

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MARCELO ZOLIN LORENZONI

Aplicação de água tratada magneticamente na cultura  
do pimentão via gotejamento

Maringá  
2020

MARCELO ZOLIN LORENZONI

Aplicação de água tratada magneticamente na cultura  
do pimentão via gotejamento

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rezende

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Carlos  
Andrade Gonçalves

Maringá

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

L869a Lorenzoni, Marcelo Zolin  
Aplicação de água tratada magneticamente na cultura do pimentão via gotejamento / Marcelo Zolin Lorenzoni. -- Maringá, 2020.  
xiii, 67 f.: il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rezende.  
Coorientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Andrade Gonçalves.  
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.

1. Cultura do pimentão - Gotejamento. 2. Pimentão (*Capsicum annuum* L.) - Produção. 3. Pimentão (*Capsicum annuum* L.) - Germinação. 4. Água - Tratamento - Magnetismo. I. Rezende, Roberto, orient. II. Gonçalves, Antônio Carlos Andrade, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD 21.ed. 635.643

# FOLHA DE APROVAÇÃO

MARCELO ZOLIN LORENZONI

## Aplicação de água tratada magneticamente na cultura do pimentão via gotejamento

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

### COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Roberto Rezende  
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Antônio Carlos Andrade Gonçalves  
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dra. Reni Saath  
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. José Antônio Frizzone  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”  
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Marcos Vinícius Folegatti  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”  
Universidade de São Paulo

Data da defesa: 10 de fevereiro de 2020.

Local da defesa: Anfiteatro II, Bloco J45, campus da Universidade Estadual de Maringá.

## DEDICATÓRIA

*A todos que contribuíram para que este  
trabalho fosse realizado,*

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Obrigado a Deus Pai, todo poderoso, criador do céu e da terra, pela minha vida, por tudo que me concedeu e pela oportunidade de concluir mais esta etapa. Sem Ti nada seria possível. Obrigado a Jesus Cristo Salvador, por ser Caminho, Verdade e Vida e ao Espírito Santo por todos os dons que nos presenteia.

Obrigado aos meus pais, Estilac e Lurdes e a minha irmã Renata, por todo incentivo, amor e confiança. Por toda dedicação para que eu me tornasse alguém na vida. Pai, o senhor conseguiu, me deu a herança que nunca acabará: o estudo.

Obrigado à Universidade Estadual de Maringá, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia e ao Centro Técnico de Irrigação pela oportunidade de realizar o Doutorado em Agronomia. Obrigado à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de estudo durante o curso.

Obrigado ao professor Dr. Roberto Rezende, meu orientador, pela dedicação, ensinamentos, amizade, conselhos e convivência profissional e pessoal. Obrigado a todos os professores, mestres e doutores, que me ajudaram, ensinaram e aconselharam ao longo de minha trajetória acadêmica a alcançar mais esta etapa.

Obrigado a Timol Indústria e Comércio de produtos magnéticos, empresa que cedeu o magnetizador Sylocimol Residence utilizado neste trabalho.

Obrigado ao Álvaro e ao Cássio, meus companheiros durante o período de realização deste curso. Amigos que dividiram comigo vários momentos, me ajudaram e estiveram comigo, seja nas aulas, no período que passamos na Universidade Federal de Lavras, nos concursos, no experimento e demais atividades desenvolvidas. Obrigado aos demais colegas pela amizade, boa convivência e ajuda.

Obrigado a Ana Paula Dias Camargo Lorenzoni, minha esposa, por todo incentivo e paciência. Por estar comigo durante as férias e finais de semanas que passei no experimento e os dias que me ajudou na correção deste trabalho. Obrigado a toda minha família, avó, tios, tias, primos e primas por sempre acreditarem em mim.

Obrigado a todos os meus amigos, que contribuíram para a minha formação profissional e pessoal. Obrigado a todos os servidores da universidade que me ajudaram direta ou indiretamente.

E obrigado a você que está lendo o meu trabalho.

## EPÍGRAFE

*Buscai em primeiro lugar o Reino de Deus  
e a sua justiça e todas as coisas que necessitais vos  
serão acrescentadas. (Mt 6, 33)*

## BIOGRAFIA

MARCELO ZOLIN LORENZONI, filho caçula de Estilac Henri Lorenzoni e Maria de Lurdes Zolin Lorenzoni e irmão de Renata Zolin Lorenzoni, nascido em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, no dia 27 de janeiro de 1992.

Foi aprovado no vestibular de verão da Universidade Estadual de Maringá (UEM) no ano de 2008 e em março de 2009 iniciou a graduação no curso de Engenharia Agrícola, Campus do Arenito de Cidade Gaúcha, Estado do Paraná. Durante a graduação foi monitor da disciplina de Desenho Técnico, bolsista de iniciação científica e estagiário no Centro Técnico de Irrigação da Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2014 ingressou no curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal com ênfase em Engenharia de Água e Solo, Irrigação e Drenagem na Universidade Estadual de Maringá, sob a orientação do Professor Dr. Roberto Rezende.

Em fevereiro de 2016 defendeu sua dissertação e obteve o título de Mestre em Agronomia. Em março do mesmo ano iniciou o curso de doutorado, sob a orientação do Professor Dr. Roberto Rezende, pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal com ênfase em Engenharia de Água e Solo, Irrigação e Drenagem na Universidade Estadual de Maringá.

Durante o segundo semestre de 2016 cursou três disciplinas no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Lavras, município de Lavras, Estado de Minas Gerais.

Em novembro de 2018 foi aprovado em concurso público do Instituto Federal Goiano. Em fevereiro de 2019 ingressou no serviço público como professor efetivo de ensino básico, técnico e tecnológico no IFGoiano, Campus Posse, Estado de Goiás, onde ministra aulas de Topografia, Desenho Técnico, Irrigação e Drenagem, Agrometeorologia e Hidráulica.

# Aplicação de água tratada magneticamente na cultura do pimentão via gotejamento

## RESUMO GERAL

Objetivou-se, com o presente estudo, avaliar a cultura do pimentão com relação à germinação, desenvolvimento de mudas, crescimento, produção e qualidade de frutos, submetido a lâminas de irrigação e aplicação de água com e sem tratamento magnético. Experimentos foram realizados em ambiente protegido no Centro Técnico de Irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR. Um experimento (08/2018 a 10/2018) realizado em bandejas de polietileno e recipientes plásticos (180 mL) preenchidos com substrato comercial (Su) e mistura de substrato e solo (SS) objetivou avaliar a aplicação de água tratada magneticamente na germinação e no crescimento inicial de mudas. As mudas foram irrigadas, conforme o tratamento correspondente e foram contadas nos primeiros 15 dias após a emergência para obter a porcentagem de germinação e a porcentagem final emergida. Para a avaliação do crescimento de mudas mediu-se a altura, diâmetro do caule, massa fresca e seca total, clorofila A, B e carotenoides, aos 43 dias após a semeadura. Outros dois experimentos, conduzidos no verão (2017-2018) e inverno e primavera (2018) objetivou avaliar o crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade de frutos. Foi adotado um delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 2 com 4 repetições no experimento de verão e 2 x 2 com 6 repetições no experimento de inverno e primavera. Sendo o primeiro fator três níveis de reposição de água da irrigação (50, 75 e 100% da evapotranspiração da cultura (ETc)) no experimento verão e dois níveis (75 e 100% da ETc) no experimento de inverno e primavera. O segundo fator consistiu na aplicação da água com e sem tratamento magnético. Foram avaliadas as características de crescimento (altura de planta, diâmetro do caule, área foliar, massa seca de caule, folha, raiz e total) e desenvolvimento (primeira flor e fruto) aos 120 e 150 dias após o transplantio (DAT) para os experimentos de verão e inverno e primavera, respectivamente. A produtividade, número de frutos e massa média dos frutos foram determinadas após seis (verão) e quatro (inverno e primavera) colheitas. O teor de sólidos solúveis, pH e acidez titulável foram avaliados em três frutos de cada planta. Para verificar o efeito da aplicação de água tratada magneticamente no solo foram utilizados 12 vasos preenchidos com solo da área experimental. Os dados foram submetidos ao teste F e de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). A aplicação de água tratada promoveu a germinação das mudas um dia antes das irrigadas sem tratamento cultivadas com substrato e solo. Houve interação significativa para a variável clorofila A, com aumento de 42% no cultivo SS com a aplicação de água tratada magneticamente. A aplicação de água tratada magneticamente condicionou maior umidade gravimétrica em três de dez avaliações no solo, para o cultivo em Su e SS. A reposição de 100% da ETc apresentou maiores valores para as variáveis de crescimento, independente do tratamento da água no experimento de verão. No experimento de inverno e primavera, a aplicação de água tratada proporcionou maior acúmulo de biomassa seca (caule, total e raiz) quando irrigada com 75% da ETc. A aplicação de água tratada não influenciou a produtividade. Sua aplicação aumentou os teores de sólidos solúveis e pH em comparação com a água não tratada. Houve maior ganho de massa média por fruto mediante aplicação de água tratada com reposição de 100% da ETc no experimento de inverno e primavera. Houve aumento da umidade gravimétrica do solo com a aplicação de água tratada magneticamente, demonstrando maior retenção de água no solo.

