT, plantas submetidas à CEa 3,80 dS m⁻¹ tinham consumo hídrico acumulado compatível com as plantas sob o tratamento controle.

Essa resposta posterior, de recuperação do consumo hídrico verificada até CEa 3,80 dS m⁻¹, pode ser parcialmente explicada por outros mecanismos, como a aclimação proporcionada pelo ajuste osmótico por solutos inorgânicos (acúmulo de NO₃⁻ e Cl⁻) e orgânicos (açúcares e aminoácidos) na presença da salinidade, como descrito por Martínez-Ballesta et al. (2004) num estudo com pimentão cv 'Orlando' com quatro avaliações no tempo. Apesar, desses autores ressaltarem que o ajustamento osmótico não foi suficiente para manter o turgor nas folhas, foi possível observar que houve redução na queda dessa variável com o aumento da salinidade entre as duas últimas avaliações.

Se por um lado, os mecanismos de aclimação podem permitir a retomada das taxas de crescimento, por outro, poderia se especular, conforme Shannon & Grieve (1999) que altas taxas de crescimento vegetativo podem permitir que a planta dilua os efeitos dos íons que se acumulam nos tecidos como resultado da alta salinidade. Ou seja, um benefício se somaria ao outro. Isso corrobora com os resultados do presente trabalho e com Munns (2002), que informa que plantas sensíveis podem se

estabelecer quando a proporção de produção de folhas novas é maior que a da perda de folhas velhas decorrente da toxidez aos sais.

O conhecimento da necessidade hídrica da pimenteira 'Biquinho' em hidroponia sob ambiente protegido é importante para o planejamento dos agricultores e projetistas de sistemas hidropônicos, lembrando-se que esse é um dado pouco disponibilizado na literatura especializada. Parte-se do princípio da engenharia que um sistema capaz de atender à máxima demanda crítica, atenderá às demais situações. Nesse sentido, uma das informações mais importantes é o máximo consumo hídrico por planta.

Diferentemente do que se poderia esperar, os maiores valores de consumo hídrico não foram encontrados com o tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹). Isso pode ser decorrente de uma interação entre a precocidade da produção nesses tratamentos e a já referida aclimação da pimenteira à salinidade após um período inicial de forte restrição osmótica. Assim, nos períodos de maior demanda atmosférica (Figura 3), coincidente com os últimos decêndios do presente estudo, as plantas dos tratamentos mais precoces (CEa 0,34 e 1,50 dS m⁻¹) estavam mais direcionadas à produção de frutos, enquanto as plantas dos tratamentos mais salinos estavam na retomada do crescimento vegetativo, o que pode explicar seu maior consumo hídrico.

Analisando-se os maiores valores de consumo hídrico por planta para cada CEa, por decêndio, foram registrados os valores máximos de consumo hídrico diário apresentados na Tabela 6. Esses resultados confirmam que durante os primeiros decêndios os maiores valores absolutos foram relacionados ao tratamento controle, mas que, posteriormente, os tratamentos de CEa intermediárias (2,50 e 3,50 dS m⁻¹) passaram a demandar mais água. O máximo consumo hídrico diário foi de 5,9 L por planta aos 120 DAT, para CEa de 2,50 dS m⁻¹. Isso equivale, por exemplo, ao consumo hídrico de uma planta de alface em todo seu ciclo produtivo (aproximadamente 5 à 6,5 L, segundo Soares, 2007 e Paulus et al., 2012), que é a cultura mais explorada em hidroponia no Brasil.

Deve-se ter ressalva no uso desse valor máximo registrado, pois, de forma geral, verificou-se tendência para a continuidade do aumento do consumo diário, ou seja, aos 120 DAT (Figura 25A, Tabela 6) a pimenteira 'Biquinho' pode não ter atingido toda sua potencialidade em termos de capacidade de absorção de água no sistema de produção hidropônica empregado.

Tabela 6. Média do máximo consumo hídrico diário (CH máx) por planta de pimenteira 'Biquinho' registrado por decêndio e sua respectiva condutividade elétrica da água (CEa)

Decêndio (DAT)	CH máx (L planta ⁻¹)	CEa (dS m ⁻¹)
1-10	0,123	0,34
11-20	0,137	
21-30	0,433	
31-40	0,847	
41-50	1,299	
51-60	2,312	
61-70	2,860	
71-80	4,514	
81-90	5,339	2,50
91-100	4,985	3,50
101-110	5,715	
111-120	5,885	2,50

O caráter perene que plantas de pimenteira podem assumir (Ribeiro et al., 2008; Domenico et al., 2012; Heinrich, 2013) provavelmente permitiu que plantas submetidas às menores CEa (0,34 e 1,5 dS m⁻¹), e que haviam reduzido seu consumo hídrico nos decêndios 81 a 90 e 91 a 100 DAT (Figura 25A), passassem a emitir novos ramos e retomar níveis mais elevados de consumo hídrico, nos decêndios 101 a 110 e 111 a 120 DAT (Figura 25A), reforçando a possibilidade de atingirem valores ainda mais elevados de consumo hídrico, terem também necessidade de maiores espaçamentos e alcançarem produção de frutos ainda maior. Isso se baseia na análise visual dessas plantas por ocasião da colheita definitiva aos 120 DAT, pois as mesmas indicavam estar em um novo fluxo de crescimento vegetativo, com a emissão de novos ramos, diferentemente das demais sob os maiores níveis de CEa (Figura 31).

Esse relato de alteração da fenologia das plantas provocada pela salinidade corrobora com as afirmações de Munns & Gilliam (2015) que dizem que o florescimento e a fase produtiva podem ser atrasada ou antecipada de acordo com a espécie ou/e o nível de salinidade atingido.

Mesmo reconhecendo que o consumo hídrico é muito dependente das condições micrometeorológicas locais (tipo de ambiente protegido, tela de sombreamento, circulação e intensidade dos ventos, radiação incidente externamente e radiação disponível internamente, temperatura e umidade relativa, fotoperíodo, etc.), do genótipo (porte, sensibilidade ao estresse hídrico, estresse térmico, etc.), do

sistema de produção adotado (podas, manejo da solução, etc.), de fatores abióticos (pragas e doenças), dentre outros, deveria se recomendar para pimenteira ‘Biquinho’ uma previsão de consumo hídrico máximo de pelo menos 5,9 L por planta por dia.

Como parte do aumento do consumo hídrico ao longo do tempo pode ser explicada não apenas pela fenologia da planta, mas também pelo aumento da demanda atmosférica, analisou-se também a razão entre o consumo hídrico e a ET_0 . Reitera-se que essa razão matemática não será tratada como coeficiente de cultivo no presente trabalho, uma vez que a ET_0 , foi estimada para o ambiente externo. De qualquer forma, analisando a Tabela 7, confirma-se que independente da CEa, as plantas de pimenteira ‘Biquinho’ aos 120 DAT ainda não apresentavam uma sinalização consistente de estabilização da demanda hídrica, mesmo para o tratamento controle e para a CEa $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, considerados os mais precoces, e que diminuíram seu consumo em relação aos níveis intermediários de CEa (2,5 e $3,5 \text{ dS m}^{-1}$).

Tabela 7. Valores da relação entre o consumo hídrico da pimenteira ‘Biquinho’ e a evapotranspiração de referência (rCH/ET_0) em função da condutividade elétrica da água (CEa) e ao longo dos dias após o transplântio (DAT)

CEa (dS m^{-1})	Decêndio (DAT)											
	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110	111-120
	----- rCH/ET_0 -----											
0,34	0,04	0,06	0,16	0,31	0,58	0,95	0,90	1,23	1,24	1,31	1,37	1,54
1,50	0,04	0,06	0,15	0,31	0,56	0,90	0,92	1,22	1,17	1,25	1,21	1,18
2,50	0,04	0,06	0,15	0,28	0,48	0,79	0,88	1,20	1,47	1,63	1,84	1,77
3,50	0,04	0,06	0,14	0,25	0,43	0,68	0,78	0,99	1,26	1,57	1,80	1,58
4,50	0,04	0,04	0,11	0,18	0,30	0,51	0,57	0,83	1,03	1,43	1,84	1,76
5,50	0,04	0,04	0,09	0,14	0,23	0,40	0,32	0,52	0,65	0,93	1,18	1,22
6,50	0,03	0,03	0,07	0,10	0,17	0,29	0,25	0,38	0,48	0,67	0,84	0,81

Em relação à eficiência do uso da água (EUA), constatou-se, para as plantas do tratamento controle (CEa $0,34 \text{ dS m}^{-1}$) e até uma CEa de $2,11 \text{ dS m}^{-1}$, uma média de $9,34 \text{ kg}$ de frutos maduros para cada 1 m^3 de água consumida. Em termos absolutos, foi estimada uma redução exponencial de aproximadamente $0,54 \text{ kg m}^{-3}$ para cada acréscimo unitário da CEa (em dS m^{-1}) (Figura 26A).

Ao se avaliar a eficiência do uso da água considerando os frutos maduros e imaturos, foram observados, até uma CEa limiar de $3,38 \text{ dS m}^{-1}$, uma produção de $10,99 \text{ kg m}^{-3}$, a partir da qual houve queda exponencial de $0,74 \text{ kg m}^{-3}$ para cada

acréscimo unitário da CEa (em dS m^{-1}) (Figura 26B). Assim, para produção total (frutos maduros e imaturos), a eficiência do uso da água foi preservada até um nível maior de CEa, em relação à EUA estimada apenas para frutos maduros. Isso está atrelado ao menor gasto de água para produção de frutos imaturos, mas também, e mais provavelmente, à produção mais tardia das plantas submetidas ao aumento da salinidade (conforme é demonstrado na discussão do tópico ‘Índice de Precocidade da produção de frutos’).

Como o parâmetro ‘k’ do modelo do platô com queda exponencial independe da magnitude dos dados (GraphPad Software, 2017), mas sim de seu distanciamento, pode-se afirmar que apesar do deslocamento positivo da salinidade limiar, a taxa de redução da EUA, para cada acréscimo unitário na CEa, foi maior ao se considerar frutos totais (maduros e imaturos) ($k=0,74 \text{ kg m}^3 (\text{dS m}^{-1})^{-1}$), em relação à EUA só para frutos maduros ($k=0,54 \text{ kg m}^3 (\text{dS m}^{-1})^{-1}$). Esse resultado demonstra que sob CEa mais elevadas, as plantas não conseguiram recuperar tão efetivamente sua produção, na forma de novos frutos, deixando de compensar relevantemente (converter em produção) o consumo hídrico, fato verificado com as CEa intermediárias (até $3,38 \text{ dS m}^{-1}$).

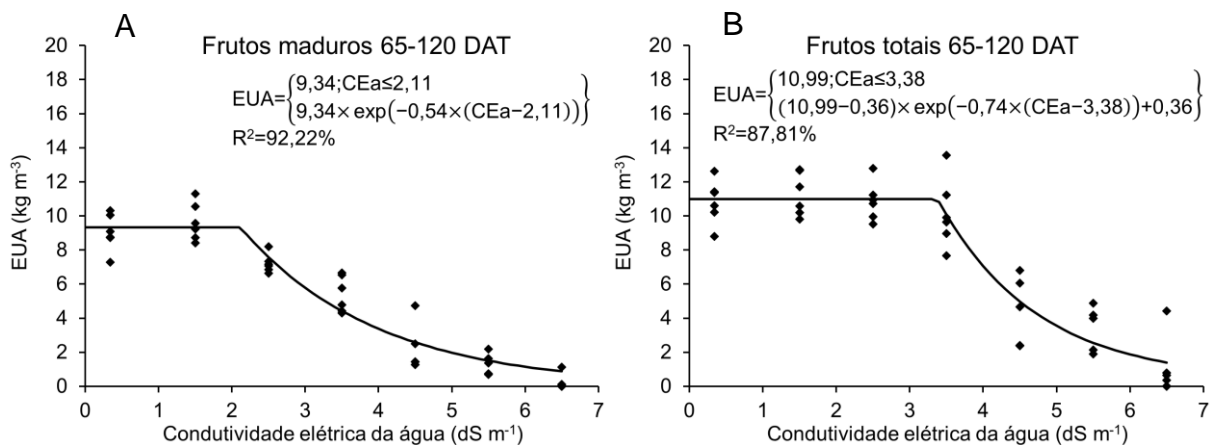


Figura 26. Eficiência do uso da água (EUA) da pimenteira ‘Biquinho’ em função da condutividade elétrica da água, com base na produção de frutos maduros (A) e de frutos totais (maduros e imaturos) (B).

A eficiência do uso da água é simplesmente a razão matemática entre a produção e o consumo hídrico acumulado. Portanto, partindo do registro que tanto a produção (como será demonstrado a seguir) quanto o consumo hídrico (Figura 25B) diminuíram no presente trabalho, a justificativa para redução da eficiência está na

maior intensidade da redução da produção, em relação à redução do consumo hídrico. Ou seja, a partir da CEa $3,38 \text{ dS m}^{-1}$, a redução na produção de frutos totais (maduros e imaturos) foi mais forte que a redução do consumo hídrico (Figura 26B).

Em termos de conservação de água, o insumo 'águas salobras' pode agregar a vantagem de aumentar a eficiência do uso da água quando a cultura não perde produção tão fortemente e/ou quanto o consumo hídrico é fortemente reduzido, mas sem grande impacto na produção. Isso foi verificado até certo limite de salinidade da água para pimentão (Chartizoulakis & Klapaki, 2000), alface (Soares, 2007), manjericão (Bione, 2013) e coentro (Silva, 2014). Para pimenteira 'Biquinho' não se teve tal vantagem. Por outro lado, o fato de se produzir com águas salobras representa por si só uma forma de aliviar a pressão pelo uso de águas de melhor qualidade, além de representar a possibilidade de adoção dessas águas salobras na atividade econômica da agricultura.

A eficiência do uso da água em plantas de pimenteiras *C. annuum* variou de $17,85$ à $20,24 \text{ kg m}^{-3}$, para cultivar 'Battle', produzida em casa de vegetação na China, em substrato (Ahmed et al., 2014). López-López et al. (2015), trabalhando sob irrigação por gotejamento com uma cultivar de *C. chinense* 'Habanero' no México, registraram, em solo argiloso, eficiência do uso da água de $6,51 \text{ kg m}^{-3}$. Quando usaram mulch plástico nas mesmas condições, a eficiência foi aumentada para $8,68 \text{ kg m}^{-3}$. Esse último valor é mais comparável com a condição hidropônica do presente trabalho, visto que em ambas as condições, a maior parte do consumo é decorrente da transpiração, em detrimento da evaporação que tende à zero. Nesse sentido, pode-se inferir que a eficiência do uso da água observada no presente trabalho, até CEa $3,38 \text{ dS m}^{-1}$, qual seja $10,99 \text{ kg m}^{-3}$, supera aquela obtida por López-López et al. (2015).

No México, para pimenteiras *C. chinense* 'Habanero' cultivadas em recipientes com substrato e sob ambiente protegido, Ortiz et al. (2012) encontraram uma eficiência do uso da água de $5,6 \text{ kg m}^{-3}$, para seu tratamento de melhor produção ($0,5477 \text{ kg}$ de frutos por planta submetida a 60% da umidade disponível no substrato). Na mesma região do México (Yucatán) e com a pimenteira 'Habanero', mas em condições de campo, Pérez-Gutiérrez et al. (2008) haviam registrado uma eficiência de $9,3 \text{ kg m}^{-3}$, para seu melhor tratamento ($23,5 \text{ t ha}^{-1}$, para lâmina de irrigação correspondente a 80% da evapotranspiração de referência).

Pelo menos comparativamente aos dados citados com pimentas *C. chinense*, a eficiência do uso da água do presente trabalho pode ser considerada superior ou dentro da magnitude esperada.

Altos valores de eficiência do uso da água são estratégicos para condições de cultivo onde se tem, ou onde se prevê ter, baixa disponibilidade hídrica. Nesse sentido, desenvolver tecnologias para hidroponia no Semiárido brasileiro deve pressupor, como um dos aspectos desejáveis, culturas com alta eficiência do uso da água, inclusive em condições salinas. Enquanto a pimenteira 'Biquinho' foi capaz de produzir em média um patamar de 10,99 kg de frutos (imaturos e maduros) para cada 1 m³ de água consumido até uma CEa de 3,38 dS m⁻¹, a literatura traz as seguintes produções para esse mesmo volume: 50 kg de alface (Barbosa et al., 2015); 81,59 kg de coentro (Santos Júnior et al., 2015); 5,49 kg de pimentão (Nagaz et al. (2012); 24-59,2 kg de tomate (Biswas et al., 2015). Portanto, ainda que a pimenteira 'Biquinho' não pareça ser tão vantajosa quando comparada com hortaliças folhosas, quando analisada dentro das hortaliças frutíferas infere-se que essa pimenteira pode ser atrativa.

5.3 Crescimento vegetativo

A sintomatologia associada à salinidade e a resposta de consumo hídrico da pimenteira 'Biquinho' ao aumento da CEa tiveram correspondência na análise biométrica, em termos de altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas. No número de folhas e na altura de planta foram observadas reduções lineares aos 10 e 30 dias após o transplântio (DAT), com maior impacto sobre o número de folhas, que apresentou reduções nesses períodos de 3,79 e 9,74% (dS m⁻¹)⁻¹, respectivamente; enquanto que a altura de planta teve reduções de 0,78 e 3,58% (dS m⁻¹)⁻¹, nesses mesmos períodos (Figura 27).

Aos 10 DAT, o diâmetro de caule apresentou média de 0,0039 m para todos os tratamentos e somente aos 30 DAT houve diferença devido a CEa, com redução de 4,97% a cada aumento unitário da salinidade (em dS m⁻¹) (Figura 28).

Aos 60 DAT as variáveis número de folhas, altura de plantas e diâmetro de caule apresentaram resposta de platô seguido de queda exponencial, com salinidade limiar de: 2,44; 3,5 e 3,46 dS m⁻¹, respectivamente. Os valores dessas mesmas variáveis até a salinidade limiar foram, respectivamente: 1.062 folhas; 0,84 m e 0,016 m (Figura 27 e Figura 28).

Portanto, dentre essas três variáveis, a pimenteira 'Biquinho' expressou maior sensibilidade à salinidade em função do número de folhas. Outra prova da maior sensibilidade do número de folhas da pimenteira 'Biquinho' à salinidade por NaCl está no coeficiente de correlação entre essa variável e o acúmulo de massa de matéria seca de toda parte aérea, qual seja 0,95. Para altura e diâmetro de caule, esses coeficientes foram de 0,77 e 0,88, respectivamente (Figura 29).

Coerentemente, a indicação a partir da salinidade limiar foi compatível com o resultado obtido para a correlação com a massa de matéria seca da parte aérea aos 60 DAT (Figura 29). Também houve coerência com o tipo de modelo ajustado, o platô de resposta, com redução exponencial. No caso da massa de matéria seca da parte aérea, a salinidade limiar foi de 2,20 dS m⁻¹ aos 60 DAT (Figura 30B). Por volta desse mesmo período, também se ajustou para o consumo hídrico o modelo de platô de resposta, no decêndio 61-70 DAT, até a salinidade de 3,15 dS m⁻¹ (Figura 24), demonstrando correspondência com os valores de salinidade limiar encontrados para as variáveis de crescimento e de consumo hídrico.

Parte da redução do número de folhas em função da CEa pode ser relacionada à menor taxa de produção de novas folhas (dados não avaliados), mas decisivamente o montante mais significativo dessa redução deve ser atribuído à abscisão foliar, conforme já discutido no tópico 'Análise visual de sintomas'.