**Palavras-chave:** campo magnético, *Capsicum annuum* L., germinação, magnetismo, produção.

# Application of magnetically treated water in Bell Pepper crop with drip irrigation

## GENERAL ABSTRACT

The aimed of this study was to evaluate the bell pepper crop in relation to germination, seedling development, growth, productivity and fruit quality, submitted to water irrigation depths and water application with and without magnetic treatment. Experiments were performed in a protected environment in the Centro Técnico de Irrigação (CTI) from Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR. An experiment (08/2018 to 10/2018) on polyethylene trays and plastic containers (180 mL) filled with commercial substrate (Su) and substrate and soil mix (SS) aimed to evaluate the application of magnetically treated water on seedling germination and initial growth. The seedlings were irrigated according to the corresponding treatment and quantified in the first 15 days after emergence to obtain the germination percentage and the final percentage emerged. For seedling growth evaluation, height, stem diameter, fresh and total dry mass were measured, chlorophyll A, B and carotenoids at 43 days after sowing. Two other experiments, conducted in summer (2017-2018) and winter and spring (2018), aimed to evaluate growth, development, productivity and quality of fruits. A randomized block design in a 3 x 2 factorial scheme with 4 repetitions in the summer experiment and 2 x 2 with 6 repetitions in the winter and spring experiment was adopted. The first factor being three levels of irrigation replacement (50, 75 and 100% of crop evapotranspiration (ETc) in the summer experiment and two levels (75 and 100% of ETc) in the winter and spring experiment. The second factor was the application of water with and without magnetic treatment. The characteristics of growth (height plant, stem diameter, leaf area, stem dry mass, leaf dry mass, root dry mass and total dry mass) and development (first flower and fruit) at 120 and 150 days after transplantation (DAT) were evaluated for summer and winter and spring experiment, respectively. Productivity, number of fruits and average fruit mass were determined after six (summer) and four (winter and spring) harvests. Soluble solids, pH and titratable acidity were evaluated in three fruits of each plant. To verify the effect of the application of magnetically treated water under soil retention, were used 12 pots filled with soil from the experimental area. Data were submitted to the F and Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). The application of treated water promoted seedling germination one day before the non-treated irrigated cultivated with SS. There was significant interaction for chlorophyll A, with 42% increase in SS cultivation with the application of magnetically treated water. The application of magnetically treated water conditioned higher gravimetric humidity in three out of ten evaluations, with significant reduction of evaporation for Su and SS cultivation. The level of 100% ETc presented higher values for growth variables, regardless of the water treatment in the summer experiment. In the winter and spring experiment, the application of treated water provided greater accumulation of dry biomass (stem, total and root) when irrigated with 75% of ETc. The application of treated water did not influence the productivity. Its application increased soluble solids and pH compared to non-treated water. There was greater average mass gain per fruit by applying treated water with replacement 100% of ETc in the winter and spring experiment. There was an increase in soil gravimetric moisture with the application of magnetically treated water, showing greater water retention in the soil.

**Keywords:** magnetic field, *Capsicum annuum* L., germination, magnetism, yield.

## LISTA DE TABELAS

Página

### CAPÍTULO I:

- Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura (ALT), diâmetro do caule (DC), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST), Clorofila A, Clorofila B e Carotenoides de mudas de pimentão irrigadas com água com e sem tratamento magnético. Maringá-PR, 2018.....25
- Tabela 2. Valores médios de clorofila A das mudas de pimentão irrigadas com água com e sem tratamento magnético cultivadas em substrato e mistura substrato e solo. Maringá-PR, 2018.....27

### CAPÍTULO II:

- Tabela 1. Resultados de análise química de macronutrientes para caracterização do solo da área experimental\*. Maringá-PR, 2018 .....37
- Tabela 2. Resultados de análise química de micronutrientes para caracterização do solo da área experimental\*. Maringá-PR, 2018 .....37
- Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura (ALT), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF), avaliadas no primeiro experimento, para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação (50, 75 e 100% da ETc). Maringá-PR, 2018.....40
- Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis de desenvolvimento e crescimento, avaliadas no primeiro experimento, para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação (50, 75 e 100% da ETc). Maringá-PR, 2018.....41

Tabela 5. Resumo da análise de variância para as variáveis de desenvolvimento e crescimento, avaliadas no segundo experimento, para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação (75 e 100% da ETc). Maringá-PR, 2018.....	43
--	----

### CAPÍTULO III:

Tabela 1. Resultados de análise química de macro e micro nutrientes para caracterização do solo da área experimental*. Maringá-PR, 2018.....	54
--	----

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade (PROD), número de frutos (NF) e massa média de frutos (MMF) para a cultura do pimentão irrigado com água tratada e sem tratamento magnético e níveis de irrigação. Maringá-PR, 2018.....	58
---	----

Tabela 3. Valores médios de produtividade (PROD), g por planta, e número de frutos (NF) de pimentão irrigado com água tratada e sem tratamento magnético e níveis de irrigação no primeiro experimento. Maringá-PR, 2018.....	58
---	----

Tabela 4. Resumo da análise de variância para teor de sólidos solúveis (SS), pH e acidez titulável (AT), avaliadas no primeiro experimento para a cultura do pimentão irrigado com água tratada e sem tratamento magnético e níveis de irrigação (50, 75 e 100% da ETc). Maringá-PR, 2018.....	62
--	----

Tabela 5. Medidas de umidade atual em vasos submetidos à água tratada magneticamente e sem tratamento magnético para diferentes frequências de irrigação. Maringá-PR, 2018.....	64
---	----

## LISTA DE FIGURAS

Página

### CAPÍTULO I:

- Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima registradas diariamente no interior do ambiente protegido durante o período experimental. Maringá-PR, 2018. .... 19
- Figura 2. Porcentagem de germinação de sementes de pimentão com aplicação de água tratada magneticamente e água sem tratamento: Bandejas preenchidas com substrato (A) e bandejas preenchidas com mistura substrato e solo (B). Maringá-PR, 2018..... 23
- Figura 3. Valores médios de altura de plantas e diâmetro do caule para as mudas de pimentão cultivadas em substrato (Su) e mistura substrato e solo (SS). Letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. Maringá-PR, 2018..... 25
- Figura 4. Valores médios de massa fresca total e massa seca total (A) e clorofila B e Carotenoides (B) para as mudas de pimentão cultivadas em substrato (Su) e mistura substrato e solo (SS). Letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. Maringá-PR, 2018..... 26
- Figura 5. Umidade gravimétrica nos recipientes plásticos nos dez primeiros dias após a semeadura do pimentão com a aplicação de água tratada magneticamente quando cultivado em substrato (A) e mistura de substrato e solo (B). Maringá-PR, 2018. .... 28

### CAPÍTULO II:

- Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima registradas diariamente no interior do ambiente protegido durante os dois experimentos. Maringá-PR, 2018..... 36

Figura 2. Valores médios de massa seca do caule (MSC), folha (MSF), total (MST) e raiz (MSR) para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação. Letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. Maringá-PR, 2018.....42

Figura 3. Desdobramento da interação para as variáveis massa seca do caule (MSC), total (MST) e raiz (MSR) para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação. Letras diferem estatisticamente pelo teste Tukey. Maringá-PR, 2018 .....44

### CAPÍTULO III:

Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima registradas diariamente no interior do ambiente protegido durante o primeiro experimento (A) e segundo experimento (B). Maringá-PR, 2018 ..... 53

Figura 2. Desdobramento da interação para a variável massa média de frutos (MMF), no primeiro experimento, para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação. Letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. Maringá-PR, 2018..... 60

Figura 3. Desdobramento da interação para a variável número de frutos por planta (NF), no segundo experimento, para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação. Letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. Maringá-PR, 2018.....61

Figura 4. Desdobramento da interação para a variável massa média de frutos (MMF), no segundo experimento, para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação. Letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. Maringá-PR, 2018.....61

# SUMÁRIO

	Página
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Aspectos gerais da cultura .....	3
2.2 Cultivo em ambiente protegido .....	4
2.3 Irrigação de hortaliças .....	5
2.4 Água com tratamento magnético .....	7
2.5 Água tratada magneticamente na irrigação .....	9
2.6 Referências .....	11
<b>3 CAPÍTULO I: APLICAÇÃO DE ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE PIMENTÃO</b> .....	16
3.1 Resumo: .....	17
3.2 Abstract: .....	17
3.3 INTRODUÇÃO .....	18
3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	19
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
3.6 CONCLUSÕES .....	29
3.7 REFERÊNCIAS .....	30
<b>4 CAPÍTULO II: CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO PIMENTÃO IRRIGADA COM ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE</b> .....	33
4.1 Resumo: .....	34
4.2 Abstract: .....	34
4.3 INTRODUÇÃO .....	35
4.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	36
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
4.6 CONCLUSÕES .....	45
4.7 REFERÊNCIAS .....	46
<b>5 CAPÍTULO III: PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE PIMENTÃO IRRIGADO COM ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE</b> .....	49

5.1 Resumo: .....	50
5.2 Abstract: .....	50
5.3 INTRODUÇÃO.....	51
5.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	52
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	57
5.6 CONCLUSÕES .....	64
5.7 REFERÊNCIAS .....	65

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O pimentão é uma das hortaliças mais apreciadas no Brasil, apresentando-se entre as dez de maior importância social e econômica, sendo cultivada em todo o território nacional. É uma hortaliça pertencente à família das Solanáceas assim como o tomate, a batata, a berinjela, a pimenta e o jiló, originária de regiões de clima tropical.

Por ser um produto largamente consumido e de destaque no mercado, os produtores de pimentão têm investido em tecnologias a fim de obter maior rentabilidade econômica, como o cultivo em ambiente protegido, sementes híbridas resistentes a determinadas doenças e sistemas de irrigação que permitam a fertirrigação.

A utilização de ambiente protegido para o cultivo de pimentão tem se intensificado, acelerando a produção e melhorando a qualidade e o tamanho dos frutos, pois protege contra ataques de pragas e doenças, queimadura do sol e chuvas fortes. No entanto, os benefícios na produção serão alcançados mediante ao adequado manejo do ambiente protegido, principalmente quanto à exigência hídrica da cultura do pimentão.

A irrigação é fundamental no processo produtivo das hortaliças cultivadas em ambiente protegido, porém o manejo da água deve ser considerado, pois a cultura do pimentão é muito sensível ao déficit e ao excesso de água.

Diante desse cenário, pesquisas têm mostrado resultados significativos na produtividade e na qualidade dos alimentos com a aplicação de água, tratada magneticamente, via irrigação. O processo de indução do campo magnético na água altera algumas de suas propriedades como a condutividade elétrica e a tensão superficial. É possível encontrar trabalhos envolvendo a aplicação de água com tratamento magnético em solanáceas como tomate, batata e berinjela, os quais apresentaram resultados significativos em algumas características avaliadas. Para o pimentão há escassez de estudos, sendo que não existe trabalho realizado no país aplicando essa tecnologia.

O tratamento magnético da água para irrigação traz novas possibilidades de aumento de produção e diminuição do volume de água aplicado, contribuindo para sua economia. No entanto, estudos agrônômicos empregando essa tecnologia ainda são limitados, sendo necessário o estudo sobre o comportamento das culturas quando submetidas à irrigação com água tratada magneticamente.

Visando a obtenção de informações que poderão auxiliar os produtores de pimentão a adotar essa tecnologia, deve haver incentivo a novas pesquisas, o que pode aumentar a produtividade e a economia de água, elevando os lucros.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a aplicação de diferentes lâminas de irrigação com água tratada magneticamente e água sem tratamento magnético na germinação, crescimento de mudas, produtividade, crescimento e desenvolvimento da cultura do pimentão conduzido em ambiente protegido.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos gerais da cultura

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) pertence à família das Solanáceas e ao gênero *Capsicum*. É uma importante cultura mundial no setor econômico e nutricional, com frutos ricos em vitaminas e minerais (PÉREZ-JIMENEZ et al., 2015). No Brasil, encontra-se dentre as dez hortaliças de maior importância social e econômica no mercado (SEDIYAMA et al., 2014; LORENZONI et al., 2016), tanto em valor quanto em volume comercializado, sendo cultivado em todo o território nacional (ECHER et al., 2002). Originário no continente americano, o pimentão é cultivado desde o sul dos Estados Unidos até o norte do Chile (FILGUEIRA, 2008).

Segundo dados da FAOSTAT (2017) a produção mundial estimada foi de 34 milhões de toneladas de frutos em uma área plantada de 1,98 milhões de hectare, sendo a China o maior produtor, com produção de 17,8 milhões de toneladas, seguido por México, 3,2 milhões de toneladas, e Turquia, 2,6 milhões de toneladas. No Brasil, a produção estimada é de 290 mil toneladas de frutos por ano, em uma área plantada de aproximadamente 13 mil hectares, sendo os estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Rio de Janeiro os principais produtores nacionais (MAROUELLI & SILVA, 2012). No Estado do Paraná, a cultura do pimentão aparece na 14ª posição no ranking das principais olerícolas cultivadas na safra de 2015, com produção de 54 mil toneladas em uma área plantada de 1,5 mil hectares (SEAB, 2016).

O pimentão é uma planta autógama e arbustiva que apresenta formato piramidal invertido com folhas lanceoladas e pecíolo longo. O caule é semi lenhoso, podendo atingir mais de um metro de altura e sistema radicular pivotante e profundo, com até 1,20 m de profundidade. As flores são brancas e em formato de estrela, surgindo nas axilas das folhas, podendo surgir frutos pendentes ou levantados (FILGUEIRA, 2008).

O fruto é uma baga oca, podendo apresentar diversos formatos (cônico, cilindro ou cúbico) e várias colorações quando maduros, dependendo do híbrido utilizado, como o vermelho e o amarelo. Os frutos possuem alto teor de vitamina C, podem ser consumidos em diferentes estágios de maturação (verde, maduro ou não totalmente maduro) ou utilizados na fabricação de condimentos, conservas e molhos (NAVARRO et al., 2006; FILGUEIRA, 2008; CARVALHO et al. 2011a; LIMA et al., 2012).

Segundo Sedyama et al. (2014), 70% dos frutos de pimentão são comercializados verdes e 30% são comercializados maduros.

É uma cultura de clima tropical, desenvolvendo-se melhor em temperaturas relativamente elevadas ou amenas, sendo sensível a temperatura baixa e intolerante à geada (FILGUEIRA, 2008). É uma solanácea de dias curtos, florescendo e frutificando em qualquer comprimento de dia, no entanto, o florescimento, frutificação e maturação dos frutos são mais precoces em dias curtos, favorecendo a produtividade (CARVALHO et al., 2011b). O monitoramento das condições climáticas durante o experimento é muito importante para análise dos dados, pelo fato, das respostas morfofisiológicas das plantas dependerem dessas condições (OLIVEIRA, 2012).

De acordo com Carvalho et al. (2011a), a cultura do pimentão exige suprimento regular de água durante todo o ciclo, sendo indicado solos com pH entre 5,5 e 6,8, bem drenados, profundos e de textura média (PEREIRA, 2006). A drenagem deve ser realizada para que não haja o surgimento de doenças que podem apodrecer o colo e as raízes ou ocasionar queda de flores. A falta de água durante o período de floração reduz o pegamento de frutos e no período de frutificação pode restringir a translocação de cálcio, favorecendo o surgimento de frutos com podridão apical (MAROUELLI & SILVA, 2012). Quanto à suplementação de nutrientes, as plantas de pimentão apresentam, em termos de absorção de macronutrientes, a seguinte ordem: K, Ca, N, Mg, S e P (FILGUEIRA, 2003).

No cultivo do pimentão, são empregadas tecnologias que devem estar voltadas para questões de sustentabilidade com fins de ampliar a produtividade. (SEDIYAMA et al., 2014). O cultivo em ambiente protegido é uma dessas tecnologias que possibilita a produção contínua e certa, abastecendo o mercado o ano todo, devido à maior segurança na produção, reduzindo perdas e aumentando o rendimento e a qualidade dos frutos (CHARLO et al., 2009).

## **2.2 Cultivo em ambiente protegido**

A produção de hortícolas sob algum tipo de estrutura (metálica ou madeira) coberta com filmes plásticos (polietileno de baixa densidade) é denominado cultivo protegido ou cultivo em ambiente protegido. Segundo Filgueira (2003), utiliza-se o plástico devido a sua versatilidade, disponibilidade, leveza e principalmente pelo seu baixo custo.

Na agricultura moderna, o cultivo protegido é muito utilizado para produzir produtos fora de época favorecendo a produção das culturas em comparação ao cultivo em campo, permitindo alongar o tempo de cultivo ou antecipar a data de plantio, visto que aumenta o conforto térmico das plantas nos períodos frios (FACTOR et al., 2008; LORENTZ & LÚCIO, 2009).

Esta prática agrícola é muito vantajosa, com destaque para aumento de produtividade, melhoria na qualidade dos produtos, possibilidade de oferta de produtos em todas as épocas do ano, aproveitamento eficiente dos fatores de produção (fertilizantes, defensivos e água), controle das condições climáticas, fixação do homem ao campo ou aumento da rentabilidade do empreendimento agrícola (FILGUEIRA, 2003). Além dessas vantagens, Oliveira et al. (2011) destacam ainda a redução na incidência de doenças, diminuição do impacto do clima nos frutos (granizos, geadas e vento) e controle da umidade do solo.

Filgueira (2003) afirma que os fatores limitantes à implantação de ambientes protegidos no Brasil tem sido a instabilidade do mercado, ausência de política governamental voltada ao setor de hortaliças, o elevado custo de produção de muitas hortaliças e a falta de tecnologia agrícola melhor adaptada às diferentes regiões produtoras no país.

De acordo com Ishikava & Figueiredo (2011), as principais olerícolas implantadas neste tipo de cultivo são o pimentão, tomate, pepino e hortaliças folhosas. O pimentão quando cultivado em ambiente protegido apresenta melhor qualidade dos frutos, devido a maior proteção contra o ataque de insetos, queimadura do sol e chuvas pesadas, propiciando a obtenção de frutos maiores em diferentes épocas, aumentando a produção, encurtando o ciclo de produção e alcançando maiores preços no mercado (LÚCIO et al., 2003; CAMPOS et al., 2008).

O cultivo de pimentão no campo emprega grandes quantidades de defensivos agrícolas, ocasionando queda da produção devido a incidência de problemas com fatores fitossanitários e climáticos, elevando os custos de produção e reduzindo a qualidade dos frutos (SILVA & MORENO, 2016).

### **2.3 Irrigação de hortaliças**

A irrigação é a técnica que permite aplicar água artificialmente no solo, em intervalos definidos e quantidade requerida, para fornecer as espécies vegetais umidade

ideal para seu desenvolvimento, que tem se destacado e desenvolvido notavelmente nos últimos anos. De acordo com o Atlas Irrigação (ANA, 2017), o Brasil está entre os dez países com maior área irrigada do mundo (entre 4 e 7 milhões de hectares), sendo a região Sul a segunda maior em área irrigada com 1,69 milhões de hectares. De acordo com dados mais recentes, do ano de 2015, o Estado do Paraná possui uma área de aproximadamente 128 mil hectares irrigados (ANA, 2017).

A água é essencial na produção das culturas, devendo ser utilizada de forma racional (ARAGÃO et al., 2012). Para o adequado desenvolvimento da planta e obtenção de produtividade satisfatória é fundamental a reposição de água e nutrientes, na quantidade e no momento ideal (MARCUSSE et al., 2004). Bernardo et al. (2006), destaca, entre as principais vantagens da agricultura irrigada, a maior produção das culturas, permitindo mais de um plantio por ano, produtividade com melhores condições de desenvolvimento da cultura e geração de empregos.

No cultivo das hortaliças, a irrigação é uma das técnicas mais características e relevantes (FILGUEIRA, 2008), e sua utilização deve ser racional para que se obtenham produções satisfatórias e altos rendimentos, o que exige o conhecimento sobre o crescimento das culturas e o rendimento das mesmas em diferentes condições (ARAGÃO et al., 2012). Segundo Bernardo et al. (2006), o ajuste das necessidades hídricas de uma cultura evita o excesso ou a falta de água, que poderiam provocar quedas na produção. A reposição de lâminas de irrigação adequadas é decisiva para uma boa produção de hortaliças (LUZ, 2008).