Assim como verificado para a cultura do manjeriço sob tratamentos e condições experimentais semelhantes (Bione, 2013), a altura de plantas não foi um bom indicador dos efeitos da salinidade. Para essas culturas, ambas arbustivas, a redução da altura tende a ser pouco intensa, pois as plantas após certo tempo passam a mobilizar mais energia para o crescimento dos ramos laterais, em detrimento do crescimento vertical, o que tende a produzir plantas com alturas pouco variáveis mesmo sob diferentes níveis de CEa.

Segundo a empresa Horticeres Sementes (2017), sua cultivar de pimenteira 'Biquinho' produz plantas muito uniformes, compactas e com altura média de 0,60 m. Portanto, as plantas do presente trabalho conduzidas hidroponicamente, mesmo sob salinidade, atingiram esse padrão médio de altura (Figura 27F).

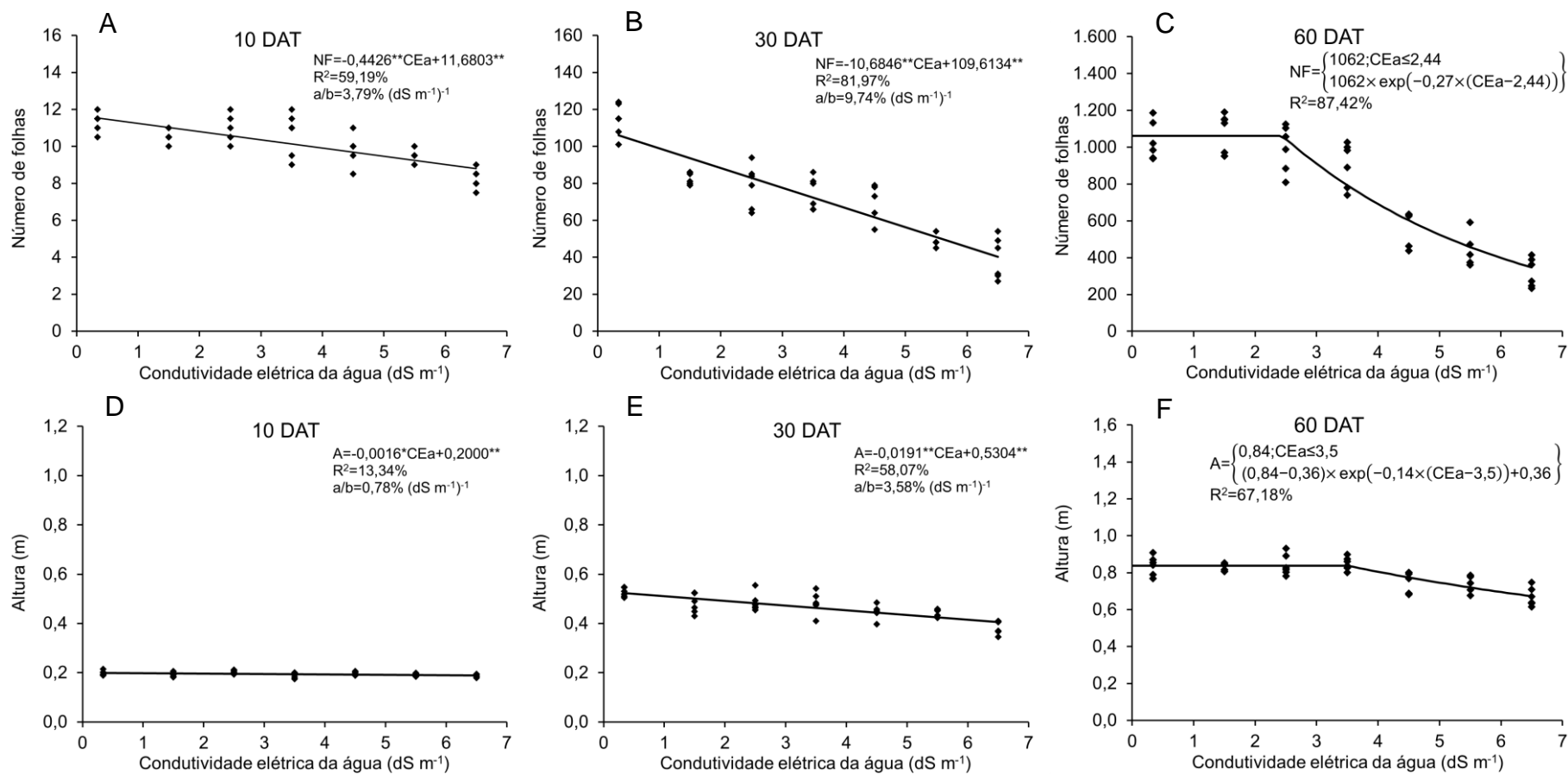


Figura 27. Número de folhas aos 10 (A), 30 (B) e 60 (C) dias após o transplante (DAT) e altura aos 10 (D), 30 (E) e 60 (F) DAT das plantas de pimenta ‘Biquinho’ em função da condutividade elétrica da água.

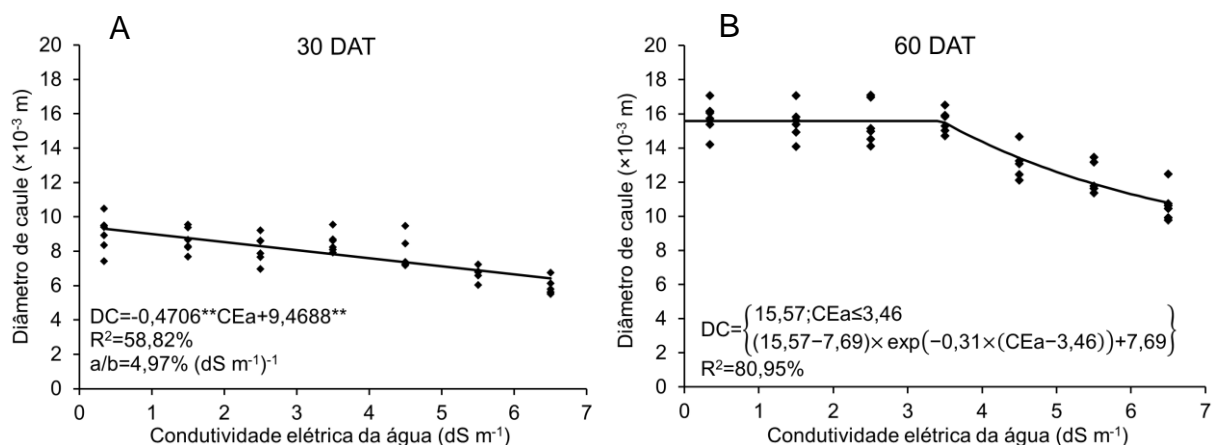


Figura 28. Diâmetro do caule da pimenteira ‘Biquinho’ aos 30 (A) e 60 (B) dias após o transplântio (DAT) em função da condutividade elétrica da água (CEa).

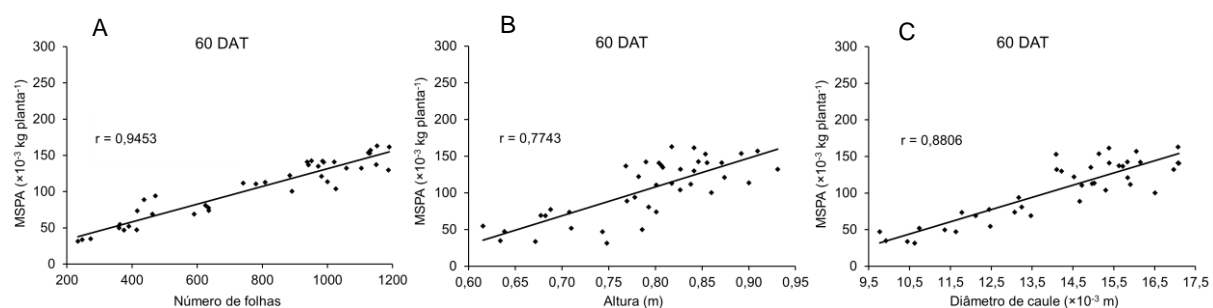


Figura 29. Coeficientes de correlação entre a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e número de folhas (A), altura (B) e diâmetro de caule (C) das plantas de pimenteira ‘Biquinho’ aos 60 dias após o transplântio.

O acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) da pimenteira ‘Biquinho’ aos 30 DAT reduziu linearmente com a salinidade em 10,79% para cada acréscimo unitário da CEa (em dS m^{-1}) (Figura 30A). Aos 60 DAT a MSPA se ajustou ao platô de resposta com queda exponencial média de 0,26 kg por dS m^{-1} e média de 0,145 kg até a salinidade limiar de 2,2 dS m^{-1} (Figura 30B). Essa queda exponencial foi proporcional às encontradas para número de folha (0,27 folhas por dS m^{-1}) (Figura 27C).

Posteriormente, aos 90 e 120 DAT, assim como verificado para o consumo hídrico acumulado aos 120 DAT (Figura 24), o efeito da CEa sobre a MSPA passou a ser explicado por uma equação do segundo grau, com valores máximos não mais relacionados ao tratamento controle (CEa 0,34 dS m^{-1}), mas sim nas proximidades dos tratamentos de salinidade intermediária: CEa de 2,50 e 3,50 dS m^{-1} (Figura 30C e D).

Sendo assim, o ajuste do platô de resposta aos 60 DAT foi uma transição para a polinomial de segundo grau aos 90 e 120 DAT, para explicar a variação da massa de matéria seca da pimenteira ‘Biquinho’ com o aumento da CEa (Figura 30).

A verificação de valores de MSPA de mesma magnitude entre o tratamento controle e CEa 6,33 dS m⁻¹ (aos 120 DAT), são comprovação da mudança na fenologia das plantas sob menor CEa, como já descrito anteriormente. Plantas sob menor CEa produziram inicialmente mais MSPA e isso impactou em sua maior produção e precocidade, conforme será demonstrado, mas, essa maior partição de fotoassimilados para os frutos se deu em detrimento do acúmulo final de MSPA (caule+folhas). Posteriormente, conforme análise visual ao final do ciclo, essas plantas passaram a emitir novos ramos (Figura 31), preparando-se para um novo fluxo de crescimento, mas sem contribuição suficiente desse para atingir os níveis de MSPA obtidos nas CEa intermediárias aos 120 DAT.

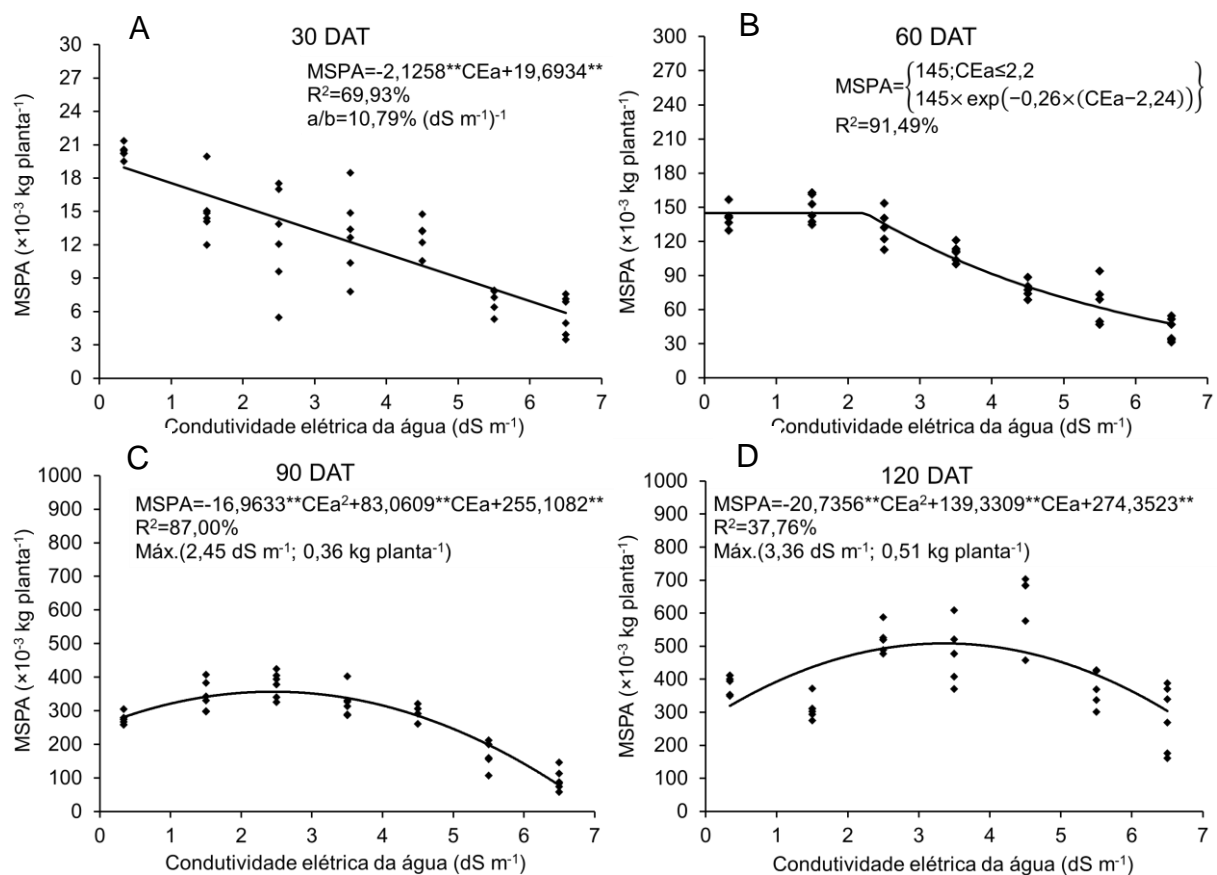


Figura 30. Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) da pimenteira ‘Biquinho’ aos 30 (A), 60 (B), 90 (C) e 120 (D) dias após o transplante (DAT) e em função da condutividade elétrica da água.



Figura 31. Emissão de novos ramos da pimenteira 'Biquinho' nos tratamentos de condutividade elétrica $0,34 \text{ dS m}^{-1}$ (controle) (A) e $1,50 \text{ dS m}^{-1}$ (B), registrada aos 117 dias após o transplântio (DAT).

Um aspecto não mensurado no presente trabalho, mas que pode estar relacionado com parte da aclimação da pimenteira 'Biquinho' aos níveis impostos de CEa, diz respeito à atenuação da temperatura da solução nutritiva pelo próprio sombreamento progressivo das calhas pelas plantas. Em outros estudos no mesmo local do presente experimento (Silva, 2012; Bione, 2013), verificou-se que a temperatura da solução nutritiva pode atingir níveis bem acima dos recomendados para hortaliças, em que a temperatura máxima da solução nutritiva deve ser de 25 a 30 °C (Rodrigues, 2002; Santos, 2009b). Temperaturas altas ($>45 \text{ °C}$) podem provocar danos aos tecidos jovens em crescimento, às membranas e enzimas, além de poder inibir a fotossíntese (Taiz e Zeiger, 2013).

Um efeito indireto relacionado ao aumento da temperatura da solução nutritiva é o aumento da sua condutividade elétrica. As consequências do aumento da temperatura na solução são, conforme Rodrigues (2002) e Dias & Blanco (2010), o aumento da solubilidade dos fertilizantes, resultando em mais íons dissociados na solução nutritiva e a redução da viscosidade da mesma, que aumenta a mobilidade dos íons.

Freitas (2017), em pesquisa conduzida com alface hidropônico sob o mesmo ambiente e estrutura do presente trabalho, observou aumento de $3,58 \text{ dS m}^{-1}$ ao longo do dia, para uma solução nutritiva cuja CE à 25 °C era de $9,42 \text{ dS m}^{-1}$. Ou seja, a CE parametrizada à 25 °C, para fins de comparação de resultados entre pesquisas, não

é a realidade da rizosfera, que fica sujeita à oscilação da temperatura. Certamente no início do presente experimento as pimenteiras jovens passaram por uma maior intensidade desse efeito conjunto dos estresses térmico e osmótico, enquanto as plantas safreiras tiveram atenuação da temperatura na calha, ao fazerem sombreamento sobre as calhas. Isso pode ter auxiliado na aclimação verificada no presente trabalho.

Em outros trabalhos conduzidos em hidroponia visando o aproveitamento de águas salobras foi sugerido que parte da redução do rendimento provocado pela salinidade poderia ser compensada ao se diminuir o espaçamento entre plantas de alface (Soares, 2007) ou aumentar o número de plantas por maço de coentro (Silva, 2014). Assim, poder-se-ia melhorar a produção pelo aumento da densidade de plantio, sem produzir competição da parte área entre plantas, já que a salinidade torna as plantas mais ananizadas. No presente trabalho, devido à recuperação das plantas, essa não seria uma alternativa razoável, já que as plantas sob salinidade só reduziram significativamente sua parte aérea no crescimento vegetativo inicial. Depois, como pode ser visto na Figura 30D, isso deixou de ocorrer.

5.4 Produção dos frutos

Segundo a empresa Horticeres Sementes (2017), sua pimenteira 'Biquinho' tem ciclo de 80 a 120 dias. A Empresa Agristar (2017), que comercializa sementes de mesma linhagem do presente experimento, indica ciclo de 100 à 120 dias a partir da semeadura. No presente trabalho as colheitas se iniciaram aos 65 DAT, portanto, aos 108 dias após a semeadura e dentro do período indicado pelas empresas.

Antes de destacar a análise estatística das produções acumuladas, vale tratar das produções parciais. Na Tabela 8 são apresentados os valores médios da produção de frutos maduros colhidos em 10 colheitas, a partir dos 65 DAT. Dentro de cada colheita parcial, o aumento da CEa nitidamente reduziu a produção de pimenta 'Biquinho' por dois motivos: redução do número de frutos por planta, sobretudo no início da produção, e redução da massa individual de cada fruto, registrada praticamente ao longo de todo ciclo produtivo.

É interessante notar na Tabela 8 que nas colheitas a 106 e a 111 DAT, o número de frutos maduros foi reduzido no tratamento controle ($0,34 \text{ dS m}^{-1}$) e sob CEa de $1,50 \text{ dS m}^{-1}$, enquanto para os demais tratamentos, o número de frutos maduros foi sempre crescente. Esse resultado corrobora com a alteração fenológica

anteriormente sinalizada para plantas submetidas ao tratamento controle e à CEa 1,50 dS m⁻¹, que apresentaram ciclo fenológico mais precoce em relação aos demais tratamentos. O mesmo indício consta da análise do número de frutos imaturos aos 120 DAT, quando esses tratamentos demonstraram perda parcial da capacidade de emitir novos frutos em relação aos tratamentos 2,50; 3,50; 4,50 e 5,50 dS m⁻¹.