O fornecimento de água afeta o desenvolvimento, a fitossanidade e a produção das culturas. Isto acontece porque a irrigação favorece a diminuição da temperatura média do ar e do solo e o aumento da umidade relativa do ar (PIRES et al., 2000). O método de microirrigação por gotejamento se adapta bem às hortaliças fruto, como o pimentão, proporcionando economia de água, contribuindo para a rentabilidade das culturas.

Na irrigação por gotejamento tem-se como vantagem: i) economia de água e energia; ii) redução de incidência de doenças; iii) permite a fertirrigação; iv) otimização no uso de fertilizantes; v) excelente uniformidade de aplicação de água; vi) possibilita o controle da quantidade de água fornecida às plantas; e, vii) reduz o risco de salinidade para as plantas (FRIZZONE et al., 2012; MANTOVANI et al., 2009).

A irrigação torna-se imprescindível à produção de pimentão, sendo também limitantes outros fatores, relacionados ao clima, ao solo ou à própria planta (PEREIRA,

2006). As plantas de pimentão são sensíveis ao excesso de água durante o ciclo da cultura, que pode ocasionar asfixia radicular, causando apodrecimento da raiz e do caule da planta (PADRÓN, 2016). Em hortaliças-fruto, como o pimentão, existem dois estádios críticos em que a falta d'água pode comprometer a produção (vegetativo inicial e floração/frutificação), no entanto, para plantas com produção de frutos contínua, como as solanáceas, a umidade do solo também deve ser mantida próxima à capacidade de campo durante a colheita (FILGUEIRA, 2008).

A necessidade de água pela cultura do pimentão depende das condições do clima, duração do ciclo e dos sistemas de cultivo e de irrigação empregados, variando de 450 mm a 650 mm (MAROUELLI & SILVA, 2012). Silva et al. (2017) observaram consumo hídrico total de 530 mm, enquanto Albuquerque et al. (2012) registraram 206,85 mm para a cultura do pimentão cultivada nos municípios de Arapiraca (AL) e Recife (PE), respectivamente, para um ciclo de 105 dias após o transplântio (DAT).

Souza et al. (2011) cultivando pimentão por um período de 181 DAT, observaram consumo hídrico total de 363 mm em plantio convencional e 335 mm em plantio direto na região de Seropédica, RJ. Lima et al. (2012) verificaram que a maior lâmina de água de irrigação aplicada, referente a 125% da evapotranspiração da cultura (396,48 mm), proporcionou maiores produções de pimentão por planta nas cultivares Konan R e Magali R em experimento conduzido no município de Lavras, MG.

## **2.4 Água com tratamento magnético**

O magnetismo é um conjunto de fenômenos relacionados à força de atração ou repulsão em determinados materiais. O planeta Terra possui um campo magnético de baixa intensidade que atua sobre toda matéria nele presente. A água é considerada uma substância diamagnética, ou seja, substância que possui resposta magnética mais fraca de um sistema (GENEROSO, 2016). No entanto, vários trabalhos apresentam alterações nas propriedades da água quando submetida ao magnetismo intenso, modificando a condutividade elétrica (ZHOU et al., 2000), a viscosidade e a tensão superficial (CAI et al., 2009).

Os campos magnéticos podem ser classificados de acordo com sua intensidade, sendo de alta intensidade quando apresentam valores superiores a 1000 Gauss (G) e de baixa intensidade quando os valores se encontram abaixo de 0,001 G (GUERRA, 2016).

De acordo com Generoso (2016), o campo magnético da terra possui baixíssima intensidade, em torno de 0,5 Gauss ou 0,00005 Tesla (50  $\mu$ T).

Sendo a água uma substância diamagnética, utilizar o termo água magnetizada é incorreto, mesmo sendo comumente empregado no meio comercial e não acadêmico, pois a água não assume as mesmas características magnéticas do ferro, ou seja, não há uma magnetização e sim alguma alteração na água líquida, sendo correto utilizar o termo água tratada magneticamente quando a mesma for submetida a um campo magnético (BARBOZA, 2002; ELIAS, 2015). De acordo com Ospina-Salazar et al. (2018) várias pesquisas mostraram que realmente ocorre uma resposta magnética da água quando submetida ao campo magnético, mas não devido a um fenômeno de alinhamento de elétrons como em substâncias ferromagnéticas.

Há vários modelos utilizados para descrever a água líquida, destacando-se na literatura dois principais: o modelo contínuo e o modelo de misturas. O primeiro modelo assume a água como sendo uma rede contínua de moléculas de H<sub>2</sub>O tridimensionais, formada por ligações de hidrogênio podendo sofrer distorções quando perturbada, enquanto o segundo modelo, também conhecido como modelo de *clusters*, pressupõe que a água líquida é composta não só por *clusters* de tamanhos diferentes conectados por ligações de hidrogênio, mas também por moléculas livres de água que não estão conectadas por ligações de hidrogênio. De acordo com Porto (2007) os *clusters* são compostos por aglomerados de moléculas de água formando estruturas fechadas.

Os modelos citados acima possuem bases diferentes entre si e uma contribuição particular de acordo com determinada pesquisa. Todavia, quando o foco do trabalho são as alterações no comportamento ou modificações estruturais da água, muitos pesquisadores se referem diretamente aos *clusters* para embasar os resultados experimentais encontrados (PORTO, 1998). Zhou et al. (2000) observaram modificações na distribuição de tamanho de *clusters* em água exposta ao campo magnético. Segundo Porto (2004) *clusters* menores, em água tratada magneticamente, conferem novas propriedades à água, facilitando sua absorção.

O primeiro estudo científico envolvendo campo magnético em água foi realizado em 1945 na Bélgica por Vermeiren. Desde então, estudos a respeito de alterações das propriedades da água submetida a campo magnético são realizados nas diferentes áreas do conhecimento. Segundo Generoso (2016) em muitas áreas abrangentes (medicina, química, física, biologia, agronomia) podem ser observados os efeitos das alterações nas

propriedades da água. De acordo com Sayed (2014) a água submetida a campos magnéticos pode induzir mudanças bioquímicas na água e ser usada como estimuladora no crescimento das plantas. Além do tratamento magnético na água, muitos autores utilizam campos magnéticos para o tratamento de sementes a fim de beneficiar a germinação e o desenvolvimento das culturas.

Souza et al. (2005) verificaram desenvolvimento significativo de sementes de tomate expostas a duas intensidades de campo magnético, desde a sua germinação até a produção total por área quando comparado com as que não foram submetidas ao campo.

Segundo Yusuf & Ogunlela (2017) há muitas possibilidades de aplicações da água tratada magneticamente na agricultura. A exposição da água à indução magnética provoca alterações das suas propriedades físico-químicas (VALLÉE et al., 2005) tornando a absorção de água mais fácil pela planta, além de modificar o ângulo de ligação da água e a tensão superficial (YUSUF & OGUNLELA, 2017).

## **2.5 Água tratada magneticamente na irrigação**

A irrigação, como mencionado anteriormente, é a técnica agrícola que permite aplicar água no momento certo e quantidade requerida, a fim de proporcionar garantia de produção e índices de produtividade superiores nas safras e entressafras. No entanto, submeter a água ao tratamento magnético para a irrigação está se difundindo e demonstrando bons resultados com sua utilização, apesar da pouca compreensão do mecanismo que rege o fenômeno (PORTO, 2004).

O uso de métodos físicos para estimular o crescimento de plantas está cada vez mais popular, pois causam menos danos ao meio ambiente (SAYED, 2014). Muitos estudos utilizam a água tratada magneticamente na irrigação para melhorar o rendimento, a qualidade dos produtos agrícolas (GENEROSO et al., 2017).

Maheshwari & Grewal (2009) observaram que a irrigação com água tratada magneticamente tendia a alterar o pH do solo, condutividade elétrica, fósforo disponível e potássio extraível pela cultura, quando comparada com a irrigação sem tratamento.

Para o pimentão, não foram encontrados estudos envolvendo a cultura e a aplicação de água tratada magneticamente, apenas trabalhos com culturas da mesma família, as solanáceas (batata, tomate e berinjela), as folhosas (alface), e as leguminosas (ervilha, grão-de-bico). Segundo Sayed (2014) estudos envolvendo a aplicação desta

tecnologia na agricultura ainda são limitados, pois envolve uma série de condições experimentais, como tempo de exposição e intensidade do campo magnético.

Yusuf & Ogunlela (2017) ao utilizar a mesma quantidade de água com tratamento magnético e sem tratamento magnético para irrigar a cultura do tomate, observaram maior rapidez no crescimento e maior facilidade da cultura em absorver água do solo quando irrigado com água tratada magneticamente.

Surendran et al. (2016) verificaram diferenças significativas para todos os tratamentos utilizando água tratada magneticamente comparado ao tratamento controle na cultura da berinjela. A irrigação com tratamento magnético aumentou a altura das plantas, o número de folhas, a área foliar e o peso individual dos frutos. Tanto a água salina quanto a água não salina tratada magneticamente registraram rendimento de 17% e 25,8%, respectivamente, quando comparado com água sem tratamento magnético.

Putti et al. (2015) obtiveram resultados significativos no peso verde do alface irrigado com água tratada magneticamente, com produção maior ou igual ao irrigado com água sem tratamento, com incremento de 63%, utilizando água com e sem tratamento magnético e cinco níveis de reposição (25, 50, 75, 100 e 125% da ETc).

Putti et al. (2013) ao investigar os benefícios da irrigação com água com tratamento magnético no desenvolvimento inicial do alface em Botucatu-SP, verificaram aumento significativo no comprimento da raiz, biomassa verde da raiz, biomassa seca da raiz e biomassa seca da parte aérea para a cultura do alface irrigado com água com tratamento magnético.