Tabela 8. Número de frutos (NFr), massa de matéria fresca individual por fruto (Yf) e produção de frutos (Yp) de pimenta 'Biquinho' em cada colheita e em função da condutividade elétrica da água (CEa)

CEa (dS m ⁻¹)	Dias após o transplante												
	65	72	79	86	91	96	101	106	111	120	65-120	120	65-120
	----- NF maduros -----										NF imaturos		NF*
	----- (planta ⁻¹) -----												
0,34	8	13	22	93	178	232	281	190	157	339	1.514	437	1.951
1,50	1	6	22	85	158	293	345	276	260	397	1.842	415	2.257
2,50		1	8	27	32	76	229	318	468	1.161	2.319	1.261	3.580
3,50			0,3	7	16	78	148	164	283	1.134	1.829	1.668	3.497
4,50				9	27	34	51	57	62	435	675	778	1.453
5,50					3	5	10	27	47	242	333	595	928
6,50								2	3	44	49	225	274
	----- Yf maduros -----										Yf imaturos		Yf*
	----- (×10 ⁻³ kg por fruto) -----												
0,34	2,9	2,8	2,4	2,2	1,9	1,6	1,4	1,3	1,4	1,4	1,6	1,1	1,5
1,50	1,2	1,5	1,9	1,8	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,0	1,2
2,50		1,0	1,0	0,7	0,8	0,8	1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	0,9
3,50			0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8
4,50				0,6	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7
5,50					0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
6,50								0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
	----- Yp maduros -----										Yp imaturos		Yp*
	----- (×10 ⁻³ kg por fruto) -----												
0,34	24,6	36,0	54,9	205,0	343,1	381,9	400,1	254,6	206,8	480,6	2.387,7	480,8	2.868,5
1,50	1,3	8,0	40,7	150,3	250,5	362,2	422,8	321,2	310,1	465,5	2.332,6	398,8	2.731,4
2,50		1,0	7,8	20,0	24,9	62,9	233,5	275,4	388,6	1.076,5	2.090,7	1.069,2	3.159,9
3,50			0,2	3,7	9,0	51,8	107,5	119,8	178,7	943,1	1.413,8	1.253,2	2.666,9
4,50				11,3	34,7	33,7	44,2	40,3	37,8	328,0	529,9	539,2	1.069,1
5,50					1,4	1,8	5,6	17,7	27,3	154,3	208,1	342,8	550,9
6,50								0,9	1,4	31,0	33,3	117,9	151,2

*Frutos maduros e imaturos.

O aumento do número de frutos dos tratamentos 2,50 e 3,50 dS m⁻¹ a partir dos 106 DAT em relação aos tratamento controle e CEa 1,50 dS m⁻¹ repercutiu na equação de ajuste para essa variável acumulada ao final do ciclo (65 - 120 DAT), apresentando comportamento da equação polinomial de segundo grau, com ponto máximo de 2,65 dS m⁻¹ e 3.033,37 frutos planta⁻¹ (Figura 32). Se por um lado o tratamento controle e a CEa 1,50 dS m⁻¹ não produziram maior número total de frutos, produziram sim os

frutos com maior massa de matéria fresca individual, ao longo de todas as colheitas parciais (Tabela 8). A partir das médias estimadas pela relação da produção total pelo número total dos frutos, a massa individual da pimenta 'Biquinho' reduziu linearmente a partir do tratamento controle (Figura 32).

Pode-se observar que, ao longo do tempo, a Y_f foi variável, pois, como os maiores valores foram obtidos no início da produção, pode-se inferir que à medida que cada planta foi tornando-se mais produtiva na safra, o acúmulo de matéria foi menos concentrado por fruto (Tabela 8). Essa tendência de diminuição da Y_f ao longo do tempo foi verificada para o tratamento controle e para CEa $1,5 \text{ dS m}^{-1}$. Isso corrobora com observações transmitidas por técnicos e agricultores, entrevistados durante o presente experimento, que atribuem ao avanço da idade das plantas o menor tamanho e massa dos frutos. Para as demais CEa não se observou tal tendência, provavelmente devido à alteração fenológica sofrida pelas plantas que tiveram sua produção retardada.

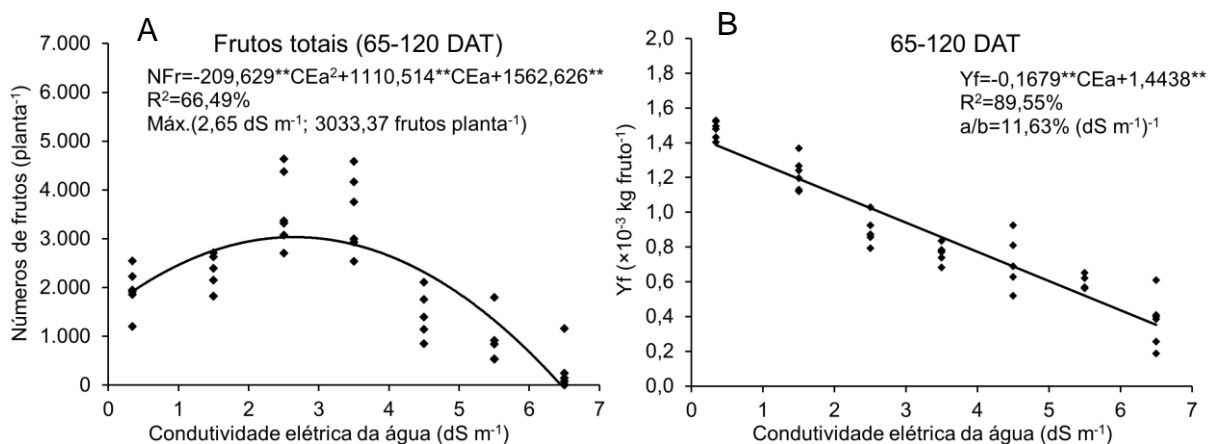


Figura 32. Número de frutos acumulado (A) e massa de matéria fresca individual do fruto (Y_f) (B) de pimenteira 'Biquinho', aos 120 dias após o transplântio (DAT), em função da condutividade elétrica da água.

Também se deve inserir nesta discussão a demonstração da mudança na massa individual do fruto ao longo do tempo (em relação a idade da planta). Para isso foi feita uma avaliação contrastando a média de três colheitas consecutivas agrupadas em dois conjuntos de dados: I) 86, 91 e 96 DAT e II) 106, 111 e 120 DAT. Analisando-se a média das massas individuais por fruto aos 86, 91 e 96 DAT, em contraste com a média aos 106, 111 e 120 DAT, pode-se observar que a massa individual do fruto obtida no tratamento controle (CEa $0,34 \text{ dS m}^{-1}$) ao final da safra foi significativamente

menor (1,37 g fruto⁻¹), com perda de 0,57 g, em relação à média obtida entre 86-91-96 DAT (qual seja: 1,94 g fruto⁻¹). A CEa de 1,5 dS m⁻¹ também reduziu a massa individual, com perda de 0,35 g. Para as CEa 2,50; 3,50 e 4,50 dS m⁻¹, a massa individual por fruto ao final da safra se manteve estatisticamente constante (Tabela 9). Ou seja, o efeito da salinidade (CEa) sobre a produção individual do fruto foi mais pronunciado que o efeito da idade da planta, inexistindo interação entre esses fatores.

Os tratamentos de CEa 5,50 e 6,50 dS m⁻¹ não fizeram parte dessa avaliação (Tabela 9) por causa do atraso da produção, não dispondo de dados suficiente nas colheitas consideradas.

Tabela 9. Média da massa de matéria fresca individual do fruto (Yf) para o conjunto de dados das colheitas aos 86, 91 e 96 dias após o transplântio (DAT) (Conjunto I) e das colheitas aos 106, 111 e 120 DAT (Conjunto II)

CEa (dS m ⁻¹)	-----Yf (g fruto ⁻¹) -----	
	Conjunto I	Conjunto II
0,34	1,94a	1,37b
1,5	1,55a	1,20b
2,5	0,77a	0,89a
3,5	0,56a	0,73a
4,5	0,61a	0,67a

Média seguida de mesma letra minúscula na linha não difere entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para CEa $\geq 2,5$ dS m⁻¹, a aparente ausência do efeito da idade da planta (fenologia) e do efeito do menor crescimento do fruto provocado pelo aumento do número de frutos (redistribuição da matéria), indicadas para explicar a redução progressiva da massa individual no tratamento controle e na CEa 1,5 dS m⁻¹, pode demonstrar que para CEa $\geq 2,5$ dS m⁻¹ o efeito redutor da salinidade sobre a massa individual dos frutos foi mais decisivo que outros fatores.

Navarro et al. (2010) obtiveram resultados semelhantes no cultivo experimental de pimentão cv. 'Orlando' com águas salobras, em que concluíram que a redução da produção total de frutos foi mais influenciada pelo menor "peso" individual por fruto com o aumento da salinidade. Azuma et al. (2010) explicam que a salinidade tem maior impacto sobre o fruto de pimentão que nas demais partes aéreas da planta e sugerem que o acúmulo de sódio, encontrado por estes autores em maior proporção nos frutos, causa deficiência hídrica e desbalanceamento iônico nos tecidos, prejudicando seu crescimento. Entretanto, não foi realizada análise nutricional no presente trabalho para confirmar essa hipótese para pimenta 'Biquinho'.

Observa-se também que as plantas do tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹) foram mais precoces na produção. Desde a primeira colheita, as plantas da CEa 1,50 dS m⁻¹ apresentaram frutos, mas só a partir da quarta colheita, aos 96 DAT, sua produção passou a ser comparável à do controle (Tabela 8). Aos 101 DAT a produção relativa com base na produção do tratamento controle foi de 105,7 % (Tabela 10).

Estabelecendo um rendimento relativo de 75%, com base na produção de frutos maduros do tratamento controle em cada colheita, as águas salobras só permitiram alcançar tal nível tardiamente: entre 91 e 96 DAT para CEa 1,50 dS m⁻¹; entre 101 e 106 DAT para CEa 2,50 dS m⁻¹; entre 106 e 111 DAT para CEa 3,50 dS m⁻¹. As demais águas salobras não permitiram alcançar tal nível mínimo de produtividade relativa por colheita (Tabela 10). A CEa de 4,5 dS m⁻¹ só alcançou esse nível de produtividade relativa em termos de frutos imaturos.

Tabela 10. Rendimento relativo (Yr) parcial, em relação ao tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹), da pimenteira 'Biquinho' em função da condutividade elétrica da água (CEa) e ao longo de dez colheitas parciais

CEa (dS m ⁻¹)	Dias após o transplântio										65-120	120
	65	72	79	86	91	96	101	106	111	120		
	----- Yr frutos maduros (%) -----										Yr frutos imaturos (%)	
0,34	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0
1,5	5,5	22,2	74,2	73,3	73,0	94,8	105,7	126,1	149,9	96,9	97,7	82,9
2,5		2,8	14,2	9,8	7,3	16,5	58,4	108,2	187,9	224,0	87,6	222,4
3,5			0,3	1,8	2,6	13,6	26,9	47,1	86,4	196,2	59,2	260,6
4,5				5,5	10,1	8,8	11,0	15,8	18,3	68,2	22,2	112,1
5,5					0,4	0,5	1,4	7,0	13,2	32,1	8,7	71,3
6,5								0,3	0,7	6,5	1,4	24,5

Ainda analisando os valores médios de rendimento relativo por colheita, registrou-se que com 101 DAT, a água com CEa 1,50 dS m⁻¹ passou a ser mais produtiva que o tratamento controle; esse aumento foi de 5,7%, e aos 111 DAT, o ganho foi de 26,1%. A água com CEa de 2,50 dS m⁻¹ proporcionou aumentos ainda mais expressivos, de 87,9 e 124%, aos 111 e aos 120 DAT, respectivamente. A água de CEa 3,50 dS m⁻¹ produziu 96,2% a mais que o controle aos 120 DAT (Tabela 10).

Esses resultados corroboram com o aspecto revigorado (menos sintomático) das plantas e os aumentos do consumo hídrico e do acúmulo de massa de matéria seca nos tratamentos de salinidade moderada. Esses resultados reforçam a recuperação parcial da produção da pimenteira 'Biquinho', após sua fase inicial de crescimento em que as plantas exibiram significativa sensibilidade aos sais.

A inferência de que existiu uma tendência de recuperação das plantas durante sua fase safreira/reprodutiva e que isso poderia manter ou intensificar a produção após os 120 DAT (Figura 33A) foi reforçada ao se analisar também a produção em termos de frutos imaturos colhidos na última colheita. E isso se justifica nos seguintes motivos: mais frutos imaturos foram produzidos com CEa de 2,50 e 3,50 dS m^{-1} , em relação ao tratamento controle; quando se analisou a proporção de frutos imaturos por frutos maduros (rV/M), por planta, foram observados (Figura 33B) valores inferiores a 1,0 para o controle e para a CEa 1,50 dS m^{-1} , enquanto para as demais águas, à medida que aumenta-se a CEa elevava-se essa razão.

Plantas sob CEa $\leq 2,52 \text{ dS m}^{-1}$ tinham aos 120 DAT uma relação rV/M em torno de 1,0, o que demonstra que havia certa proporcionalidade na produção de novos frutos, em relação aos que já estavam maduros. Por outro lado, em virtude da recuperação tardia e menor precocidade, plantas submetidas aos tratamentos mais salinos tinham relação rV/M mais elevada. O tratamento CEa 6,5 dS m^{-1} não fez parte dessa avaliação de rV/M em função de haver parcelas sem frutos maduros ou número bastante reduzido.

Observa-se na Figura 34 que a produção foi reduzida exponencialmente nas colheitas acumuladas até os 96 DAT. Analisando as equações ajustadas, observa-se que o valor do parâmetro 'k' (Eq. (13)) tornou-se cada vez menos negativo, o que representa menor declividade média da queda de produção. Ou seja, com o tempo as produções parciais dos tratamentos mais salinos tornaram-se menos distanciadas da produção do tratamento controle.

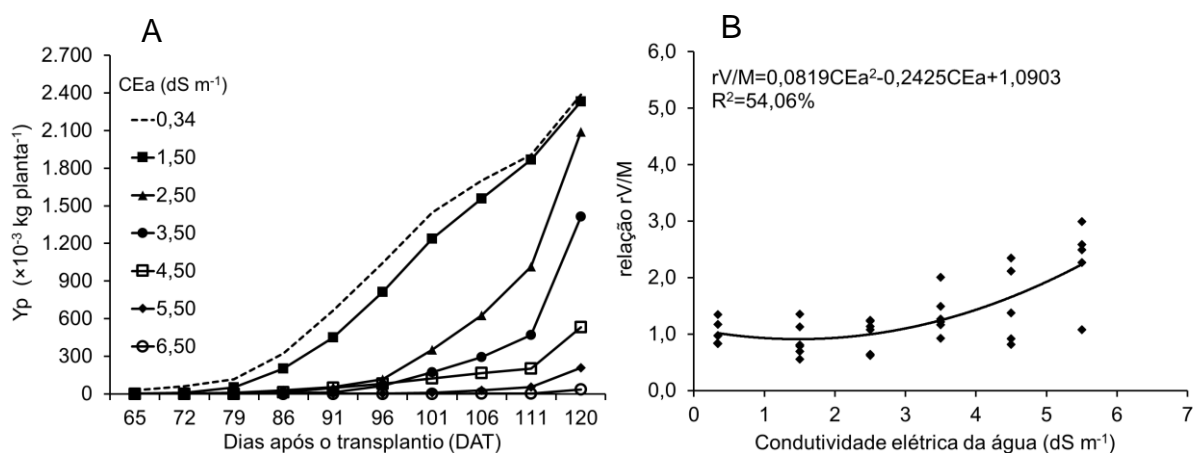


Figura 33. Produção acumulada dos frutos maduros de pimenta 'Biquinho' ao longo de tempo e em função da condutividade elétrica da água (A) e relação entre as massas de matéria fresca médias dos frutos imaturos e frutos maduros (rV/M), colhidos aos 120 dias após o transplântio e em função da condutividade elétrica da água.

A partir dos 96 DAT a produção do tratamento salino de menor CEa (1,50 dS m⁻¹) passou a produzir em nível mais próximo do controle (CEa 0,34 dS m⁻¹). Nesse sentido, o modelo ajustado deixou de ser o de queda exponencial e passou a ser o platô de resposta seguido de redução (a partir dos 101 DAT).

Entretanto, como a redução relativa foi superior a 50% em muitos tratamentos, o modelo de Maas & Hoffman, de platô seguido de redução linear, foi preterido, em relação ao modelo de resposta com platô seguido de queda exponencial. Segundo Ayers & Westcot (1999), a redução das produtividades relativas deixa de ser linear quando o efeito da salinidade causa rendimentos bastante inferiores a 50%. Nesse sentido, o uso do modelo de Maas & Hoffman (1977) para estimativa da salinidade limiar da cultura não foi adotado no estudo das colheitas acumuladas no tempo. Ajustou-se, então, o modelo de platô seguido de redução exponencial, para as colheitas parciais aos 101, 106, 111 e 120 DAT (Figura 35).

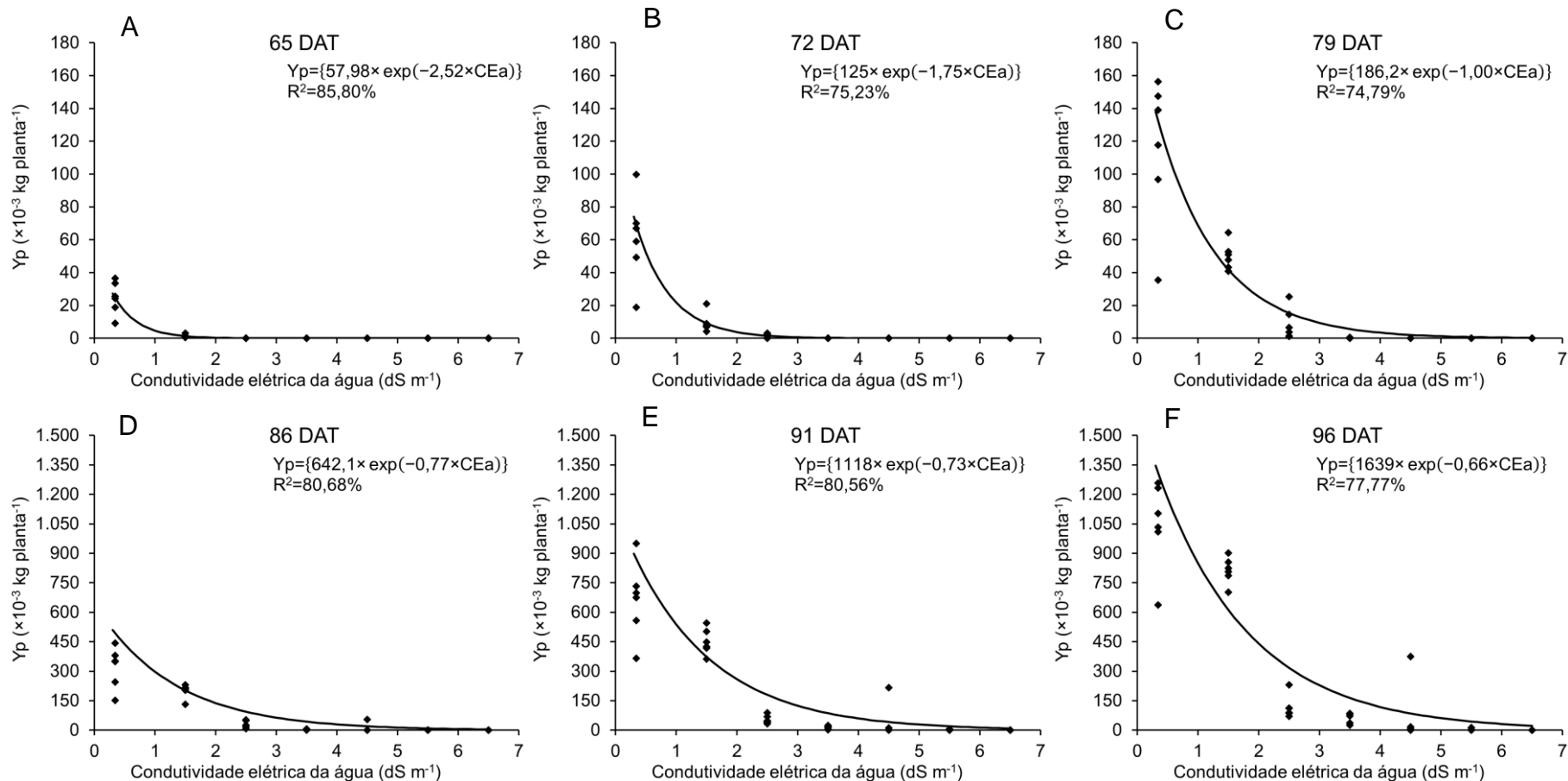


Figura 34. Produção de frutos (Y_p) maduros acumulada de pimenteira 'Biquinho' aos 65 (A), 72 (B), 79 (C), 86 (D), 91 (E) e 96 (F) dias após o transplante (DAT), em função da condutividade elétrica da água.