Grewal & Maheshwari (2011) observaram que sementes de ervilha branca e grão-de-bico submetidas ao tratamento magnético e também irrigadas com água tratada magneticamente têm potencial de melhorar o crescimento e o teor de nutrientes das plântulas quando comparadas às que não receberam tratamento magnético.

O tratamento magnético da água para irrigação traz novas possibilidades de aumento de produção e diminuição do volume aplicado, contribuindo para sua economia. Mostafazadeh-Fard et al. (2011) e Hozayn et al. (2016) recomendam a utilização de água tratada magneticamente na irrigação para a economia de água.

Aguilera & Martín (2016) verificaram que a água tratada magneticamente acelerou o processo de germinação de sementes de tomate e estimulou o desenvolvimento das plantas durante o período de cultivo. Os autores consideram que a irrigação com água tratada magneticamente pode ser uma tecnologia valiosa para melhorar a qualidade de mudas, o uso da água de irrigação e a produtividade.

## 2.6 Referências

- AGUILERA, J. G.; MARTÍN, R. M. Água tratada magneticamente estimula a germinação e desenvolvimento de mudas de *Solanum lycopersicum* L. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 6, n. 1, p. 47-53, 2016.
- ALBUQUERQUE, F. S. et al. Necessidade hídrica e coeficiente de cultivo do pimentão fertirrigado. *Irriga*, v. 17, n. 4, p. 481-493, 2012.
- ANA – Agência Nacional de Águas (Brasil). *Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada*. Brasília: ANA, 2017. 86p.
- ARAGÃO, V. F. et al. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 6, n. 3, p.207-216, 2012.
- BARBOZA, M. A. Ação de campos magnéticos em alguns sistemas químicos e biológicos. 2002. 124 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de química Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- BERNARDO, S. et al. *Manual de Irrigação*, 8ª edição, Viçosa: Ed. UFV, 2006, 625p.
- CAI, R. et al. The effects of magnetic fields on water molecular hydrogen bonds. *Journal of Molecular Structure*, v. 938, p. 15-19, 2009.
- CAMPOS, V. B. et al. Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, v. 8, n. 2, p. 72-79, 2008.
- CARVALHO, J. A. et al. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 6, p. 569-574, 2011a.
- CARVALHO, D. F. et al. Ajuste de modelos para estimativa do índice de área foliar e acúmulo de biomassa do pimentão em função de graus-dias. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 3, p. 971-982, 2011b.
- CHARLO, H. C. O. et al. Cultivo de híbridos de pimentão amarelo em fibra da casca de coco. *Horticultura Brasileira*, v. 27, p. 155-159, 2009.
- ECHER, M. M. et al. Avaliação de genótipos de *Capsicum* para resistência a ácaro branco. *Horticultura Brasileira*, v. 20, p. 217-221, 2002.
- ELIAS, J. A. Verificação da ocorrência de mudanças físico-químicas e moleculares da água submetida a tratamento magnético: uma análise da relevância estatística. 95 f.

2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- FACTOR, T. L. et al. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 2, p. 143-149, 2008.
- FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Chillies and peppers, green. 2017. Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 11 jun. 2019.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló*. Lavras: UFLA, 2003, 333p.
- FILGUEIRA, F.A.R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008, 421p.
- FRIZZONE, J. A. et al. *Microirrigação: gotejamento e microaspersão*. Maringá: Eduem, 2012, 356p.
- GENEROSO, T. N. Efeito da magnetização nas características da água e nos parâmetros de transporte de fósforo no solo. 2016. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Univerdidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.
- GENEROSO, T. N. et al. Water magnetization and phosphorus transport parameters in the soil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 1, p. 9-13, 2017.
- GREWAL, H. S.; MAHESHWARI, B. L. Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedings. *Bioelectromagnetics*, v. 32, p. 58-65, 2011.
- GUERRA, I. J. G. Efecto de la aplicación de agua y semilla magnetizada en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus*). 2016. 29 f. Proyecto especial de graduación (Graduación en Ingeniera en Ambiente) – Universidad Zamorano, Zamorano, 2016.
- HOZAYN, M. et al. Applications of magnetic technology in agriculture: A novel tool for improving crop productivity (1): Canola. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 5, p. 441-449, 2016.
- ISHIKAVA, S. M.; FIGUEIREDO, G. Olerícolas para cultivo em ambiente protegido. *Casa da Agricultura: Produção em ambiente protegido*, Ano 14, n. 2, p. 24-25, 2011.
- LIMA, E. M. C. et al. Produção de pimentão cultivado em ambiente protegido e submetido a diferentes lâminas de irrigação. *Revista Agrotecnologia*, v. 3, n. 1, p. 40-56, 2012.

- LORENTZ, L. H.; LÚCIO, A. D. Tamanho e forma de parcela para pimentão em estufa plástica. *Ciência Rural*, v. 39, n. 8, p. 2380-2387, 2009.
- LORENZONI, M. Z. et al. Response of bell pepper crop fertigated with nitrogen and potassium doses in protected environment, *Agrotechnology*, v. 5, n. 3, p. 148, 2016.
- LÚCIO, A. D. et al. Tamanho da amostra e método de amostragem para avaliação de características do pimentão em estufa plástica. *Horticultura Brasileira*, v. 21, n. 2, p. 180-184, 2003.
- LUZ, G. L. Frequência de irrigação no cultivo hidropônico da alface. 2008. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Rurais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- MAHESWARI, B. L.; GREWAL, H. S. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management*, v. 96, p. 1229-1236, 2009.
- MANTOVANI, E. C. et al. *Irrigação: princípios e métodos*, 3ª edição, Viçosa: Ed. UFV, 2009. 355p.
- MARCUSSI, F. F. N. et al. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e K pela planta. *Irriga*, v.9, n.1, p.41-51, 2004.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação na cultura do pimentão. 1ª Ed. Brasília: Embrapa, 2012, 20p. (Circular Técnica, 101).
- MOSTAFAZADEH-FARD, B. et al. Effects of magnetized water and irrigation water salinity on soil moisture distribution in trickle irrigation. *Journal of irrigation and drainage engineering*, v. 137, n. 6, p. 398-402, 2011.
- NAVARRO, J. M. et al. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chemistry*, v. 96, p. 66-73, 2006.
- OLIVEIRA, E. C. et al. Viabilidade técnica e econômica da produção de ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivada sob diferentes lâminas de irrigação. *Engenharia Agrícola*, v. 31, n. 2, p. 324-333, 2011.
- OLIVEIRA, F. A. de; Cultivo de pimentão em ambiente protegido utilizando diferentes manejos de fertirrigação. 2012. 223 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade de São Paulo – ESALQ, Piracicaba, 2012.
- OSPINA-SALAZAR, D. I. et al. Photosynthesis and biomass yield in Tabasco pepper, radish and maize subjected to magnetically treated water. *Corpoica Ciencia Tecnologia Agropecuaria*, v. 19, n. 2, p. 307-321, 2018.

- PADRÓN, R. A. R. Manejo da irrigação e eficiência do uso da água no cultivo do pimentão com e sem sombreamento. 2016. 80 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
- PEREIRA, J. B. A. Avaliação do crescimento, necessidade hídrica e eficiência no uso da água pela cultura do pimentão (*Capsicum annuum*. L), nos sistemas de plantio convencional e direto, manejados agroecologicamente. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.
- PÉREZ-JIMÉNEZ, M. et al. Foliar application of plant growth regulators changes the nutriente composition of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Horticulturae*, v. 194, p. 188-193, 2015.
- PIRES R.C de M. et al. Manejo da irrigação em hortaliças. *Horticultura Brasileira*, v. 18, p. 147-157, 2000.
- PORTO, M. E. G. Alterações biológicas e físico-químicas da água induzidas por campos magnéticos. 1998. 95 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.
- PORTO, M. E. G. Alterações de propriedades da água por processos físicos e químicos. 2004. 194 f. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- PORTO, M. E. G. Novos conceitos sobre a água e possibilidades de aplicações. *Cultura Homeopática*, n. 21, p. 19-23, 2007.
- PUTTI, F. F. et al. Desenvolvimento inicial da alface (*Lactuca sativa* L.) irrigada com água magnetizada. *Cultivando o saber*, v. 6, n. 3, p. 83-90, 2013.
- PUTTI, F. F. et al. Response of lettuce crop to magnetically treated irrigation water and diferente irrigation depths. *African Journal of Agricultural Research*, v. 10, n. 22, p. 2300-2308, 2015.
- SAYED, H. E. S. A. E.; Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, chemical composition and yield production of Broad Bean (*Vicia faba* L.) plant. *American Journal of Experimental Agriculture*, v. 4, n. 4, p. 476-496, 2014.
- SEAB – SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Departamento de Economia Rural. Aspectos da olericultura paranaense. 2016. Disponível em <[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Olericultura\\_2015\\_16.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Olericultura_2015_16.pdf)> Acesso em: 29 ago. 2017.

- SEDIYAMA, M. A. N. et al. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante de suíno. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 6, p. 588-594, 2014.
- SILVA, J. R. da; MORENO, P. G. Cultivo em ambiente protegido como promotor de ganhos produtivos na cultura do pimentão. *Revista Perspectiva em Educação: Gestão & Tecnologia*, v. 5, n. 9, 2016.
- SILVA, P. F. et al. Determinação do coeficiente de cultivo da cultura do pimentão (*Capsicum annum*) por meio de lisímetro de drenagem. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 11, n. 7, p. 2040-2051, 2017.
- SOUZA, A. de et al. Pre-sowing magnetic treatment of tomato seeds: effects on the growth and yield of plants cultivated late on the season. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v. 3, n. 1, p. 113-122, 2005.
- SOUZA, A. P. et al. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 33, n. 1, p. 15-22, 2011.
- SURENDRAN, U. et al. The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics. *Agricultural Water Management*, v. 178, p. 21-29, 2016.
- VALLÉE, P. et al. Effects of pulsed low frequency electromagnetic fields on water using photoluminescence spectroscopy: Role of bubble/water interface. *The Journal of Chemical Physics*, v. 122, 114513, 2005.
- YUSUF, K. O.; OGUNLELA, A. O. Effect magnetic treatment of water on evapotranspiration of tomato. *Arid Zone of Engineering, Technology and Environment*, v. 13, n. 1, p. 86-96, 2017.
- ZHOU, K. X. et al. Monte Carlo simulation of liquid water in a magnetic field. *Journal of Applied Physics*, v. 89, p.1802-1805, 2000.