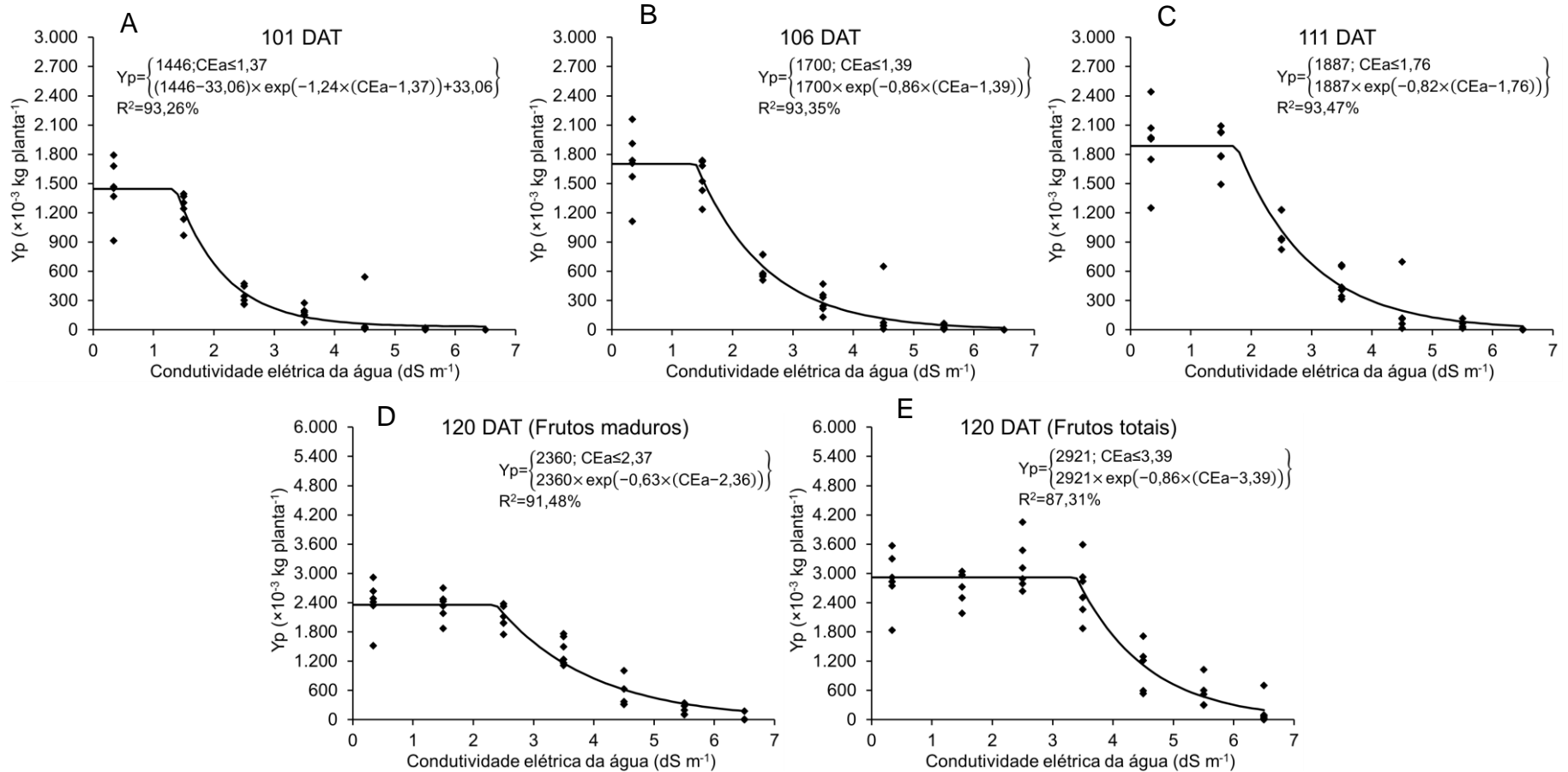


Figura 35. Produção de frutos (Y_p) maduros acumulada de pimenteira 'Biquinho' aos 101 (A), 106 (B), 111 (C) e 120 (D) dias após o transplante (DAT), e produção total acumulada dos frutos maduros e imaturos aos 120 DAT (E), em função da condutividade elétrica da água (CEa).

A resposta ao modelo de platô da produção acumulada de frutos totais foi um reflexo da recuperação consistente do número de frutos nos níveis intermediários de CEa (2,50 e 3,50 dS m⁻¹) (Figura 32). O efeito da CEa sobre a produção total de frutos acumulados, já considerando também os imaturos, ajustou-se a um modelo de platô de resposta com redução exponencial, a partir da CEa limiar de 3,39 dS m⁻¹ (Figura 35E).

No presente trabalho, o rendimento da pimenta ‘Biquinho’ foi estimado em 2,92 kg por planta (Figura 35E). Considerando o espaçamento adotado e 0,6225 m² de área por planta, isso equivale a 46,9 t ha⁻¹ aos 120 DAT, em apenas 55 dias de colheita.

López-López et al. (2015) registraram produtividade de 27,44 t ha⁻¹ para uma cultivar de *C. chinense* ‘Habanero’ no México, irrigada por gotejamento, a céu aberto e em solo argiloso. Esses autores informam que o potencial da ‘Habanero’ pode ser de até 31,2 t ha⁻¹.

Na região semiárida da Venezuela, Jaimez et al. (2000) trabalharam com um genótipo de pimenta doce *C. chinense* submetido a diferentes frequências de irrigação (3, 6 e 9 dias). Os autores reportaram que o déficit hídrico provocado pelo aumento do turno de rega levou à diminuição na floração e atraso na ocorrência da máxima floração, que, provocou diminuição na produção de pimenta. As maiores produtividades alcançadas ao longo de três anos estiveram em torno de 22,5 t ha⁻¹.

O rendimento da pimenta ‘Biquinho’ no presente trabalho é comparável com aquele indicado por Barroca et al. (2015), que trabalharam com *C. chinense* ‘De Cheiro’, de baixa ardência, no município de São Mateus, Espírito Santo, em condições de solo. Naquele trabalho as plantas foram espaçadas em 1,1 por 0,62 m, sendo irrigadas com gotejadores que aplicaram diferentes lâminas de irrigação, com base na evapotranspiração de referência. A produtividade máxima alcançada foi de 43,6 t ha⁻¹, acumulada até 173 DAT, em 91 dias de colheita.

Trabalhando especificamente com a pimenta ‘Biquinho’, variedade IAV 1643, em solo com mulch plástico e irrigação por gotejamento, Domenico (2011) encontrou produção média de aproximadamente 0,57 kg por planta, em termos de massa de matéria fresca de frutos. Considerando o espaçamento adotado pela autora, com 0,5 x 0,85 m, sua produtividade seria estimada em 13,41 t ha⁻¹, acumulada em cinco meses.

Dedini (2012), trabalhando com pimenta Biquinho consorciada com feijão-deporco e crotalaria-júncea, encontrou produção de até 0,56 t ha⁻¹, acumulada até os 140 DAT, o que leva à produção de 56,23 g por planta, muito aquém do produzido pela cultura no presente experimento. Já Heinrich et al. (2015), trabalhando com diferentes progênies autofecundadas de pimenta Biquinho de cor salmão, obtiveram produtividades de até 1,73 kg por planta. Não se tem informações suficientes para saber com quantos dias as plantas foram colhidas e se foram colhidos apenas frutos maduros. De qualquer forma, essa produção já está mais próxima da ordem de grandeza verificada no presente trabalho.

Amaro (2016) informa que a produção alcançada pela pimenta ‘Biquinho’ “Moema”, variedade selecionada e desenvolvida pela EMBRAPA, é de 20 t ha⁻¹ em seis meses de colheita de frutos maduros, em cultivo convencional e espaçamento de 1,20 x 0,80 m (entre fileira x entre plantas). A produção obtida no presente experimento passou do dobro da estimada por esse autor, ainda que se deva considerar as diferenças entre as técnicas de cultivo assim como as variedades utilizadas.

5.5 Qualidade dos frutos

Assim como esperado e caracterizado no tópico ‘Análise visual de sintomas’, e ilustrado anteriormente na Figura 21, houve redução linear do comprimento (CF), da largura basal (LB) e do comprimento do ‘bico’ (CB) dos frutos em 7,84; 7,94 e 9,99% (Figura 36), respectivamente, para cada aumento unitário da salinidade da água (dS m⁻¹). Deve-se considerar que o tratamento CEa 6,5 dS m⁻¹ não participou da análise de qualidade dos frutos, devido ao fato de que não havia frutos em todas as parcelas e as que produziam, nem sempre foram suficientes para as avaliações.

As médias obtidas para os tratamentos controle (CEa 0,34 dS m⁻¹) e CEa 1,50 dS m⁻¹ para as variáveis CF, LB, CB, relação rLB/CF e relação rCB/CF foram de: 0,0212 e 0,0196 m; 0,0145 e 0,0135 m; 0,00557 e 0,00509 m; 0,701 m m⁻¹; 0,263 e 0,259 m m⁻¹, respectivamente. A relação rLB/CF foi inferior a um e não diferiu com o aumento da salinidade, mantendo-se, portanto, o formato mais alongado, que se circunscreve num retângulo. Estes valores estão dentro dos parâmetros encontrados por Heinrich et al. (2015), ao caracterizarem 17 progênies de pimenteira ‘Biquinho’ de frutos com coloração salmão, que obtiveram comprimento médio do fruto entre 0,0198 m e 0,0285 m, largura basal média do fruto entre 0,0121 m a 0,0166 m; Com relação

ao comprimento médio do bico do fruto variou entre 0,0015 m a 0,0063 m. A partir desses dados pode se estimar os valores médios para relação rLB/CF entre 0,58 e 0,79 m m⁻¹ e rCB/CF de 0,07 e 0,28 m m⁻¹. A partir da CEa 2,50 dS m⁻¹ os valores de CF e LB ficaram abaixo dos valores encontrados por esses autores.

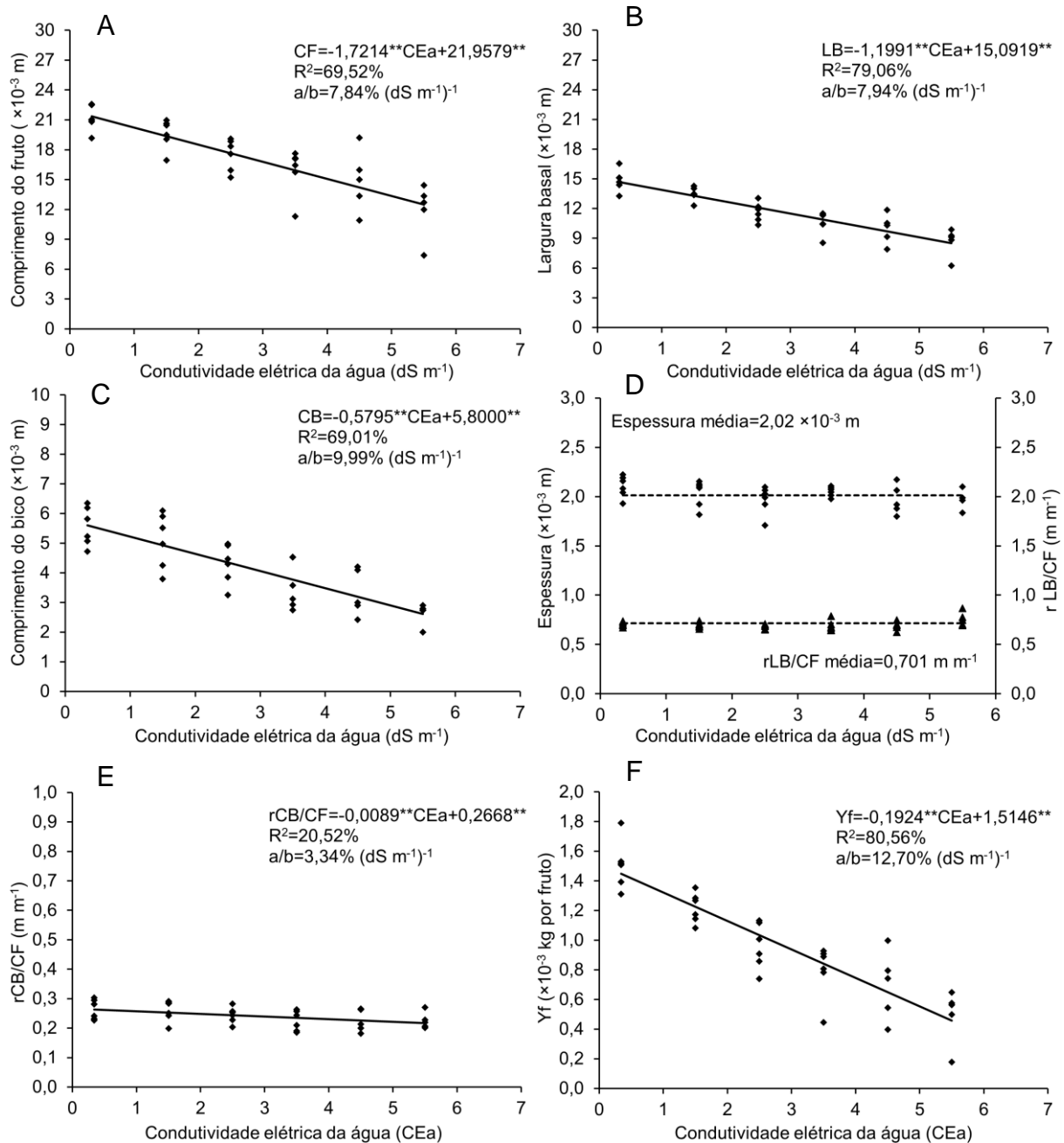


Figura 36. Comprimento (A), largura basal (B), comprimento do ‘bico’ (C), espessura da parede (D), relação largura basal pelo comprimento (rLB/CF) (D), relação comprimento do ‘bico’ pelo comprimento (rCB/CF) (E) e massa de matéria fresca individual (Yf) (F) dos frutos maduros de pimenteira ‘Biquinho’ em função da condutividade elétrica da água, aos 110 dias após o transplante (DAT).

Duarte et al. (2016) observaram que a cultivar de pimenta 'Biquinho' que testaram possuía diâmetro cerca de 0,7 vezes menor que o comprimento, acrescentando que é característico desta cultivar ter pouca diferença entre o diâmetro e o comprimento, o que a diferencia de outras cultivares normalmente mais compridas e de diâmetro menor. Os autores obtiveram medidas de largura basal média de 0,0154 m, comprimento médio de 0,0230 e massa individual média de 1,73 g.

No presente experimento, os frutos sob CEa mais alta ficaram menores, pois o comprimento e a largura do fruto foram reduzidos. No entanto, a relação largura basal pelo comprimento do fruto ($r_{LB/CF}$) não se alterou com o aumento da CEa. Esse resultado reflete que as reduções específicas no comprimento e na largura foram proporcionais, contribuindo para manter o formato dos frutos produzidos, independentemente do tamanho alterado pela CEa. De fato, a redução linear em ambas as dimensões do tamanho ficou em torno de 7,8 a 7,9% para cada acréscimo unitário na CEa ($dS\ m^{-1}$) (Figura 36).

Quando se avaliou a relação do comprimento do 'bico' pelo comprimento do fruto ($r_{CB/CF}$), estimou-se uma redução relativa significativa, mas de apenas de 3,34% para cada acréscimo unitário na CEa ($dS\ m^{-1}$) (Figura 36). Como o formato com o bico pronunciado é um dos atributos visuais mais apreciados na pimenta 'Biquinho' para o consumo *in natura* ou íntegros em conservas, é interesse que o uso de águas salobras preserve essa característica ou, como foi o caso do presente experimento, apresente uma redução sutil. Entretanto, alguns frutos produzidos em condição salina apresentaram formato mais cilíndrico. Esperava-se detectar esse problema com a relação $r_{LB/CF}$ (não significativo), mas os resultados mostraram maior sensibilidade mediante a relação $r_{CB/CF}$.

Sem sofrer efeito da CEa, a espessura da parede dos frutos apresentou média para todos os tratamentos igual a 0,00198 m (Figura 36). Esse valor também se enquadra nas medidas verificadas por Heinrich et al. (2015), que detectaram valores entre 0,0016 e 0,0023 m de espessura da parede dos frutos. O fato de a salinidade não afetar essa variável, sob a hipótese de que o aumento da salinidade pode diminuir a espessura da parede, favorece que os frutos produzidos com águas salobras sejam uma boa opção comercial, pois contribui com a massa de matéria fresca do fruto e, conseqüentemente, com a produção, além do que, espessura de parede mais grossa é uma característica apreciada pelo consumidor final, já que a pimenta 'Biquinho' é geralmente consumida *in natura* ou em conserva (Heinrich et al., 2015). A redução da

espessura da parede representa maior proporção de espaços vazios e/ou sementes, o que poderia dificultar a aceitação do consumidor e das indústrias, inclusive para produção de geleia, molhos e antepasto.

Alguns autores constataram redução da espessura da parede do fruto em função do aumento da salinidade, como Navarro et al. (2002), cultivando pimentão cv. 'Orlando' sob salinidade de até 8 dS m⁻¹ e Rubio et al. (2009), que cultivaram pimentão *C. annuum* L. cv. 'Somontano' em hidroponia e atribuíram esse comportamento à diferença no teor de água presente nos frutos, principalmente na fase de expansão celular. Navarro et al. (2010) trabalharam com salinidades estimadas de 0; 1,5 e 3 dS m⁻¹ (de NaCl na água) no cultivo de plantas de pimentão híbrido 'California' cv. 'Orlando', e relataram diminuição da espessura da parede do fruto quando submetido a 3 dS m⁻¹. Giuffrida et al. (2014), ao compararem o efeito da salinidade pela concentração da solução nutritiva e pela adição de NaCl (a 4 dS m⁻¹), observaram a redução da espessura da parede de fruto em pimentão híbrido F1 cv. 'Icaro' apenas na condição salina por NaCl, mas não registraram diferença no teor de água nos frutos de ambos os tratamentos, ao que os autores sugeriram haver um efeito iônico específico do NaCl sobre a espessura da parede dos frutos.

No presente trabalho, os frutos não apresentaram diferença significativa no teor de água com aumento da salinidade (média de 84,85% para todos os tratamentos, incluindo CEa 6,5 dS m⁻¹), o que poderia explicar o resultado diferente do encontrado pelos autores acima citados. Deve-se considerar, no entanto, que há divergência entre os estudos quando se trata da espessura da parede ou polpa de fruto. Outras pesquisas com tomate (Ruiz et al., 2015) demonstraram que houve aumento da espessura quando submetido à salinidade; com melão (Botía et al., 2005) não houve efeito significativo sobre essa variável em função da salinidade.

Essa não significância dos níveis de CEa sobre o formato típico do fruto e a proporção das dimensões dos frutos de pimenta 'Biquinho' é importante para garantir a manutenção da qualidade biométrica em condições de salinidade. Além disso, o efeito significativo da CEa sobre a redução do tamanho dos frutos pode ter importância secundária se o mercado consumidor aceitar frutos até o tamanho que foi obtido nos níveis mais altos de CEa que foram testados.

Quando se procura por padrões de qualidade da pimenta 'Biquinho' em termos de dimensões de tamanho e massa individual não se encontram referências (oficiais ou científicas).

No caso de frutos com tamanho muito reduzido pelo uso de águas salobras, uma opção que não deve penalizar a remuneração do agricultor seria a destinação das pimentas 'Biquinho' para a fabricação de produtos processados, como as geleias, molhos e antepasto.

A massa de matéria fresca por fruto (Y_f) foi anteriormente discutida como componente da produção. Mas, essa variável também é decisiva para caracterizar a qualidade dos frutos. A medida que a CEa aumentou entre os tratamentos, a Y_f foi reduzida. Aos 110 DAT foi estimada uma redução de 12,70% por aumento unitário na CEa (em $dS\ m^{-1}$) (Figura 36F). Os dados médios de massa individual por frutos maduros (Y_f 1,6 g por fruto) obtidos para o tratamento controle (CEa $0,34\ dS\ m^{-1}$) estão na ordem de grandeza dos resultados apresentados por Domenico (2011), que, trabalhando em solo com mulch plástico e irrigação por gotejamento, encontrou média de 1,4 g por fruto de pimenta 'Biquinho', variedade IAV 1643, os quais tinham comprimento 0,023 m e largura 0,011 m.

Devido à falta de padronização oficial, buscou-se referencial comparativo com as exigências do mercado a partir do contato com empresas produtoras de pimenta 'Biquinho' em conserva, com frutos íntegros, além de se contatar produtores, inclusive um que adota a hidroponia para esse tipo de pimenta. Contatou-se também uma associação produtora de geleia de pimenta 'Biquinho', que obtinha os frutos de produção própria mas atualmente os compra; e empresas produtoras de geleia, molhos, calda de frutos íntegros e/ou antepasto de pimenta 'Biquinho'.

Foi demonstrado, de forma geral, e surpreendentemente, que frutos medianos são mais apreciados que frutos muito graúdos para uso em conserva; que empresas têm nível de exigência bastante variável em relação ao tamanho. Comprovou-se também que existe o efeito da sazonalidade sobre a qualidade biométrica dos frutos, e que isso reflete no relaxamento da exigência das empresas nos períodos entre safras. Também foi relatado que frutos pequenos podem ser apreciados para compor os espaços vazios deixados pelos frutos maiores nos frascos de conservas, podendo melhorar a composição visual.

Das seis empresas produtoras de pimenta 'Biquinho' em conservas contatadas, apenas uma usa uma espécie de peneira para delimitar um tamanho mínimo de 0,012 m para os frutos a serem comprados e para gerir alguma classificação de tamanho, ainda que, em função da sazonalidade, precise eventualmente diminuir essa seletividade e recorrer a frutos menores disponíveis no mercado. O tamanho dos

frutos parece ser uma preocupação secundária para a maioria dessas empresas e fornecedores, em comparação com outros fatores como rachaduras e questões de fitossanidade.

Em relação ao preço pago aos produtores de pimenta 'Biquinho', foram informados diferentes valores, que variaram de R\$3,00-R\$4,00 à R\$16,00, sendo o preço médio pago de R\$7,00 por kg, para frutos utilizados em diferentes finalidades (conservas, geleia, molhos e antepasto). Uma empresa ressaltou que o valor pago varia de acordo com a sazonalidade, sendo no verão (período de safra) pago o valor mínimo de R\$3,00-R\$4,00 e no inverno (entre safra) pago R\$12,00 à R\$15,00, variando também de acordo com a qualidade da mercadoria (presença de rachadura, manchas ou doenças depreciam o preço). Outra empresa informou que fecha acordo com produtores locais para manter preço fixo de R\$6,00, independentemente da sazonalidade.

As empresas fabricantes de produtos processados de pimenta 'Biquinho', que foram consultadas, informam as seguintes características de interesse ao comprar os frutos: não haver pungência (ardência), ausência de frutos brocados por lagarta. Também informam que se interessam por frutos pequenos, pois, afirmam que frutos menores têm mais polpa e menos espaço vazio, como é o caso dos frutos maiores. Uma dessas empresas informou que a comercialização da geleia de pimenta 'Biquinho' é mais rentável que a da conserva.

No presente experimento, houve ocorrência de rachaduras superficiais nos frutos, mas, conforme discutido anteriormente no tópico 'Análise visual de sintomas', evidenciou-se efeito benéfico do aumento da salinidade sobre a contenção das rachaduras na pimenta 'Biquinho'. Isso porque esse problema só foi observado em frutos de plantas submetidas ao tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹) e CEa 1,50 dS m⁻¹ (Figura 22).

A análise informal tomada a partir da coleta de frutos em conserva, comprados de diferentes marcas e de forma aleatória, demonstrou que a indústria nacional comercializa conservas de pimentas com frutos íntegros, comprimento médio de 0,0215 m, largura média de 0,0141 m e comprimento do bico de 0,0071 m, com desvios-padrão de 0,0040; 0,0022 e 0,0020 m, respectivamente (Tabela 11). Utilizando-se esses valores como referência para classificar a aceitabilidade comercial, para produção de conservas, dos frutos produzidos em condições salinas, pode-se afirmar, considerando os desvios-padrão, que quanto ao comprimento e

largura basal os frutos produzidos até a CEa 2,5 dS m⁻¹ estariam dentro do padrão comercial. Quanto ao comprimento do bico, apenas os tratamentos controle e CEa 1,50 dS m⁻¹ se enquadrariam nesse padrão (Figura 36)..

Tabela 11. Registros das médias, dos desvios-padrão (dP) e dos coeficientes de variação (CV) para as variáveis comprimento (CF), largura basal (LB), comprimento do bico (CB) do fruto maduro e as relações da largura basal pelo comprimento (rLB/CF) e do comprimento do bico pelo comprimento (rCB/CF) do fruto, determinadas em amostras (todos os frutos de um vidro por marca) de seis diferentes marcas comerciais

	CF (m)	LB (m)	CB (m)	rLB/CF (m m⁻¹)	rCB/CF (m m⁻¹)
média	0,0215	0,0141	0,0071	0,67	0,33
dP	0,0040	0,0022	0,0020	0,11	0,06
CV (%)	18,68	15,31	27,59	15,82	18,73

A relação da largura basal pelo comprimento dos frutos comerciais teve média de 0,67 m m⁻¹ e desvio-padrão de 0,11 m m⁻¹, valor esse que abrange as médias encontradas para todas as CEa avaliadas (CEa 0,34 à 5,5 dS m⁻¹) do presente experimento. Em contrapartida, a relação do comprimento do bico pelo comprimento do fruto esteve acima do encontrado no presente experimento, ficando além mesmo do tratamento controle.

Para obter os dados de qualidade do fruto, como comprimento, largura basal e comprimento do ‘bico’ do fruto, no presente experimento, foram avaliados apenas os frutos de final de safra (aos 110 DAT – faltando 10 dias para o fim do experimento). Isso pode explicar o tamanho reduzido do comprimento do ‘bico’ em relação aos frutos comerciais medidos, mesmo do tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹).

Portanto, considerando os resultados encontrados na avaliação dos frutos comerciais juntamente com as informações obtidas de empresas e produtores que comercializam os frutos de pimenta ‘Biquinho’ para produção de conservas, o mercado atual, que tem preferência por frutos medianos, poderia aceitar frutos produzidos com salinidade da água (por NaCl) em torno da CEa 2,5 dS m⁻¹. Para demais fins, em que a pimenta ‘Biquinho’ é processada, como geleia, molhos e antepasto, os frutos de todos os tratamentos do presente experimento (CEa 0,34 à 5,5 dS m⁻¹) seriam comercializáveis.

5.6 Análise sensorial

Para esta análise, reitera-se que foram utilizados os frutos dos tratamentos de CEa 0,34; 1,50; 2,50 e 3,50 dS m⁻¹. Os frutos dos demais tratamentos (CEa 4,50; 5,50 e 6,50 dS m⁻¹) não foram incluídos na análise sensorial por apresentarem produção de frutos atrasada, não havendo frutos suficientes desses tratamentos no período de aplicação do teste sensorial (de 79 à 96 DAT)

Traçando-se o perfil dos 75 provadores/entrevistados da análise sensorial, 41 eram homens e 34 eram mulheres. Registrou-se que 64% dos provadores estavam na faixa etária de 18 à 34 anos, 10,67% entre 35 e 43 anos, 22,67% acima de 43 anos e os demais não informaram a idade. Quanto à escolaridade, 40% tinham pelo menos nível superior, 29,33% eram estudantes de graduação, 9,33% possuíam segundo grau completo e 21,33% não informaram.

Mais de 77% dos entrevistados tem o hábito de comer pimenta e/ou pimentão, mas só 40% já haviam consumido pimenta 'Biquinho'. Dos que já consumiram a pimenta 'Biquinho', 50% comeram *in natura*, 23,33% em conserva e 26,67% em ambas as formas de consumo.

Ao avaliarem as amostras, 81,33 e 82,67% dos provadores tinham intenção de comprar os frutos dos tratamentos de CEa 0,34 e 1,5 dS m⁻¹, respectivamente. Para os tratamentos de CEa 2,5 e 3,5 dS m⁻¹, a intenção de comprar os frutos foi de 77,33 e 66,67%, respectivamente.

O atributo de maior escore na escala hedônica pelos provadores foi a aparência (Tabela 12). Esse também foi o atributo mais sensível a CEa, fazendo-se distinguir três agrupamentos pelo teste de média. Os frutos de CEa 0,34; 1,50 e 2,50 dS m⁻¹ receberam escore médio equivalente a 'Gostei muito', sendo que CEa 0,34 dS m⁻¹ foi estatisticamente superior a CEa 2,50 dS m⁻¹. Os frutos de CEa 3,50 dS m⁻¹ receberam atributo equivalente a 'Gostei regularmente'. A maior diferença visual dos frutos do tratamento CEa 3,50 dS m⁻¹ foi o tamanho reduzido do fruto (Figura 21), mas que mantinha mesma proporção de largura basal pelo comprimento do fruto e baixa redução da relação do comprimento do bico pelo comprimento do fruto (discutido no tópico 'Qualidade dos frutos'). Como não havia presença de injúrias na superfície do fruto, supõe-se que houve preferência por frutos maiores que os encontrados no tratamento mais salino, embora sua aceitação seja positiva (acima da indiferença) (Tabela 12 e Figura 10).

Tabela 12. Escores médios da escala hedônica (1 à 9) para aparência, aroma, sabor e textura, escores médios da escala de intensidade (1 à 5) para ardência e escores médios da escala de atitude (1 à 5) para intenção de consumo, em função dos tratamentos de condutividade elétrica da água (CEa)

CEa (dS m ⁻¹)	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Ardência	Intenção de consumo
0,34	8,33a	6,99a	6,99ab	7,72a	2,00a	3,77a
1,50	8,17ab	6,99a	7,19a	7,60a	2,01a	3,84a
2,50	7,68b	6,72ab	6,69ab	7,67a	2,16a	3,53ab
3,50	6,67c	6,55b	6,41b	7,04b	2,11a	3,31b
CV (%)	18,28	22,12	28,09	20,76	48,65	34,64

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação

Quanto ao atributo aroma, todos os tratamentos apresentaram médias equivalentes à ‘Gostei regularmente’, embora, estatisticamente, tenha havido preferência maior pelo tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹) e CEa 1,50 dS m⁻¹, em relação ao tratamento mais salino.

Os provadores julgaram o sabor dos frutos do tratamento mais salino (CEa 3,50 dS m⁻¹) com escore médio equivalente à ‘Gostei ligeiramente’. Embora esse tratamento não se diferenciasse dos tratamentos controle (CEa 0,34 dS m⁻¹) e CEa 2,50 dS m⁻¹, estes últimos tiveram, juntamente com o tratamento de CEa 1,50 dS m⁻¹ escore análogo à ‘Gostei regularmente’. Houve uma diferença significativa no sabor entre os tratamentos CEa 1,50 e 3,50 dS m⁻¹, o que evidencia que a presença de NaCl em baixa quantidade pode apurar o sabor do fruto de pimenta ‘Biquinho’.

O atributo textura dos frutos de CEa 3,50 dS m⁻¹ recebeu escore equivalente à ‘Gostei regularmente’, inferior às demais CEa, que foram classificados com escore médio proporcional à ‘Gostei muito’. Esse atributo é particularmente apreciado pelo consumo dos frutos da pimenta ‘Biquinho’ *in natura* ou em conserva. O resultado se soma às conclusões obtidas no tópico ‘Qualidade dos frutos’, que indicou-se o emprego de CEa até 2,50 dS m⁻¹ para produção de frutos com uso na fabricação de conservas de frutos íntegros e até CEa 3,50 dS m⁻¹ para fins de produtos processados.

A salinidade não influenciou na percepção dos provadores ao atributo ardência, sendo os frutos de todos os tratamentos classificados como de ‘Baixa ardência’. Essa característica de ausência de pungência/ardência foi referenciada no tópico ‘Qualidade dos frutos’ como de interesse na fabricação de geleias e outros produtos processados, para não alterar a qualidade das receitas e a atratividade da ‘Biquinho’,

que deve ser uma pimenta doce. Portanto, o fato de o estresse salino não alterar o acúmulo de substâncias pungentes favorece a aceitabilidade determinada pelo mercado consumidor.

Houve maior intenção de consumo para os tratamentos CEa 0,34; 1,50 e 2,50 dS m⁻¹, com escore médio equivalente à 'Comeria frequentemente', enquanto que os frutos submetidos ao tratamento mais salino receberam escore análogo à 'Comeria se estivesse acessível, não me esforçaria para consegui-lo'. Esse atributo resume a aceitação final dos provadores pelos frutos de pimenta 'Biquinho' cultivada sob salinidade, que não diferiu até o nível de CEa 2,50 dS m⁻¹ e diminuiu para a CEa 3,50 dS m⁻¹.

5.7 Tolerância à salinidade

Devido ao poder tampão do solo, as suas soluções têm normalmente condutividade elétrica menor que a da hidroponia. Assim, a contribuição dos íons fertilizantes do solo é marginal para sua salinidade natural, enquanto na hidroponia essa pode assumir valores consideravelmente altos. No presente trabalho, a CE da solução nutritiva apenas devido aos íons fertilizantes foi de aproximadamente 2,3 dS m⁻¹, em termos de média ponderada no tempo (Tabela 5) e preparo a partir de uma água com 0,34 dS m⁻¹. Sonneveld et al. (2004) discutem a necessidade de consideração da salinidade mínima decorrente dos fertilizantes ao tratarem da adaptação do modelo de Maas & Hoffman (1977) para cultivos sem solo.

Em virtude dessas considerações, reitera-se a importância de se ter adotado como variável independente a condutividade elétrica da solução nutritiva ponderada no tempo (CEp) e não a CEa (Tabela 5).

Da análise visual das produções relativas ajustadas aos gráficos dos modelos testados (Figura 37), pode-se inferir que o modelo de Maas & Hoffman (1977) conduziu à produção nula de forma mais abrupta. Assim, para o presente experimento, os modelos não lineares explicaram melhor a redução da produtividade relativa quando essa tendeu à zero.

O modelo de Maas & Hoffman (1977) foi ajustado para uma salinidade limiar (SL) de 4,60 dS m⁻¹ e redução relativa (b) de 33,4% para cada acréscimo unitário na CE da solução nutritiva (Figura 37A). Caso fosse possível empregar a classificação apresentada por Ayers e Westcot (1999), a pimenteira 'Biquinho' seria classificada como uma cultura Moderadamente Tolerante (salinidade limiar entre 3 e 6 dS m⁻¹). O

problema dessa comparação reside no fato de que a referida classificação é proposta para cultivos em solo, e baseada na condutividade elétrica medida no extrato de saturação do solo (CEes) e não na umidade real durante o cultivo. Em hidroponia a planta é conduzida em condições de saturação, mas no solo a cultura normalmente é cultivada com umidade inferior à capacidade de campo, portanto, a CE real tolerada na rizosfera do solo deve ser maior que a CEes, por efeito de concentração de solutos. Assim, a comparação seria desfavorável ao solo.

Outro aspecto interessante obtido do modelo é o alto valor de decréscimo relativo da produtividade (33,4%), para cada 1 dS m⁻¹ aumentado na condutividade elétrica da solução nutritiva. Nas tabelas popularizadas a partir do trabalho de Maas & Hoffman (1977), como se encontra em Ayers & Westcot (1999), raros são os valores nessa magnitude.

Já o uso do modelo de platô com queda exponencial (Figura 37B) estabeleceu uma salinidade limiar de 5,22 dS m⁻¹, portanto, maior em relação à limiar estimada do modelo de Maas & Hoffman (1977). A vantagem do ajuste desse modelo exponencial foi de apenas 5,5%, aproximadamente, em termos de aumento do coeficiente de determinação.

O modelo de Steppuhn et al. (2005) não pressupõe uma salinidade limiar, que delimite um platô de resposta potencial (Yr 100%). Emprega sim o conceito da CE₅₀, que é a condutividade elétrica do meio correspondente a uma queda de 50% da produção alcançada na condição não salina. No presente trabalho essa CE₅₀ foi estimada em aproximadamente 5,90 dS m⁻¹ (Figura 37C). No modelo de Maas & Hoffman (1977), a produtividade relativa de 50% seria de aproximadamente 6,10 dS m⁻¹; já para o modelo platô com queda exponencial, seria aproximadamente 5,62 dS m⁻¹. Portanto, para essa Yr específica o modelo de Steppuhn et al. (2005) parece ser mais central e convergente.

Ao se analisar todos os pontos no domínio das CEa testadas, observa-se que existe menos diferenças entre as estimativas da produtividade relativa e, portanto, melhor correlação, entre os modelos de Steppuhn et al. (2005) e do platô com redução exponencial (Tabela 13).

Outro aspecto importante é que o parâmetro 's' de declividade do modelo de Steppuhn et al. (2005) foi 0,502 (dS m⁻¹)⁻¹. Comparando-o com os valores tabelados apresentados pelos autores para diferentes culturas, o valor de 's' ajustado para pimenteira 'Biquinho' é dos mais elevados. Mas, de fato, é condizente com a queda

abrupta da produção relativa após o segmento de produtividades relativas próximas ao potencial (Figura 37C). É coerente, portanto, com o alto valor do coeficiente 'b' do modelo de Maas & Hoffman (1977).