**3 CAPÍTULO I: APLICAÇÃO DE ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE NO  
CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE PIMENTÃO**

## APLICAÇÃO DE ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE PIMENTÃO

### 3.1 Resumo:

O cultivo do pimentão, antes do transplante, inicia-se em viveiros a fim de obter mudas uniformes e vigorosas. Neste trabalho, objetivou-se avaliar a aplicação de água tratada magneticamente na germinação e no crescimento inicial de mudas de pimentão. Dois experimentos foram conduzidos de agosto a outubro de 2018 em ambiente protegido no Centro Técnico de Irrigação (CTI/UEM) – Maringá/PR sendo o primeiro em bandejas de polietileno de 50 células para avaliar a germinação das mudas e o segundo em recipientes plásticos (180 mL) preenchidos com substrato comercial (Su) e mistura de substrato e solo (SS) para avaliar o crescimento das mudas. Para o teste de germinação as mudas foram irrigadas diariamente conforme o tratamento correspondente e quantificadas nos primeiros 15 dias após a emergência para obter a porcentagem de germinação e a porcentagem final emergida. Para o crescimento de mudas nos recipientes plásticos foram avaliadas a altura, diâmetro do caule, massa fresca total, massa seca total, clorofila A e B e carotenoides, aos 43 dias após a semeadura. Os resultados demonstraram que aplicação de água tratada magneticamente promoveu a germinação um dia antes das irrigadas sem tratamento quando cultivadas com SS. Houve interação significativa para a variável clorofila A, com aumento de 42% no cultivo SS com a aplicação de água tratada magneticamente quando comparada a aplicação de água sem tratamento. Para as outras variáveis houve respostas significativas apenas para o cultivo em SS. A aplicação de água tratada magneticamente condicionou maior umidade gravimétrica no solo em três de dez avaliações para o cultivo em Su e SS.

**Palavras-chave:** campo magnético, *capsicum annuum* L., germinação, magnetismo, sementes.

## APPLICATION OF MAGNETICALLY TREATED WATER IN THE INITIAL GROWTH OF BELL PEPPER SEEDLINGS

### 3.2 Abstract:

The cultivation of bell peppers, before transplanting, starts in nurseries to obtain uniform and vigorous seedlings. This study aimed to evaluate the application of magnetically treated water in the germination and initial growth of bell pepper seedlings. Two experiments were conducted from August to October 2018 in a protected environment at the Centro Técnico de Irrigação (CTI/UEM) – Maringá/PR the first in 50-cell polyethylene trays and the second in plastic containers (180 mL) filled with commercial substrate (Su) and substrate and soil mix (SS). For the germination test the seedlings were irrigated daily according to the corresponding treatment and quantified in the first 15 days after emergence to obtain the germination percentage and the final emerged percentage. For seedling growth in plastic containers were evaluated height, stem diameter, total fresh mass, total dry mass, chlorophyll A and B and carotenoids at 43 days after sowing. The results showed that application of magnetically treated water promoted germination one day before irrigated with non-treated water when cultivated with SS. There was significant interaction for the chlorophyll A, with a 42% increase in SS cultivation with the application of magnetically treated water when compared to the application of non-treated water. For the other variables there were significant responses only for SS cultivation. The application of magnetically treated

water conditioned higher gravimetric humidity of soil in three out of ten evaluations for Su and SS cultivation.

**Key words:** magnetic field, *capsicum annuum* L., germination, magnetism, seeds.

### 3.3 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) destaca-se entre as solanáceas por ser uma espécie cultivada em várias partes do mundo. No Brasil, está entre as dez hortaliças de maior importância econômica e social (LORENZONI et al., 2016). O cultivo desta espécie inicia em viveiros, a partir da sementeira de sementes em bandejas para conseguir mudas vigorosas para o transplante, sendo fundamental obter uma germinação uniforme. A taxa de germinação de sementes é um parâmetro importante para avaliar o crescimento inicial das mudas.

A adoção de novas tecnologias e técnicas avançadas que promovam uma maior produção hortícola com menor utilização de recursos e insumo são objetivos de vários estudos ao longo dos anos (PROHENS & NUEZ, 2008). O uso de sementes híbridas resistentes a doenças, o cultivo em ambiente protegido e a irrigação com água tratada magneticamente tem sido algumas das tecnologias utilizadas que proporcionam a produção de alimentos de forma competitiva e sustentável.

A utilização do tratamento magnético da água para irrigação em sementes pode ser uma ferramenta promissora no futuro para melhorar a produção agrícola de forma ecológica, pois não requer energia e apresenta baixo custo (SILVA & DOBRÁNSZKI, 2014; GUDIGAR, 2013). Essa técnica tem sido estudada em hortaliças, demonstrando rapidez na germinação e bom desenvolvimento do sistema radicular, garantindo plantas mais vigorosas e maior taxa de crescimento (AGUILERA & MARTÍN, 2016; MRIDHA et al., 2016).

Aguilera & Martín (2016) verificaram que a água tratada magneticamente acelerou o processo de germinação de sementes de tomate, tornando-se uma tecnologia valiosa para melhorar a qualidade das mudas. De acordo com Zúñiga et al. (2016), essa tecnologia tem revelado efeito significativo na germinação de sementes, pois está relacionada com aumento da absorção de água e atividade de enzimas nesta fase.

Segundo Maheshwari & Grewal (2009) torna-se necessário à elaboração de trabalhos específicos envolvendo o magnetismo, pois a aplicação dessa tecnologia envolve uma série de condições experimentais, como tempo de exposição e nível de indução, frequências, intensidades e tipos de campos magnéticos.

Neste estudo, objetivou-se avaliar a aplicação de água tratada magneticamente na germinação e no crescimento inicial de mudas de pimentão, híbrido Magali R, conduzidas em ambiente protegido em duas formas de cultivo (substrato comercial e mistura substrato e solo).

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido no Centro Técnico de Irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) localizado no município de Maringá - PR, nas coordenadas geográficas 23°25'57'' Latitude Sul, 51°57'08'' Longitude Oeste e 542 metros de Altitude. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, mesotérmico úmido (ALVARES et al., 2013).

Foram realizados dois experimentos no período de agosto a outubro de 2018: o primeiro em bandejas de polietileno de 50 células para avaliar a germinação das mudas e o segundo em recipientes plásticos de 180 mL de volume (diâmetro superior de 7 cm, diâmetro inferior de 4,5 cm e altura de 7,8 cm) para avaliar o crescimento das mudas.

A temperatura máxima variou de 19,5 a 41,8°C, a média de 13,5 a 29,1°C e a mínima de 6,3 a 21°C, registradas durante o período experimental (23/08/2018 à 04/10/2019) em uma estação climatológica automática instalada no interior do ambiente protegido (Figura 1).

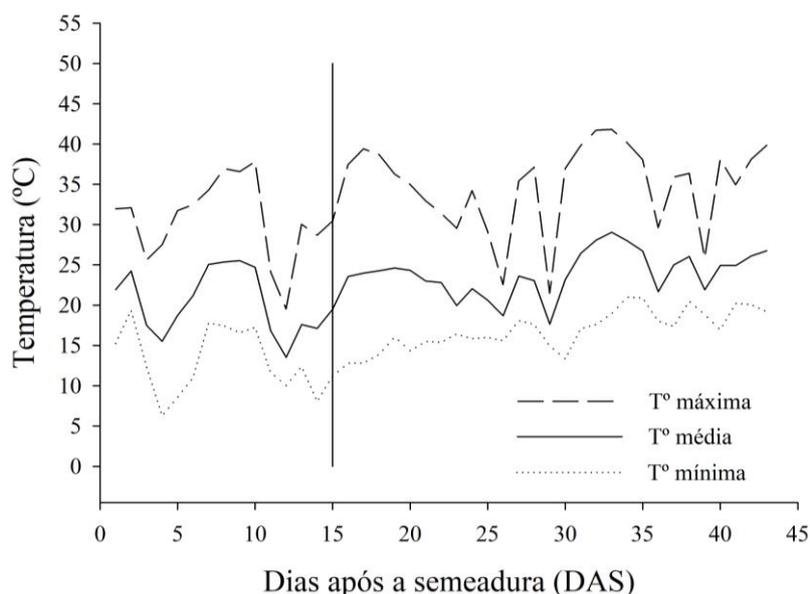


Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima registradas diariamente no interior do ambiente protegido durante o período experimental. Maringá-PR, 2018

Segundo Filgueira (2003), para a formação de mudas de pimentão, a temperatura deve variar entre 26 e 30°C, sendo que temperatura menor que 15°C ou superior a 35°C podem prejudicar as fases da cultura. Durante a condução do experimento foram registradas temperaturas além da recomendada, que ocorreram em curtos intervalos durante o dia ou à noite, sem prejuízos à cultura.

O solo utilizado, Nitossolo Vermelho distroférico de textura argilosa (Embrapa 2013) foi peneirado para homogeneização e apresentou as seguintes características químicas:  $P = 2,82 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $K^+ = 0,08 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $Ca^{2+} = 1,11 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $Mg^{2+} = 1,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $Al^{3+} = 0,45 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $H^+ = 4,33 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $Na^+ = 9,35 \text{ mg dm}^{-3}$  e M.O. =  $9,86 \text{ g dm}^{-3}$ .

A calagem ocorreu 60 dias antes da semeadura com  $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  de solo. O substrato comercial (Mecplant) utilizado é composto de casca de pinus, vermiculita, corretivo de acidez e macro nutrientes.

Para obter água tratada magneticamente utilizou-se um magnetizador Sylocimol Residence (Timol), que permanece constantemente no reservatório, com capacidade de tratar magneticamente mil litros de água em uma hora, composto por ímãs alternados protegidos por um cilindro inox (diâmetro de 10 cm e altura de 16,5 cm) e apresenta campo magnético de 1000 Gauss, avaliado no departamento de física da UEM, com um gaussímetro (LakeShore 425 Gaussmeter). O equipamento foi colocado no centro do reservatório de onde a água era retirada para a irrigação.

No primeiro experimento foi adotado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial  $2 \times 2$ , resultando 4 tratamentos com seis repetições. O primeiro fator consistiu em irrigação com água tratada magneticamente e irrigação com água sem tratamento magnético e o segundo fator consistiu na forma de cultivo com preenchimento das bandejas com substrato comercial (100% do volume) (Su) e mistura de substrato comercial 1:1 (50% do volume) e solo (50% do volume) (SS).

As bandejas foram preenchidas cobrindo todas as células, sendo 12 bandejas preenchidas apenas com Su e 12 bandejas preenchidas com SS. Foi depositada uma semente de pimentão, híbrido Magali R., por célula. Após a semeadura, as bandejas foram irrigadas conforme o tratamento correspondente e levadas para o ambiente protegido sobre bancadas de 1,0 m de altura. Diariamente, as bandejas foram irrigadas pela manhã.

Após a emergência, as mudas germinadas nas células das bandejas foram quantificadas, diariamente, com a finalidade de obter o número de mudas germinadas e

a porcentagem de germinação (PG) para ambos os tratamentos. As mudas foram quantificadas nos primeiros 15 dias após a emergência. A porcentagem final emergida (PFE) foi determinada a partir da divisão do total de plântulas emergidas pelo número total de sementes e multiplicado por 100 para obter o valor em porcentagem (%).

No segundo experimento foi adotado o mesmo delineamento e também o mesmo esquema fatorial, com 4 tratamentos e seis repetições. Sendo os mesmos fatores utilizados no primeiro experimento. Sementes do mesmo híbrido de pimentão foram semeadas colocando uma semente por parcela experimental (recipiente plástico) e levada para o ambiente protegido sobre bancadas, permanecendo até o final do experimento.

Os recipientes plásticos foram perfurados na base com doze furos para a drenagem da água e preenchidos sobre balança digital para garantir a mesma massa para todos. Para isso, o substrato e o solo foram secos em estufa a 105°C por 48 horas. Os recipientes foram preenchidos com 46 g de substrato seco (100% v) para os que continha apenas esse material e com 58 g de solo seco (50% v) e 22 g de substrato seco (50% v) para os que continha a mistura SS.

A umidade máxima de retenção do Su e do SS foi determinada com seis recipientes plásticos (três com Su e três com SS). Para isto, os recipientes foram colocados em uma bandeja com água para que a saturação ocorresse por capilaridade. Após um período de 24 h, os recipientes foram retirados da bandeja, pesados em balança de precisão (1,0 g) e selados na superfície para evitar a evaporação.

Após esse processo, eles foram deixados em repouso para que drenassem livremente e pesados em intervalos de uma hora por 12 h. A umidade máxima retida foi determinada pela média dos três copos, para cada um dos materiais utilizados para preenchimento, sendo 1,4 g g<sup>-1</sup> no substrato e 0,7 g g<sup>-1</sup> na mistura substrato e solo.

A reposição de água nas mudas foi realizada diariamente no período da manhã. Os recipientes plásticos foram colocados sobre balança digital (precisão 2 g) para obter a massa atual e posteriormente irrigada, sendo elevada a umidade medida para o valor de umidade máxima de retenção, de acordo com o tratamento correspondente.

A variação da umidade gravimétrica nos recipientes plásticos, com a aplicação de água tratada magneticamente no cultivo em Su e em SS, foi mensurada nos primeiros dez dias após a semeadura para garantir maior confiabilidade, pois o acúmulo de massa das mudas de pimentão poderia interferir na pesagem.

As mudas foram retiradas com seis folhas definitivas aos 43 dias após a semeadura, cortadas próximas à superfície do solo, sendo avaliada a altura (ALT) em cm, diâmetro do caule (DC) em mm, massa fresca total (MFT) e massa seca total (MST) em g, clorofila A, clorofila B e carotenoide em  $\mu\text{g mL}^{-1}$ .

Para a medida de ALT foi utilizado uma régua e para as medidas de DC um paquímetro digital. Após o corte, as mudas foram pesadas em balança digital (precisão 0,001 g) para obter a MFT e colocadas em sacos de papel identificados e levados para a estufa de circulação forçada a 65 °C, onde permaneceram até obter massa constante. Após esse período elas foram pesadas em balança digital para obtenção da MST.

Para obtenção da clorofila utilizou-se a metodologia de Arnon (1949) adaptada por Lichtenthaler (1987), retirando dois discos de folhas (dois mm de diâmetro) de cada planta e acondicionados em frascos de vidro âmbar contendo 5 mL de acetona 80%. Os frascos foram cobertos com papel alumínio e levados para estufa incubadora de demanda bioquímica de oxigênio onde permaneceram no escuro a 25 °C por sete dias. Após esse período realizou-se a leitura em espectrofotômetro nos comprimentos de luz de 663 nm, 645 nm e 470 nm.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e posteriormente aplicou-se o teste de Tukey, ambos ao nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas no software Sisvar (FERREIRA, 2014).

### **3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Figura 2 é apresentada a porcentagem de germinação de sementes de pimentão mediante a aplicação de água tratada magneticamente e água sem tratamento magnético em bandejas preenchidas com substrato (Figura 2A) e mistura de substrato e solo (Figura 2B).

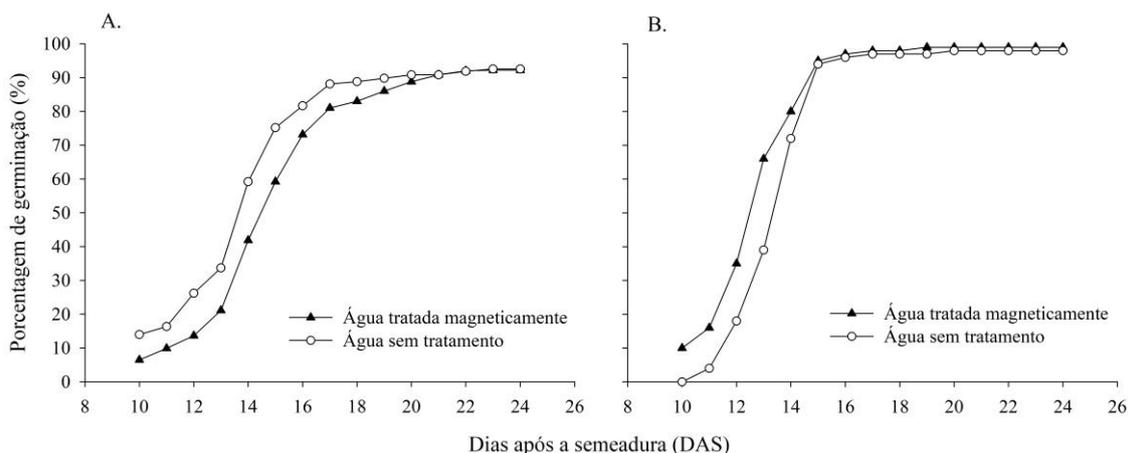


Figura 2. Porcentagem de germinação de sementes de pimentão com aplicação de água tratada magneticamente e água sem tratamento: Bandejas preenchidas com substrato (A) e bandejas preenchidas com mistura substrato e solo (B). Maringá-PR, 2018

Observa-se que a germinação iniciou dez dias após a semeadura em ambas as condições de cultivo. No entanto, nas bandejas preenchidas apenas com substrato (Figura 2A) a porcentagem de sementes germinadas no início foi maior com a aplicação de água sem tratamento magnético. A germinação com as duas formas de aplicação de água (com e sem tratamento) iniciaram no mesmo dia, porém, o número de sementes germinadas com a aplicação de água sem tratamento magnético foi maior até os 20 dias após a semeadura. A partir desse dia, atingiu o máximo percentual de germinação e permanecendo constante daí pra frente com a aplicação de água tratada magneticamente e água sem tratamento.

Nas bandejas preenchidas com a mistura de substrato e solo (Figura 2B) a germinação das sementes irrigadas com água tratada magneticamente iniciou primeiro (aos 10 dias após a semeadura) quando comparada à irrigação sem tratamento, que teve início no dia seguinte (aos 11 dias após a semeadura) sendo maior o número de sementes germinadas com a aplicação de água com tratamento magnético.

Em experimento realizado por Mahmood & Usman (2014) foi observado que a germinação de sementes de milho semeadas em areia lavada iniciou dois dias antes com a aplicação de água tratada magneticamente em comparação com água não tratada.

Aguilera & Martín (2016) verificaram porcentagem de germinação significativa de sementes de tomate cultivadas em uma mistura de turfa, zeólita e matéria orgânica com a aplicação de água com tratamento magnético. A germinação das mudas iniciou

dois dias antes no tratamento com água tratada magneticamente em comparação com a água sem tratamento.

Na condição de cultivo com a mistura substrato e solo as sementes de pimentão atingiram o máximo percentual de germinação mais rapidamente (aos 17 dias após a semeadura) quando comparado à condição de cultivo apenas com substrato. Isso pode ter ocorrido devido à adição de solo no substrato para o cultivo das mudas de pimentão. Segundo estudo realizado por Surendran et al. (2016), o solo retém mais água quando irrigado com água tratada magneticamente, tendo beneficiado a germinação das mudas de berinjela em seu estudo.