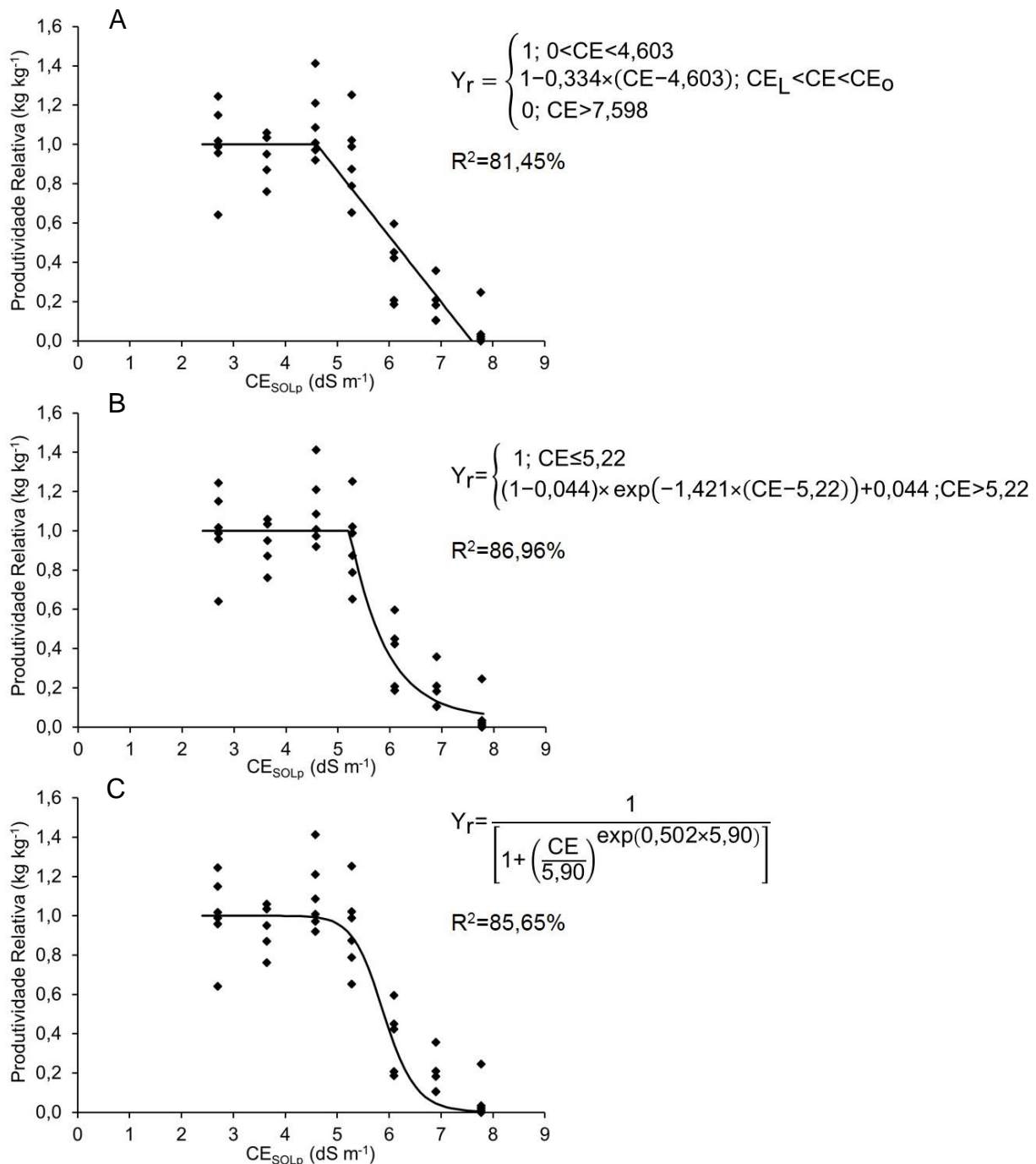


Figura 37. Dados de produção relativa (Y_r) da pimenteira 'Biquinho' em diferentes níveis de condutividade elétrica na solução nutritiva ponderada (CE_{solp}) ajustados aos modelos matemáticos de Maas & Hoffman (1977) (A), de platô seguido de queda exponencial (B) e de Steppuhn et al. (2005) (C).

Tabela 13. Coeficientes de correlação e diferenças nas estimativas das produtividades relativas (ΔYR) da pimenteira 'Biquinho' estimadas com os modelos de Maas & Hoffman (M), platô com redução exponencial (P) e Steppunh e Colaboradores (S), para diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva ponderada ($CESol_p$)

$CESol_p$ ($dS\ m^{-1}$)	YR observada	----- YR estimada -----			----- ΔYR estimada -----		
		M	P	S	MxP	MxS	PxS
2,70	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
3,64	0,95	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
4,58	1,10	1,00	1,00	0,99	0,00	0,01	0,01
5,28	0,93	0,77	0,93	0,90	-0,15	-0,12	0,03
6,09	0,31	0,50	0,32	0,35	0,18	0,15	-0,03
6,90	0,16	0,23	0,13	0,05	0,10	0,19	0,09
7,77	0,05	-0,06	0,07	0,00	-0,13	-0,06	0,06
Coeficiente de Correlação de Pearson					0,9637	0,9727	0,9974

Com base na proposta de Steppunh et al. (2005), o índice de tolerância à salinidade da pimenteira 'Biquinho' foi de 8,86. Em seu trabalho, Steppunh et al. (2005) encontraram para o pimentão cultivado em solo um índice de 5,77, produzido com uma C_{50} de $4,76\ dS\ m^{-1}$ e uma declividade 's' de $0,213\ (dS\ m^{-1})^{-1}$. Dentre as espécies usadas em seu trabalho, o pimentão é a de maior parentesco com a pimenteira 'Biquinho', entretanto, a comparação direta de seus valores de C_{50} e de índice de tolerância à salinidade torna-se imprópria pelas diferenças nos sistemas de produção, conforme já discutido anteriormente. Por outro lado, considerando apenas o parâmetro 's', pode-se inferir que a redução relativa da produção da pimenteira 'Biquinho' foi maior por aumento unitário na CE.

Se por um lado a comparação categórica de indicadores parece pouco viável, conforme discutido anteriormente, o valor do índice de Steppunh et al. (2005) e dos parâmetros levantados no presente trabalho para pimenteira 'Biquinho' serão úteis à exploração da cultura em condições hidropônicas. Além disso, a despeito de sua maior popularidade, o modelo de Maas & Hoffman (1977) tem mais limitações que o de Steppunh et al. (2005), que parece ter se tornado cada vez mais reconhecido pelos pesquisadores (Muuns et al., 2006; Shani et al., 2007; Ben-Gal et al., 2009; Grieve et al., 2012; Babazadeh et al., 2016; Rameshwaran et al., 2016; Stavridou et al., 2017).

Já o modelo de platô seguido de redução exponencial, apesar de não apresentar parâmetros de significado biofísico tão simples quanto o modelo de Steppunh et al. (2005), tem como atrativo manter um indicador limiar de salinidade

potencial, tal qual o modelo popularizado por Maas & Hoffman (1977), mas sem a inconveniência de perder ajuste quando a produtividade relativa cai abaixo de 50%.

5.8 Índice de Precocidade da produção de frutos

Analisando a Figura 38, observa-se que o índice de precocidade de produção da pimenteira ‘Biquinho’ foi reduzido pelo aumento da CEa. Pela natureza matemática desse índice (Eq. (11)), atribuiu-se máximo valor ao fator de ponderação da primeira colheita (qual seja: 10; peso esse relativo às 10 colheitas parciais no presente trabalho). Assim, quanto maior a contribuição das primeiras colheitas para a produção total, mais próximo de 1,0 foi o índice e quanto mais tardia a produção mais próximo de 0,1.

Considerando todos os tratamentos, o registro de índices de precocidade sempre inferiores a 0,5 representou uma produção que se caracterizou mais intensa na segunda metade do período da safra, inclusive para a condição não salina (CEa 0,34 dS m⁻¹). Mas, à medida que se aumentou a salinidade acima da CEa limiar, estimada em 1,407 dS m⁻¹ para essa variável, os índices de precocidade caíram, havendo uma declividade mais forte entre as CEa de 1,407 e 2,5 dS m⁻¹. O modelo ajustado foi um platô de resposta seguido por uma queda exponencial. Esse resultado demonstra o efeito da salinidade sobre o retardamento da produção da pimenteira ‘Biquinho’, sendo divergente de outras pesquisas, para as quais se mostrou que a salinidade pode estimular a precocidade em outras espécies.

Segundo Romdhane et al. (2016), a cultura do milho sofre encurtamento do período da sementeira até o espigamento e até a maturidade fisiológica diante dos estresses salinos e por secamento.

Zhang et al. (2012), ainda que empregando outro índice de precocidade, registraram aumento da precocidade na produção de algodão submetido ao maior nível de salinidade que testaram. Rameeh & Gerami (2016) observaram que a salinidade diminuiu a produção de sementes de *Brassica napus* L., mas que a floração e a maturação das sementes foram mais precoces. Em sua revisão, Shannon & Grieve (1999) relatam que o estresse salino torna o florescimento da cebola mais precoce, mas retarda o florescimento de tomateiro. Esses últimos autores, ao tratarem de uma pesquisa com cultivares precoces de batata, discutem que existe evidência de que parte da tolerância à salinidade pode ser atribuída à maturidade mais precoce, um tipo de escape à salinidade. No caso da pimenteira ‘Biquinho’, investigada dentro de um

único genótipo, a perda de precocidade pelo aumento da CEa foi considerada um elemento de reforço à sua caracterização inicial como espécie sensível à salinidade.

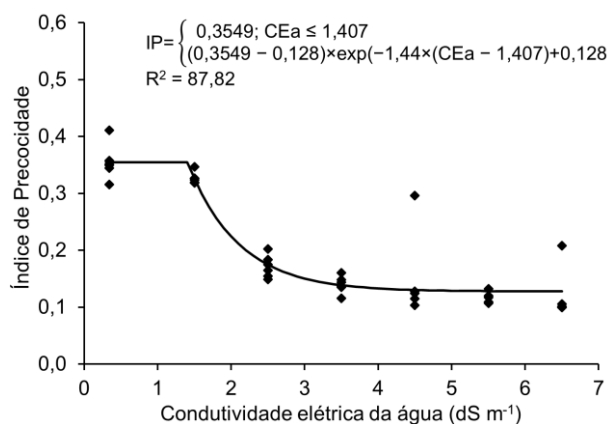


Figura 38. Índice de precocidade (IP) de produção total (frutos maduros+imaturados) da pimenteira 'Biquinho' em função da condutividade elétrica da água (CEa), estabelecidos a partir de 10 colheitas parciais dos 65 aos 120 dias após o transplante.

Em função da menor precocidade e da baixa produção inicial da pimenteira 'Biquinho' sob os níveis crescentes de CEa, criou-se a expectativa de que esta cultura seria muito sensível à salinidade para os propósitos comerciais. Mas, apesar do atraso na produção provocado pelo aumento da CEa, a cultura foi aos poucos exibindo uma recuperação da produção sob salinidade, tal como reportado anteriormente (tópicos: 'Análise visual de sintomas', 'Consumo hídrico e eficiência do uso da água', 'Crescimento vegetativo' e 'Produção de frutos'). Além disso, pode-se considerar, como discutido no tópico 'Qualidade dos frutos', que os frutos produzidos mesmo sob salinidade foram comercializáveis, sendo os frutos produzidos até CEa 2,50 dS m⁻¹ aceito pelo mercado para fabricação de conservas de frutos íntegros e os demais para produtos processados como geleia. Logo, pode-se assumir que para cada tratamento todos os frutos foram comercializáveis e gerariam receita.

Nesse contexto, um benefício hipotético da precocidade da produção nos tratamentos menos salinos, incluindo o tratamento controle, seria a obtenção de receita bruta antecipada. Portanto, poderia se ter dois impactos: um mais óbvio, que seria a maior rapidez no resgate econômico; outro seria mais relacionado ao fluxo de caixa em operações financeiras de aplicação dessas receitas.

Por outro lado, deve-se ponderar que colheitas mais precoces são uma garantia de renda antecipada em sistemas hidropônicos, que no Brasil ainda são vulneráveis

às falhas de energia elétrica (caso do NFT), à capacitação técnica do produtor, a graves problemas fitossanitários e de manejo nutricional, entre outros.

Essa ressalva pode ser validada quando se imagina uma interrupção abrupta da produção. Caso tal interrupção ocorresse na metade do ciclo produtivo, ou seja, logo após a quinta colheita, aos 91 DAT, baseado nos dados da Tabela 8, relacionando a produção obtida até os 91 DAT e a total (maduros+imaturas) aos 120 DAT, ter-se-ia a garantia de 23 e 16,5% para os tratamentos controle e CEa 1,50 dS m⁻¹, enquanto os demais tratamentos apresentariam produção abaixo de 5%.

5.9 Viabilidade técnica

Não se estabeleceu um tratamento extra para balizar a definição da viabilidade técnica da produção de pimenta 'Biquinho' no sistema NFT adotado. Essa viabilidade foi inferida, principalmente, a partir da produtividade superior alcançada no tratamento controle (0,34 dS m⁻¹) em comparação com as maiores produtividades indicadas na literatura para essa cultura: 13,41 t ha⁻¹ (Domenico, 2011); 0,56 t ha⁻¹ (Dedini, 2012); 24,03 t ha⁻¹ (Heinrich et al., 2015); 20 t ha⁻¹ (Amaro, 2016). A seguir são descritos outros indicadores da viabilidade técnica.

Considerando os dados de produção total (frutos maduros+imaturas) apresentados na Tabela 8 e a área por planta utilizada no presente experimento de 0,6225 m², as produções médias dos tratamentos de CEa 0,34; 1,50; 2,50; 3,50; 4,50; 5,50 e 6,50 dS m⁻¹ seriam de 46,08; 43,88; 50,76; 42,84; 17,17; 8,45 e 2,43 t ha, respectivamente. Sendo assim, é possível afirmar que, mesmo em relação à maior produção encontrada na literatura para pimenteira 'Biquinho', obteve-se valores superiores em condições salinas em CEa de até 3,50 dS m⁻¹. Demonstra-se, então, a viabilidade de produção do sistema utilizado no presente estudo, mesmo em condições salinas.

A solução nutritiva modificada a partir da recomendação de Sonneveld & Straver (1994) não conduziu a deficiências nutricionais, tão pouco pareceu estimular mais o crescimento vegetativo em detrimento da frutificação ou vice-versa. Nesse sentido, considera-se que esta formulação foi viável e adequada ao crescimento e produção da pimenteira 'Biquinho'.

Como o crescimento das plantas em altura (Figura 27F) e diâmetro de copa (dados não medidos) superou o descrito na literatura (Pinto et al., 2006; Horticultores Sementes, 2017), o espaçamento adotado (0,83 x 0,70 m (entre planta x entre fileira)

e fileira dupla distanciada 0,80 m), apesar de estar dentro dos limites propostos na literatura (Pinto et al., 2006) para a pimenteira 'Biquinho', foi considerado insuficiente devido à pujança verificada em condições hidropônicas e sob ambiente protegido, o que dificultou o tutoramento por planta, conduzido com o uso de fitilhos e apenas um arame horizontal acima das plantas. Segundo a empresa Horticeres Sementes (2017), sua pimenteira 'Biquinho' deve ser cultivada em espaçamento entre fileiras 1,00 a 1,20 m e entre plantas de 0,40 a 0,60 m. Portanto, para fins de exploração hidropônica, a recomendação de espaçamento, que é um atributo muito relacionado ao crescimento da parte aérea, deve ser revista, ficando sinalizado pelo presente estudo que entre plantas se deve adotar espaçamento superior a 0,40 ou 0,60 m. Para ilustrar essa necessidade é apresentado na Figura 39 o comprometimento das áreas disponíveis por planta e para trânsito entre as bancadas de cultivo.



Figura 39. Detalhe do comprometimento da área útil disponível por planta de pimenteira 'Biquinho' hidropônica e da área de trânsito entre as bancadas de cultivo do sistema NFT, aos 110 dias após o transplântio (DAT). Os dois canais de cultivo centralizados na imagem pertencem aos tratamentos de condutividade elétrica da água (CEa) 2,50 e 6,50 dS m⁻¹.

O uso de tubos de PVC, de pigmentação azul e diâmetro nominal 0,075m, como calhas de cultivo no sistema NFT foi viável e aceitável para o cultivo hidropônico da pimenteira 'Biquinho'. Por outro lado, considerando que as raízes ocupavam quase

toda seção de escoamento da solução nutritiva, deve-se recomendar tubos de maior diâmetro, sobretudo se o espaçamento empregado for menor ou igual ao adotado no presente estudo. Isso se reforça quando se analisam os dados de crescimento, de consumo hídrico e principalmente de produção, que conduzem à inferência de que as plantas ainda estavam crescendo e em franca produção quando foram colhidas aos 120 dias após o transplântio (DAT).

Uma observação para reforçar a ressalva feita quanto à recomendação dos tubos de 0,075 m diz respeito também às colheitas destrutivas aos 30, 60 e 90 DAT, que, ao eliminarem plantas, aliviavam a dificuldade de escoamento da solução nutritiva nas calhas. Segundo Thomaziello (1999), a presença de raízes numa calha NFT pode provocar desníveis negativos da lâmina em escoamento, ou seja, a ocorrência de níveis à jusante mais elevados que os níveis antes das raízes.

Em tubos de diâmetros inferiores inadequados e restritivos às raízes, esse fenômeno pode conduzir ao extravasamento de solução nutritiva pelos canais, além de representar risco à hipoxia quando o declive for baixo e o comprimento demasiado, promovendo demora na aeração das raízes. Esse problema seria arriscado à pimenteira também porque a saturação na região do colo é, segundo Carmo et al. (2006) condição epidemiológica para doenças nessa cultura.

O declive adotado (4%) nas calhas de cultivo NFT não foi considerado restritivo ao escoamento da solução nutritiva. Não foram registradas elevações da lâmina de água nas calhas. Mas, esse indicador é sensível: I) ao comprimento de calha adotado (apenas 6 m, quando comercialmente se adotam comprimentos de 10 a 20 m, atualmente, conforme Rodrigues (2002) e Martinez & Silva Filho (2006); II) ao fato já reportado de que se permanecessem por mais tempo nas calhas as plantas exigiriam maior condição de escoamento e, nesse sentido, desníveis maiores poderiam ser mais indicados em complemento a diâmetros superiores a 0,075 m.

O tamanho dos orifícios de cultivo (0,05 m de diâmetro) nas calhas foi compatível com o tamanho da planta e diâmetro do caule, não causando danos ao colo da planta. Porém, na última avaliação destrutiva de plantas, ao final do experimento (aos 120 DAT), houve dificuldade para retirada das raízes por esses orifícios devido ao volume radicular alcançado pelas plantas, o que indica que, se o cultivo permanecesse por mais tempo, poderia haver prejuízos quanto ao extravasamento de solução nutritiva.

Portanto, enfatiza-se a recomendação pelo uso de tubos de maiores diâmetros, como os de 0,100 m. Além disso, como o diâmetro do caule se apresentava avantajado aos 120 DAT (dados não registrados), recomenda-se aumentar o diâmetro do orifício caso o interesse seja permanecer com a cultura por um tempo mais longo, pois os orifícios apertados podem lesionar o caule e permitir propagação de doenças, além do risco de dano mecânico às calhas pela pressão das raízes e/ou no ato de sua remoção.

Também se considerou apropriada a altura de instalação das calhas de cultivo, a 1 m do solo, pois a média da altura máxima atingida pelas plantas aos 60 DAT (0,84 m para a CEa de até 3,50 dS m⁻¹, conforme Figura 27) não comprometeu a colheita e os tratos culturais da pimenteira 'Biquinho'. Esse é um aspecto importante, pois a ergonomia proporcionada pela calha ao nível da cintura é um aspecto vantajoso da hidroponia, que a torna atrativa a pessoas idosas ou debilitadas fisicamente.

Em ensaio conduzido concomitantemente ao presente experimento, em sistema DFT em vasos de 10 L, observou-se que a pimenteira 'Biquinho' foi melhor estabelecida no sistema NFT. No sistema DFT se teve maior dificuldade no tutoramento das plantas. No sistema NFT o problema existiu em menor escala, sendo que os problemas detectados eram corrigidos na rotina diária, sem comprometer as plantas ou a qualidade dos dados coletados. Por outro lado, essas correções exigiam muita atenção e tornaram-se trabalhosas em alguns momentos, demonstrando que o sistema de tutoramento adotado deveria ser mais robusto.

Avaliou-se, entre esses dois sistemas, as variáveis número de frutos, produção de frutos e massa de matéria seca da parte aérea das plantas aos 90 DAT (Tabela 14), momento em que se encerrou a condução experimental do sistema DFT e colheu-se uma planta do sistema NFT. Verificou-se que não houve diferença estatística no número de frutos para todos os tratamentos salinos, mas para o tratamento controle (CEa 0,34 dS m⁻¹) o sistema DFT foi superior ao NFT. Para a variável produção de frutos (Y_p) não houve diferença entre os sistemas para todos os tratamentos, inclusive o controle. Como a produção de frutos foi mais concentrada na segunda metade do período das colheitas, essas duas variáveis são pouco representativas para classificar a predominância de um sistema sobre o outro.

Tabela 14. Teste de média entre os sistemas de cultivo DFT e NFT para as variáveis número de frutos (NFr), produção de frutos (Yp) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 90 dias após o transplântio

CEa (dS m ⁻¹)	NFr		Yp (g planta ⁻¹)		MSPA (g planta ⁻¹)	
	DFT	NFT	DFT	NFT	DFT	NFT
0,34	291,33a	227,67b	479,79a	451,12a	297,90a	224,29b
1,50	240,17a	214,17a	300,29a	367,95a	379,79a	274,56b
2,50	6,60a	31,83a	3,36a	21,78a	368,29a	387,95a
3,50	4,17a	30,80a	1,14a	19,70a	276,55b	373,34a
4,50	5,00a	5,50a	0,35a	0,53a	236,67b	323,30a
5,50	7,00a	7,00a	3,26a	3,10a	178,84a	160,07a
6,50	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	78,39a	109,75a

Médias seguidas de mesma letra na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Entretanto, foi possível verificar que a massa de matéria seca da parte aérea foi sensível para identificar diferenças entre ambos os sistemas (Tabela 14). Essa variável foi maior no sistema DFT para os níveis menos salinos (CEa 0,34 e 1,50 dS m⁻¹). Para os tratamentos CEa 3,50 e 4,50 dS m⁻¹ ocorreu o inverso, o DFT superou o NFT nessa variável. A CEa 2,50 dS m⁻¹ não demonstrou diferença significativa entre os sistemas. Embora os níveis mais salinos (CEa 5,50 e 6,50 dS m⁻¹) não apresentassem diferença entre ambos os sistemas, foi possível observar que as plantas desses tratamentos sofreram mais na aclimação inicial no sistema DFT, juntamente com as submetidas às CEa 3,50 e 4,50 dS m⁻¹, com intensa abscisão foliar, sintomas de queima nas bordas das folhas e redução do tamanho da copa. Enquanto os tratamentos de CEa 0,34 e 1,50 dS m⁻¹ desenvolveram copa mais pujante no DFT, em relação ao NFT. Pode-se especular a influência de alguns fatores para explicar esses resultados: o NFT é melhor para os níveis mais salinos devido à disponibilidade de O₂ ser inferior no sistema DFT, combinado à maior necessidade por oxigênio de plantas quando cultivadas sob estresse salino; sem salinidade, o DFT é melhor por ser constante a disponibilidade de água e nutrientes e por não haver estresse térmico.

De forma geral, analisando a produtividade alcançada, inclusive com CEa de até 3,50 dS m⁻¹, avaliou-se como tecnicamente viável a produção de pimenteira 'Biquinho' no sistema NFT em tubos de PVC, julgando-se recomendáveis aumentar o espaçamento entre plantas, o diâmetro dos tubos e os orifícios de cultivo.

6. CONCLUSÕES

1. Plantas de pimenteira 'Biquinho' submetidas à salinidade exibiram clorose e necrose foliar, notadamente na região apical, abscisão de folhas e abortamento de flores, além de menor porte;
2. Os sintomas da salinidade em plantas hidropônicas de pimenteira 'Biquinho' foram inicialmente mais drásticos, mas tornaram-se atenuados quando as plantas estavam na fase safreira/reprodutiva;
3. A aclimação de plantas hidropônicas de pimenteira 'Biquinho' à salinidade proporcionou recuperação parcial do crescimento e também da produção;
4. Um efeito benéfico da salinidade da água para a pimenteira 'Biquinho' foi a menor incidência de rachaduras cuticulares dos frutos;
5. Não foi possível estabelecer o máximo consumo hídrico diário da pimenteira 'Biquinho' a ser usado no dimensionamento de sistemas hidropônicos, mas infere-se que no mínimo seja adotado 5,9 L por planta por dia;
6. O rendimento da pimenteira 'Biquinho' cultivada em hidroponia NFT sem restrição de salinidade foi de 2,92 kg por planta, correspondente a 46,91 t ha⁻¹ no espaçamento adotado de 0,83 m entre plantas nas calhas, 0,70 m entre calhas e 0,80 m entre calhas dispostas em dupla;
7. Quantificou-se que a eficiência do uso da água da pimenteira 'Biquinho' cultivada em hidroponia NFT foi mantida em 10,99 kg m³ até uma condutividade elétrica da água de 3,38 dS m⁻¹;
8. Frutos de pimenteira 'Biquinho' tiveram seu comprimento e largura basal diminuídos pelo aumento da salinidade da água, mas mantiveram a proporção da largura pelo comprimento e a espessura da parede;
9. A proporção entre o comprimento do bico e o comprimento do fruto foi mais sensível para indicar o efeito da salinidade sobre o formato típico do fruto do que a simples relação da largura basal pelo comprimento do fruto;
10. O tamanho dos frutos de pimenteira 'Biquinho' obtidos em condições salinas no sistema NFT seria aceitável até uma condutividade elétrica de 2,50 dS m⁻¹, com base na demanda da indústria e fornecedores do segmento de frutos íntegros em conserva;
11. A comercialização do fruto de pimenta 'Biquinho' para produtos processados (como geleia, molhos e antepasto) permite o aproveitamento da produção obtida

em todos os tratamentos, independentemente do seu tamanho, com base na ausência de fatores deletérios à sua qualidade visual;

- 12.** A análise sensorial aplicada a frutos de pimenteira 'Biquinho' submetidos apenas aos tratamentos com condutividade elétrica da água de até $3,50 \text{ dS m}^{-1}$ demonstrou que não houve diferença entre os frutos do tratamento controle (CEa $0,34 \text{ dS m}^{-1}$) e CEa $1,50 \text{ dS m}^{-1}$ para todos os atributos avaliados e os frutos da CEa $2,50 \text{ dS m}^{-1}$ só diferiram quanto ao atributo aparência; De acordo com a percepção dos provadores, os frutos de pimenta são de 'baixa ardência' e não teve diferença com o aumento da salinidade; Os frutos de todos os tratamentos foram classificados positivamente acima da indiferença em relação a todos os atributos;
- 13.** A salinidade da água diminuiu a precocidade da produção da pimenteira 'Biquinho';
- 14.** Foram obtidas produções relativas potenciais da pimenteira 'Biquinho' hidropônica até uma condutividade elétrica da solução nutritiva de $5,22 \text{ dS m}^{-1}$, com base num modelo com platô de resposta com queda exponencial;
- 15.** Foi tecnicamente viável produzir pimenta 'Biquinho' em hidroponia NFT, com tubos de PVC de diâmetro $0,075 \text{ m}$, mas recomenda-se testar tubos de maior diâmetro, maiores orifícios de cultivo e maior espaçamento entre plantas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14141: Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1998. 2p.
- ABROL, I.P.; YADAV, J.S.P; MASSOUD, F.I. Salt-affected Soils and their management. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome-Italy, 1988. 131p.
- AGRISTAR. Blue line hortaliças - Semente pimenta Biquinho. Disponível em: <http://agristar.com.br/topseed-garden/blue-line-hortalicas/pimenta-biquinho/1888166>. Acesso em 29 de junho de 2017.
- AHMED, A.F.; YU, H.; YANG, X.; JIANG, W. Deficit irrigation affects growth, yield, vitamin C content, and irrigation water use efficiency of hot pepper grown in soilless culture. *HortScience*, v.49, p.722-728, 2014.
- AKTAS, H; ABAK, K; CAKMAK, I. Genotypic variation in the response of pepper to salinity. *Scientia Horticulturae*, v.110, p.260-266, 2006.
- ALMEIDA, O. A. Informações meteorológicas do CNP: Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas: Embrapa CNPMF. 1999. 35p. (Documentos, 34)
- ALONI, B.; KARNI, L.; RYLSKI, I.; COHEN, Y.; LEE, Y.; FUCHS, M.; MORESHET, S.; YAO, C. Cuticular cracking in pepper fruit. I. Effect of night temperature and humidity source. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, v.73, p.743-749, 1998.
- ALVES, M.S.; SOARES, T.M.; SILVA, L.T.; FERNANDES, J.P.; OLIVEIRA, M.L. A.; PAZ, V.P.S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.491-498, 2011.
- AMARO, G.B. Agência de Informação Embrapa. Pimenta. Cultivares. *Capsicum chinense*. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/arvore/CONT000gn0frh1202wx5ok0liq1mqt5bf5ht.html>. Acesso em 27 de novembro de 2016.
- AMOR, F.M.; MARTINEZ, V.; CERDA, A. Salinity duration and concentration affect fruit yield and quality, and growth and mineral composition of melon plants grown in perlite. *HortScience*, v.34, p.1234-1237, 1999.
- ASCENSION, 2017. WWII Hydroponics Site. Disponível em: <http://www.ascension-island.gov.ac/wwii-hydroponics/>. Acesso em 24 de maio de 2017.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura, 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29)
- AZUMA, R.; ITO, N.; NAKAYAMA, N.; SUWA, R.; NGUYEN, N.T.; LARRINAGA-MAYORAL, J.Á.; ESAKA, M.; FUJIYAMA, H.; SANEOKA, H. Fruits are more sensitive to salinity than leaves and stems in pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Horticulturae*, v.125, p.171-178, 2010.
- BABAZADEH, H.; TABRIZI, M.S.; DARVISHI, H.H. Adopting adequate leaching requirement for practical response models of basil to salinity. *International Agrophysics*, v.30, p.275-283, 2016.
- BARBOSA, G.L.; GADELHA, F.D.A.; KUBLIK, N.; PROCTOR, A.; REICHELM, L.; WEISSINGER, E.; WOHLLEB, G.M.; HALDEN, R.U. Comparison of land, water,

- and energy requirements of lettuce grown using hydroponic vs. conventional agricultural methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v.12, p.6879-6891, 2015.
- BARROCA, M.V.; BONOMO, R.; FERNANDES, A.A.; SOUZA, J.M. Lâminas de irrigação nos componentes de produção das pimentas 'De cheiro' e 'Dedo-de-Moça'. *Revista Agro@mbiente On-line*, v.9, p.243-250, 2015.
- BEN-GAL, A.; BOROCHOV-NEORI, H.; YERMIYAHU, U.; SHANI, U. Is osmotic potential a more appropriate property than electrical conductivity for evaluating whole-plant response to salinity?. *Environmental and Experimental Botany*, v.65, p.232-237, 2009.
- BERNSTEIN, L. Field plot studies on the salt tolerance of vegetable crops - peppers. In *United States Salinity Laboratory Report to Collaborators*, Riverside, CA. 1954. p. 36-37.
- BETHKE, P.C.; DREW, M.C. Stomatal and nonstomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annuum* during progressive exposure to NaCl salinity. *Plant physiology*, v.99, p.219-226, 1992.
- BIONE, M.A.A.; PAZ, V.P.S.; SILVA, F.; RIBAS, R.F.; SOARES, T.M. Crescimento e produção de manjeriço em sistema hidropônico NFT sob salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, p.1228-1234, 2014.
- BIONE, M.A.A. Produção hidropônica de manjeriço com solução nutritiva convencional em águas salobras e solução nutritiva orgânica. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2013. 143p. (Dissertação de Mestrado)
- BISWAS, S.K.; AKANDA, A.R.; RAHMAN, M.S.; HOSSAIN, M.A. Effect of drip irrigation and mulching on yield, water-use efficiency and economics of tomato. *Plant, Soil and Environment*, v.61, p.97-102, 2015.
- BOJÓRQUEZ-QUINTAL, E.; VELARDE-BUENDÍA, A.; KU-GONZÁLEZ, Á.; CARILLO-PECH, M.; ORTEGA-CAMACHO, D.; ECHEVARRÍA-MACHADO, I.; POTTOSIN, I.; MARTÍNEZ-ESTÉVEZ, M. Mechanisms of salt tolerance in habanero pepper plants (*Capsicum chinense* Jacq.): proline accumulation, ions dynamics and sodium root-shoot partition and compartmentation. *Frontiers in Plant Science*, v.5, p.1-14, 2014.
- BOSCO, M.R.O. Efeitos do cloreto de sódio sobre o desenvolvimento e absorção de nutrientes na cultura da berinjela. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2006. 63p. (Dissertação de Mestrado).
- BOTIA, P.; NAVARRO, J.M.; CERDÁ, A.; MARTINEZ, V. Yield and fruit quality of two melon cultivars irrigated with saline water at different stages of development. *European Journal of Agronomy*, v.23, p.243-253, 2005.
- BRASIL. Registro Nacional de Cultivares - RNC - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/guia-de-servicos/registro-nacional-de-cultivares-rnc>. Acesso em 19 de abril de 2017.
- CANADÁ, 2009. Ministry of Agriculture Food & Rural Affairs of Ontario - Canada. Pepper diseases and disorders: Fruit cracker. Disponível em: <http://www.omafra.gov.on.ca/IPM/english/peppers/diseases-and-disorders/fruit-cracking.html>. Acesso em 08/06/2017.

- CARMO, M.G.F.; ZERBINI JÚNIOR, F.M.; MAFFIA, L.A. Principais doenças da cultura da pimenta. In: Cultivo da pimenta. Belo Horizonte: EPAMIG, v.27, p.87-98, 2006. (Informe Agropecuário)
- CEAGESP - Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. Pimentas *Capsicum* ssp. São Paulo: CEAGESP, v.1, 2015. 24p.
- CHARTZOULAKIS, K.; KLAPAKI, G. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, v.86, p.247-260, 2000.
- CHRÉTIEN, S.; GOSSELIN, A.; DORAIS, M. High electrical conductivity and radiation based water management improve fruit quality of greenhouse tomatoes grown in rockwool. *HortScience*, v.25, p.627-631, 2000.
- CILAS, C.; MONTAGNON, C.; BAR-HEN, A. Yield stability in clones of *Coffea canephora* in the short and medium term: longitudinal data analyses and measures of stability over time. *Tree Genetics & Genomes*, v.7, p.421-429, 2011.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 19 de abril de 2017.
- CONFRARIA DA PIMENTA. PIMENTA BIQUINHO. Disponível em: <http://confrariadapimenta.com/lugar12-pimenta-biquinho/>. Acesso em 09 de julho de 2017.
- COVA, A.M.W.; FREITAS, F.T.O.; VIANA, P.C.; RAFAEL, M.R.S.; AZEVEDO NETO, A.D.; SOARES, T.M. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, p.150-155, 2017.
- DEDINI, G.F.A. Adubação verde em cultivo consorciado para produção de pimenta-biquinho (*Capsicum chinense*) em sistema orgânico. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2012. 80p. (Dissertação de Mestrado)
- DIAMANDIS, P.H.; KOTLER, S. Abundância: o futuro é melhor do que você imagina. São Paulo: Hsm Editora, 2012. 413p.
- DOMENICO C.I.; COUTINHO J.P.; GODOY H.T.; MELO A.M.T. Caracterização agrônômica e pungência em pimenta de cheiro. *Horticultura Brasileira*, v.30, 466-472, 2012.
- DOMENICO, C.I. Caracterização agrônômica e pungência em pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.). Campinas: Instituto Agrônômico, 2011. 38p. (Dissertação de Mestrado)
- DORAIS, M.; DEMERS, D. A.; PAPADOPOULOS, A.P.; VAN IEPEREN, W. Greenhouse tomato fruit cuticle cracking. In: Janick, J. (ed). *Horticultural reviews*. Oxford, UK, 2003. cap.5.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. (eds). *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza, INCTSal, 2010. Cap.9, p.129-140.
- DUARTE, T.R.; TOMAZELLI, D.; AMORIM, C.; SPIDO, D.R.; PAULUS, B.; COSTA, B.; SELAU, D.E.; SEIBERT, E. Conservação de pimenta 'Biquinho' em atmosfera normal e modificada. In: *Simpósio de Integração Científica e Tecnológica*, V.

- Disponível em:
<http://eventoscientificos.ifsc.edu.br/index.php/sictsul/sictsul2016/paper/view/1735/1364>. Acesso em 19 de abril de 2017.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Produtos, Processos e Serviços: Pimenta - BRS Moema. 2017a. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produto-servico/418/pimenta---brs-moema>. Acesso em: 19 de abril de 2017a.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Árvore do conhecimento: Pimenta: BRS Moema. Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/arvore/CONT000guv5xyz e02wx7ha0g934vgnk4vdsr.html>. Acesso em 19 de abril de 2017b.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Pimenta *Capsicum* (spp.) - Tratos culturais. Disponível em:
https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/tratosculturais.html. Acesso em: 28 de junho de 2017c.
- FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations. Crops processed. Disponível em <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QD/E>. Acesso em 15 de junho de 2016.
- FINGER, F.L.; CASALI, V.W.D. Colheita e manejo pós-colheita da pimenta. In: Cultivo da pimenta. Belo Horizonte: EPAMIG, v.27, p.99-103, 2006. (Informe Agropecuário)
- FIORAVANÇO, J. C. Precocidade de produção de cultivares de macieira sobre dois porta-enxertos. Revista Brasileira de Fruticultura, v.37, p.676-684, 2015.
- FREITAS, F.T.O. Frequência de recirculação da solução nutritiva no cultivo de alface hidropônica com água salobra. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 2017. 54p. (Monografia de Graduação)
- FURLANI, P. R. Instruções para cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 30p. (Boletim 168)
- FURLANI, P.R. Hydroponic vegetable production in Brazil. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 2p.
- FURLANI, P.R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L.C.P.; FAQUIN, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. In: Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. Belo Horizonte: EPAMIG, v.20, p.90-98, 1999a. (Informe Agropecuário)
- FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Estruturas para o cultivo hidropônico. In: Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. Belo Horizonte: EPAMIG, v.20, p.72-80, 1999b. (Informe Agropecuário)
- GARCÍA, C. C.; BARFUSS, M.H.; SEHR, E.M.; BARBOZA, G.E.; SAMUEL, R.; MOSCONE, E.A.; EHRENDORFER, F. Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). Annals of Botany, v.118, p.35-51, 2016.
- GIUFFRIDA, F.; GRAZIANI, G.; FOGLIANO, V.; SCUDERI, D.; ROMANO, D.; LEONARDI, C. Effects of nutrient and NaCl salinity on growth, yield, quality and composition of pepper grown in soilless closed system. Journal of Plant Nutrition, v.37, p.1455-1474, 2014.

- GORHAM, J. Salt tolerance of plants. *Science Progress*, v.76, p.273-285, 1992.
- GRAPHPAD SOFTWARE. GraphPad Prism 7, version 5.00 (GraphPad, San Diego, California, USA). Disponível em: <http://www.graphpad.com>. Acesso em 10 de abril de 2017.
- GRIEVE, C.M.; GRATTAN, S.R.; MAAS, E.V. Plant salt tolerance. In: Wallender, W.W.; Tanji, K.K. (eds.). *Agricultural salinity assessment and management* (2 ed.). Reston: ASCE, 2012. Cap.13, p.405-459. (ASCE Manual and Reports on Engineering Practice n.71)
- HEINRICH, A.G. Melhoramento genético de pimenta biquinho salmão (*Capsicum chinense* Jacq.): avanço de gerações e caracterização química e morfológica. Brasília: Universidade de Brasília, 2013. 53p. (Monografia de Graduação)
- HEINRICH, A.G.; FERRAZ, R.M.; RAGASSI, C.F.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Caracterização e avaliação de progênies autofecundadas de pimenta biquinho salmão. *Horticultura Brasileira*, v.33, p.465-470, 2015.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 347p.
- HORTICERES SEMENTES. Pimenta Biquinho. Disponível em: <http://www.horticeres.com.br/produtos/solanaceas/pimenta/pimenta-biquinho>. Acesso em 20 de abril de 2017.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola. 2006. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em 06 de novembro de 2016.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Dados obtidos da estação meteorológica da Rede INMET (latitude -12.6666°; longitude -39.1500; altitude 225,87 m). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>. Acesso em: 19 de abril de 2017.
- ISLA SEMENTES Ltda. 969 - Pimenta BRS Moema (biquinho). Disponível em: [https://isla.com.br/produto/Pimenta-BRS-Moema-\(biquinho\)/969](https://isla.com.br/produto/Pimenta-BRS-Moema-(biquinho)/969). Acesso em: 08/07/2017a.
- ISLA SEMENTES Ltda. 968 - Pimenta Airetama Biquinho. Disponível em: <https://isla.com.br/produto/Pimenta-Airetama-Biquinho/968>. Acesso em 08/07/2017b.
- ISLA SEMENTES Ltda. 970 - Pimenta Iracema Biquinho Vermelha. Disponível em: <https://isla.com.br/produto/Pimenta-Iracema-Biquinho-Vermelha/970>. Acesso em 08/07/2017c.
- JAIMEZ, R.; NAVA, N.; RIVERO, Y.; TROMPIZ, K. Efecto de diferentes intensidades de poda sobre la dinámica de floración y producción de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq). *Revista de Agronomía de la Universidad del Zulia*, v.19, p.132-139, 2002.

- JAIMEZ, R.E. Estudios ecofisiológicos del ají Dulce (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de temperatura y radiación. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes, 2006. 136p. (Tese de Doutorado)
- JAIMEZ, R.E.; VIELMA, O.; RADE, F.; GARCÍA-NUÑEZ, C. Effect of water deficit on the dynamics of flowering and fruit production in *Capsicum chinense* Jacq in a tropical semiarid region of Venezuela. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v.185, p.113-119, 2000.
- JOHNSON, D.; KNAVEL, D. E. Inheritance of cracking and scarring in pepper fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.115, p.172-175, 1990.
- LIRA, R.M.; SILVA, E.F.F.; SILVA, G.F.; SANTOS, A.N.; ROLIM, M.M. Production, water consumption and nutrient content of Chinese cabbage grown hydroponically in brackish water. *Revista Ciência Agronômica*, v.46, p.497-505, 2015.
- LÓPEZ-LÓPEZ, R., INZUNZA-IBARRA, M.A., SÁNCHEZ-COHEN, I., FIERRO-ÁLVAREZ, A.; SIFUENTES-IBARRA, E. Water use efficiency and productivity of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) based on two transplanting dates. *Water Science and Technology*, v.71, p.885-891, 2015.
- LUZ, J. Caracterizações morfológica e molecular de acessos de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.). Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2007. 70p. (Tese de Doutorado)
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance - Current Assessment. *Journal of the irrigation and drainage division*, v.103, p.115-134, 1977.
- MACIEL, M.P.; SOARES, T.M.; GHEYI, H.R.; REZENDE, E.P.; OLIVEIRA, G.X. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.165-172, 2012.
- MADRID, R.; NAVARRO, F.; COLLADOS, I.; EGEA, C.; ALARCON, A.L. Development of colour in red pepper fruits in soilless culture. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, v.74, p.175-180, 1999.
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.D.; MADEIRA, N.R. Uso de água e produção de tomateiro para processamento em sistema de plantio direto com palhada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.1399-1404, 2006.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. (2 ed.). London: Ed. Academic Press. 1995. 674p.
- MARTÍNEZ-BALLESTA, M.C.; MARTÍNEZ, V.; CARVAJAL, M. Osmotic adjustment, water relations and gas exchange in pepper plants grown under NaCl or KCl. *Environmental and Experimental Botany*, v.52, p.161-174, 2004.
- MARTINEZ, H.E.P.; SILVA FILHO, J.B. Introdução ao cultivo hidropônico de plantas (3 ed.). Viçosa, UFV, 2005. 111p.
- MONFORTE-GONZÁLEZ, M.; GUZMÁN-ANTONIO, A.; UUH-CHIM, F.; VÁZQUEZ-FLOTA, F. Capsaicin accumulation is related to nitrate content in placentas of habanero peppers (*Capsicum chinense* Jacq.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.90, p.764-768, 2010.

- MONTEIRO, E.R. Identificação botânica e divergência genética em pimentas do gênero *Capsicum* spp. Teresina: Universidade Federal do Piauí, 2015. 66p. (Dissertação de Mestrado)
- MOREIRA, G.R.; CALIMAN, F.R.B.; SILVA, D.J.H.; RIBEIRO, C.S.C. Espécies e variedades de pimenta. In: Cultivo da pimenta. Belo Horizonte: EPAMIG, v.27, p.16-29, 2006. (Informe Agropecuário).
- MORESHET, S.; YAO, C.; ALONI, B.; KARNI, L.; FUCHS, M.; STANGHELLINI, C., Environmental factors affecting the cracking of greenhouse-grown bell pepper fruit. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, v.74, p.6-12, 1999.
- MUCKLE, M.E. Hydroponic nutrients. Princeton: Growers, 1993. 154p.
- MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops - what is the cost?. *New Phytologist*, v.208, p.668-673, 2015.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, v.25, p.239-250, 2002.
- MUNNS, R.; JAMES, R.A.; LÄUCHLI, A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, v.57, p.1025-1043, 2006.
- NAGAZ, K.; MONCEF, M. M.; BEN, M. N. Effects of deficit drip irrigation scheduling regimes with saline water on pepper yield, water productivity and soil salinity under arid conditions of Tunisia. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, v.106, p.85-103, 2012.
- NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Trickle irrigation for crop production: design, operation, and management. Amsterdam: Elsevier, 1986. 383p.
- NAVARRO, J.M.; GARRIDO, C.; CARVAJAL, M.; MARTINEZ, V. Yield and fruit quality of pepper plants under sulphate and chloride salinity. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, v.77, p.52-57, 2002.
- NAVARRO, J.M.; GARRIDO, C.; FLORES, P.; MARTÍNEZ, V. The effect of salinity on yield and fruit quality of pepper grown in perlite. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v.8, p.142-150, 2010.
- NEITZKE, R.S.; BARBIERI, R.L.; VASCONCELOS, C.S.; FISCHER, S.Z.; VILELLA, J.C.B.; CASTRO, C.M. Caracterização morfológica e estimativa da distância genética de acessos de pimenta do banco ativo de germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2014. 40p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 178)
- NIU, G.; RODRIGUEZ, D.S.; CALL, E.; BOSLAND, P.W.; ULERY, A.; ACOSTA, E. Responses of eight chile peppers to saline water irrigation. *Scientia Horticulturae*, v.126, p.215-222, 2010.
- OLIVEIRA, J.R.; GOMES, R.L.; ARAÚJO, A.S.; MARINI, F.S.; LOPES, J.B.; ARAÚJO, R.M. Estado nutricional e produção da pimenteira com uso de biofertilizantes líquidos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, p.1241-1246, 2014.
- ORTIZ, W.C.; PÉREZ-GUTIÉRREZ, A.; MORENO, L.L.; MAY-LARA, C.; SÁNCHEZ, E.R.; CHACÓN, A.J.M. Uso de agua, potencial hídrico y rendimiento de chile

- habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Revista Fitotecnia Mexicana, v.35, p.155-160, 2012.
- OSAWA, T. Studies on the salt tolerance of vegetable crops with special reference to mineral nutrition. Bulletin of the University of Osaka Prefecture, Series B, v.16, p.13-57, 1965.
- PAULUS, D. Produção, qualidade e parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2008. 105p. (Tese de Doutorado).
- PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G.A.; MOURA, C.A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. Revista Ceres, v.59, p.110-117, 2012.
- PEET, M.M. Fruit cracking in tomato. HortTechnology, v.2, p.216-223, 1992.
- PENELLA, C.; NEBAUER, S.G.; LOPÉZ-GALARZA, S.; SANBAUTISTA, A.; GORBE, E.; CALATAYUD, A. Evaluation for salt stress tolerance of pepper genotypes to be used as rootstocks. Journal of Food, Agriculture and Environment, v.11, p.1101-1107, 2013.
- PENELLA, C.; NEBAUER, S.G.; QUINONES, A.; SAN BAUTISTA, A.; LÓPEZ-GALARZA, S.; CALATAYUD, A. Some rootstocks improve pepper tolerance to mild salinity through ionic regulation. Plant Science, v.230, p.12-22, 2015.
- PÉREZ-GUTIÉRREZ, A.; PINEDA-DOPORTO, A.; LATOURNERIE-MORENO, L.; PAM-PECH, W.; GODOY-ÁVILA, C. Niveles de evapotranspiración potencial en la producción de chile habanero. Terra Latinoamericana, v.26, p.53-59. 2008.
- PIÑERO, M.C.; PÉREZ-JIMÉNEZ, M.; LÓPEZ-MARÍN, J.; DEL AMOR, F.M. Changes in the salinity tolerance of sweet pepper plants as affected by nitrogen form and high CO₂ concentration. Journal of Plant Physiology, v.200, p.18-27, 2016.
- PINTO, C.M.F.; PUIATTI, M.; CALIMAN, F.R.B.; MOREIRA, G.R.; MATTOS, R.N. Clima, época de semeadura, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenta. In: Cultivo da Pimenta. Belo Horizonte: EPAMIG, v.27, p.40-49, 2006. (Informe Agropecuário).
- PINTO, C.M.F.; LIMA, P.CP; SALGADO, L.T.; CALIMAN, F.R.B. Nutrição mineral e adubação para pimenta. In: Cultivo da Pimenta. Belo Horizonte: EPAMIG, v.27, p.50-57, 2006. (Informe Agropecuário).
- PIZOLATO NETO, A.; SANTANA, M.J.; CARDOZO, M.T.D.; GALBIATTI, J.A. Produção do pimentão irrigado com diferentes lâminas de reposição. Uberaba: Instituto Federal do Triângulo Mineiro. 2009. 5p. In: Seminário Iniciação Científica, II.
- RAHMAN, M.J.; INDEN, H.; KIRIMURA, M. Leaf gas exchange responses to irrigation timing and nigari (effluent of salt industries) of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in soilless culture. HortScience, v.47, p.1574-1579, 2012.
- RAMEEH, V.; GERAMI, M. Soil salinity effects on phenological traits, plant height and seed yield in rapeseed genotypes. Soil Science Annual, v.66, p.17-20, 2015.
- RAMESHWARAN, P.; TEPE, A.; YAZAR, A.; RAGAB, R. Effects of drip-irrigation regimes with saline water on pepper productivity and soil salinity under greenhouse conditions. Scientia Horticulturae, v.199, p.114-123, 2016.

- REBOUÇAS, J.R.L.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N.S., SOUZA NETO, O.N., DINIZ, A.A.; LIRA, R.B. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. Irriga, v.18, p.624-634, 2013.
- REIFSCHNEIDER, F.J.B. *Capsicum*: pimentas e pimentões no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação, Transferência de Tecnologia, 2000. 113p.
- RIBEIRO, C.S.C.; LOPES, C.A.; CARVALHO, S.I.C.; HENZ, G.P.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Pimentas *Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 200p.
- RIBEIRO, C.C.S.; HENZ, G.P.; VILELA, N.J.; AMARO, G.B.; MELO, W.F.; REIFSCHNEIDER, F.J. Árvore do conhecimento - Pimenta. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/arvore/CONT000gn05zz5y02wx5ok0liq1mqmbc6m9w.html>. Acesso em 27 de novembro de 2016.
- RIBEIRO, W.S. Avaliação de substratos e poda na produção de pimenteira ornamental. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 92p. (Dissertação de Mestrado)
- RODRIGUES, L. R. F. Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido. Jaboticabal: Funep, 2002. 762p.
- ROMDHANE, L.; VAMERALI, T.; DAL CORTIVO, C.; RADHOUANE, L. Effects of drought and salinity on maize phenology, morphology and productivity in a semi-arid environment. Italian Journal of Agrometeorology, v.21, p.43-54, 2016.
- RUBIO, J.S.; GARCIA-SANCHEZ, F.; RUBIO, F.; MARTINEZ, V. Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K⁺ and Ca²⁺ fertilization. Scientia Horticulturae, v.119, p.79-87, 2009.
- RUBIO, J.S.; PEREIRA, W.E.; GARCIA-SANCHEZ, F.; MURILLO, L.; GARCIA, A.L.; MARTINEZ, V. Sweet pepper production in substrate in response to salinity, nutrient solution management and training system. Horticultura Brasileira, v.29, p.275-281. 2011.
- RUFINO, J. L. S.; PENTEADO, D. C. S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. In: Cultivo da pimenta. Belo Horizonte: EPAMIG, v.27, p.7-15, 2006. (Informe Agropecuário)
- RUIZ, M.S.; YASUOR, H.; BEN-GAL, A.; YERMIYAHU, U.; SARANGA, Y.; ELBAUM, R. Salinity induced fruit hypodermis thickening alters the texture of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill) fruits. Scientia Horticulturae, v.192, p.244-249, 2015.
- SAITO, T.; FUKUDA, N.; NISHIMURA, S. Effects of salinity treatment duration and planting density on size and sugar content of hydroponically grown tomato fruits. The Japanese Society for Horticultural Science, v.75, p.392-398, 2006.
- SANTOS, A.N. Rendimento e avaliação nutricional do cultivo hidropônico de alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema NFT no Semi-Árido brasileiro utilizando águas salobras. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2009a. 133p. (Dissertação de Mestrado)
- SANTOS, O.S. Hidroponia. Santa Maria: UFSM/Colégio Politécnico, 2009b. 392p

- SANTOS, A.N.; SILVA, E.F.F.; SOARES, T.M.; DANTAS, R.M.L.; SILVA, M.M. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito de dessalinização. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p.319-326, 2011.
- SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEYI, H.R.; CAVALCANTE, A.R.; MEDEIROS, S.S., DIAS, N.S.; SANTOS, D.B. Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, p.1152-1158, 2015.
- SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEYI, H.R.; CAVALCANTE, A.R.; DIAS, N.S.; MEDEIROS, S.S., 2016. Production and postharvest of sunflower grown under salt stress in hidroponics of low cost. *Engenharia Agrícola*, v.36, p.420-432, 2016.
- SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. *Summa Phytopathologica*, v.1, p.231-234, 1975.
- SAS. SAS University Edition. Disponível em: https://www.sas.com/en_us/software/university-edition.html#. Acesso em: 20 de abril de 2017.
- SCHWARZ, M. Soilless culture management. Berlin: Springer Verlag, 1995. 197p. (Advanced Series in Agricultural Sciences, 24)
- SEMENTES FELTRIN. Pimenta: pimenta doce: pimenta bico. Disponível em: <https://www.sementesfeltrin.com.br/Produto/pimenta-de-bico>. Acesso em: 19 de junho de 2017.
- SHANI, U.; BEN-GAL, A.; TRIPLER, E.; DUDLEY, L.M. Plant response to the soil environment: An analytical model integrating yield, water, soil type, and salinity. *Water Resources Research*, v.43, p.1-12, 2007.
- SHANNON, M.C.; GRIEVE, C.M. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, v.78, p.5-38, 1999.
- SILVA, F. C.; FIETZ, C. R.; FOLEGATTI, M. V.; PEREIRA, F. A. C. Distribuição e frequência da evapotranspiração de referência de Cruz das Almas, BA. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, p. 284-286, 1998.
- SILVA, J.S. Produção de hortaliças folhosas com uso de águas salobras do Semiárido e do Recôncavo Baiano, utilizando sistema hidropônico NFT. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 87p. (Dissertação de Mestrado)
- SILVA, M.G. Uso de água salobra e frequência de recirculação de solução nutritiva para produção de coentro hidropônico. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2014. 185p. (Dissertação de Mestrado)
- SILVA, M.G.; SOARES, T.M.; GHEYI, H.R.; OLIVEIRA, I.S.; SILVA FILHO, J.A. Crescimento e produção de coentro hidropônico sob diferentes densidades de semeadura e diâmetros dos canais de cultivo. *Irriga*, v.21, p.312-326, 2016.
- SILVA, W. P.; SILVA, C. M.D.P.S.; CAVALCANTI, C.G.B.; SILVA, D.D.P.S.; SOARES, I. B.; OLIVEIRA, J.A.S.; SILVA, C.D.P.S. "LAB Fit ajuste de curvas": um software em português para tratamento de dados experimentais. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.26, p.419-427, 2004.
- SOARES, T.M.; DUARTE, S.N.; GRAF, C.C.D.; ZANETTI, M.; ZOCCHI, S.S. Irrigação de porta-enxertos cítricos com água salina. *Irriga*, v.11, p.428-440, 2006.

- SOARES, T.M. Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao Semi-Árido brasileiro. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2007. 267p. (Tese de Doutorado)
- SOARES, T.M.; DUARTE, S.N.; SILVA, E.F.F.; JORGE, C.A. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.705-714, 2010.
- SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F.; DUARTE, S.N.; MÉLO, R.F.; JORGE, C.A.; BONFIM-SILVA, E.M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. *Irriga*, v. 12, p. 235-248, 2007.
- SONNEVELD, C. La nutrición mineral y salinidad en los cultivos sin suelo: su manejo. In: GAVILÁN, M.U. (Coord.). *Tratado de cultivo sin suelo*. Madrid: Mundi Prensa, 2004. cap.8, p.305-367.
- SONNEVELD, C.; STRAVER, N. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. (10 ed). The Netherlands: Proefstation voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk, 1994. 45p. (Voedingsoplossingen Glastuinbouw, 8).
- STARK, C.B. Características e benefícios da capsicina. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 2008. 38p. (Monografia de Graduação)
- STAVRIDOU, E., HASTINGS, A., WEBSTER, R.J.; ROBSON, P.R. The impact of soil salinity on the yield, composition and physiology of the bioenergy grass *Miscanthus x giganteus*. *Gcb Bioenergy*, v.9, p.92-104, 2017.
- STEPPUHN, H.; VAN GENUCHTEN, M. T.; GRIEVE, C. M. Root-zone salinity: I. Selecting a product – yield index and response function for crop tolerance. *Crop Science*, v.45, p.209-220, 2005.
- TA, T.H.; SHIN, J.H.; AHN, T.I.; SON, J.E. Modeling of transpiration of paprika (*Capsicum annuum* L.) plants based on radiation and leaf area index in soilless culture. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, v.52, p.265-269, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. (5.ed). Porto Alegre: Artmed. 2013. 719 p.
- THOMAZIELLO, A.C.F.B. Coeficientes de descarga para "manifolds" e perfis de lâmina d'água em canaletas para fins hidropônicos. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1999. 64p. (Dissertação de Mestrado)
- ULHOA, A.B. Caracterização morfoagronômica e molecular de linhagens de pimenta do tipo Jalapeño amarelo (*Capsicum annuum* var. *annuum*). Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy, 2013. 68p. (Dissertação de Mestrado)
- URREA-LÓPEZ, R.; LA GARZA, R.I.D.; VALIENTE-BANUET, J.I. Effects of substrate salinity and nutrient levels on physiological response, yield, and fruit quality of Habanero pepper. *HortScience*, v.49, p.812-818, 2014.
- VILLA-CASTORENA, M.; ULERY, A.L.; CATALÁN-VALENCIA, E.A.; REMMENGA, M. Salinity and nitrogen rate effects on the growth and yield of chile pepper plants. *Soil Science Society of America Journal*, v.67, p.1781-1789, 2003.
- VOOGT, W.; SONNEVELD, C. Silicon in horticultural crops grown in soilless culture. *Studies in Plant Science*, v.8, p.115-131, 2001.

ZANELLA, F.; LIMA, A.L.S; SILVA JÚNIOR, F.F.; MACIEL, S.P.A. Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, p.366-370, 2008.

ZHANG, H.J.; DONG, H.Z.; LI, W.J.; ZHANG, D.M. Effects of soil salinity and plant density on yield and leaf senescence of field-grown cotton. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v.198, p.27-37, 2012.