De acordo com trabalho realizado por Maheshwari & Grewal (2009), a água tratada magneticamente estimulou a germinação, promovendo mais rapidamente os processos metabólicos que ocorrem no interior das sementes.

Foi constatada diferença significativa para a porcentagem final emergida (PFE) entre as formas de cultivo com valores médios de 91,5% para o Su e 97,6% para o SS, sendo que para o fator tratamento da água não houve diferenças significativas (Tabela 1). Grewal & Maheshwari (2011) obtiveram resultados semelhantes com a aplicação de água tratada magneticamente em sementes de ervilha e grão de bico. Resultados significativos para PFE com a aplicação de água tratada foram verificados por Aguilera & Martín (2016) com incremento de 36% para mudas de tomate.

Para o segundo experimento, foi constatado interação significativa para a variável clorofila A. Houve efeito isolado entre as formas de cultivo (Su e SS) para todas as variáveis analisadas ( $p \leq 0,05$ ) nas mudas de pimentão. Para o fator tratamento da água de irrigação com e sem tratamento magnético não houve diferenças significativas (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura (ALT), diâmetro do caule (DC), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST), Clorofila A, Clorofila B e Carotenoides de mudas de pimentão irrigadas com água com e sem tratamento magnético. Maringá-PR, 2018

Fontes de Variação	Quadrado Médio								
	GL	PFE	ALT	DC	MFT	MST	Clor. A	Clor. B	Carot.
Trat. Água (T)	1	0,0002 <sup>ns</sup>	0,101 <sup>ns</sup>	0,034 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,368 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,021 <sup>ns</sup>
Cultivo (C)	1	228,29*	61,05*	2,13*	4,829*	0,084*	13,47*	0,920*	1,188*
T x C	1	2,720 <sup>ns</sup>	0,264 <sup>ns</sup>	0,013 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	1,312*	0,040 <sup>ns</sup>	0,052 <sup>ns</sup>
Erro	20	13,598	0,667	0,028	0,040	0,001	0,186	0,017	0,014
CV (%)		3,90	10,96	8,04	18,38	32,22	12,79	13,32	9,55
Média		94,58	7,44	2,08	1,088	0,127	3,378	0,999	1,267

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

Na Figura 3 são apresentados os resultados para as variáveis ALT e DC utilizando o teste de Tukey a 5% de significância, demonstrando que houve maior incremento das variáveis quando cultivadas na mistura substrato e solo.

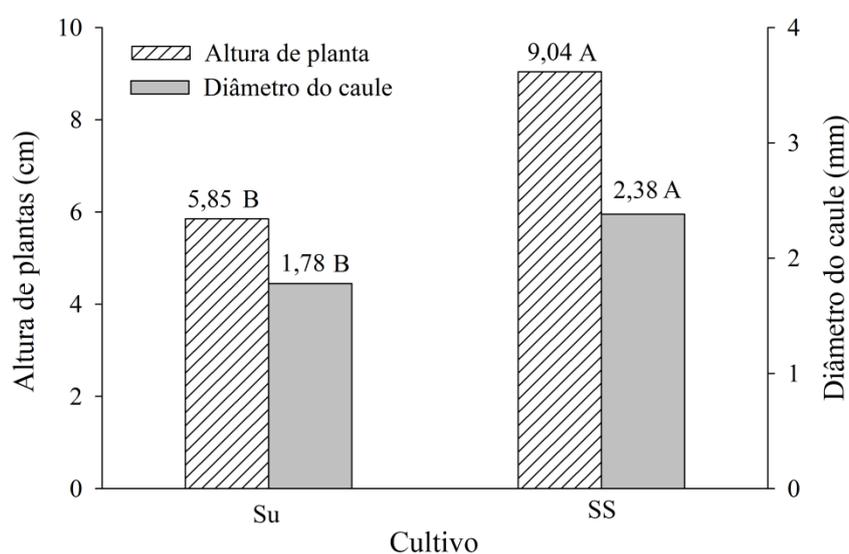


Figura 3. Valores médios de altura de plantas e diâmetro do caule para as mudas de pimentão cultivadas em substrato (Su) e mistura substrato e solo (SS). Letras maiúsculas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. Maringá-PR, 2018

Houve um acréscimo de 54,5% na ALT e 33,7% no DC das mudas de pimentão cultivadas na mistura substrato e solo quando comparados ao cultivo apenas com substrato. Não foram constatadas diferenças significativas a favor do tratamento magnético da água, embora os valores médios dessas variáveis sejam maiores para as mudas que receberam água tratada magneticamente. Aguilera & Martín (2016) encontraram diferenças estatísticas com a aplicação de água tratada magneticamente com incremento de 97% para altura de plantas e 12% para o diâmetro do caule em mudas de tomate.

Para as variáveis MFT e MST (Figura 4A) houve um incremento acima de 120% nos valores, quando cultivadas em mistura substrato e solo. A adição de solo no substrato para o cultivo de pimentão contribuiu para o maior acúmulo de massa nas mudas, pois o solo retém mais água que o substrato (SURENDRAN et al., 2016).

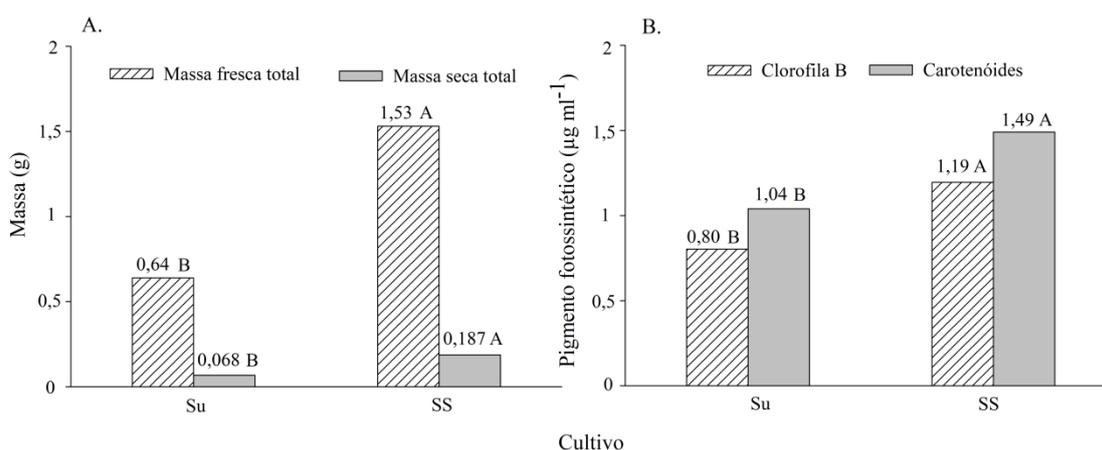


Figura 4. Valores médios de massa fresca total e massa seca total (A) e clorofila B e Carotenóides (B) para as mudas de pimentão cultivadas em substrato (Su) e mistura substrato e solo (SS). Letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. Maringá-PR, 2018

Sayed (2014) obteve aumento significativo nos parâmetros de crescimento (altura da planta, peso seco de folhas, caule e raiz e área foliar) do feijão fava irrigados com água tratada magneticamente quando comparado à água sem tratamento, diferente do ocorrido no presente estudo. Souza et al. (2005) verificaram diferenças significativas dessas mesmas variáveis na cultura do tomate submetido a campo magnético. Segundo Ospina-Salazar et al. (2018) a falta de respostas significativas para água tratada

magneticamente demonstra que nem todas as espécies reagem da mesma forma quando submetidas a essa condição.

Verifica-se, na Figura 4B, os resultados para as variáveis CLOR B e Carotenoides com aumento de 48,8% e 43,3% nas médias, respectivamente, quando cultivadas na mistura substrato e solo.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios do teste de Tukey para o desdobramento da interação entre os fatores. Nota-se que a variável CLOR A apresentou diferença significativa e aumento dos valores mediante aplicação de água tratada, sendo a mistura substrato e solo superior ao cultivo apenas com substrato. A aplicação de água tratada magneticamente beneficiou essa variável no cultivo com mistura substrato e solo, com aumento de 42% quando comparada a aplicação de água sem tratamento.

Tabela 2. Valores médios de clorofila A das mudas de pimentão irrigadas com água com e sem tratamento magnético cultivadas em substrato e mistura substrato e solo. Maringá-PR, 2018

Variável	Clorofila A ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	
	Tratamento magnético da água	
Cultivo	Sem tratamento	Com tratamento
Substrato	2,27 B b	2,98 B a
Substrato e solo	4,01 A a	4,23 A a

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Taiz & Zeiger (2009) as clorofilas desempenham importante papel na fotossíntese e também no crescimento das plantas, pois são responsáveis pela captação de energia luminosa, sendo a clorofila A o principal pigmento dos complexos coletores de luz para as reações fotoquímicas. Segundo Al-Khazan et al. (2011) a escassez de água pode diminuir estes pigmentos podendo levar à diminuição da eficiência fotossintética e afetar outros processos celulares. Os carotenoides são essenciais na foto proteção, protegendo o aparelho fotossintético contra o oxigênio singlete (molécula de oxigênio excitada eletronicamente) que pode danificar muitos componentes celulares, como lipídeos (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Hozayn & Qados (2010) verificaram aumento significativo com a aplicação de água tratada magneticamente em todo o pigmento fotossintético (Clorofila A, Clorofila B e Carotenoides) quando comparado à aplicação de água sem tratamento na cultura do trigo. Al-Khazan et al. (2011) obtiveram incremento no rendimento destas variáveis (Clorofila A, Clorofila B e Carotenoides) com aplicação de água com tratamento magnético em arbusto nativo do deserto (jojoba). Os resultados apresentados por Sayed (2014) indicaram que a irrigação com água tratada magneticamente aumentou significativamente os valores de clorofila A, clorofila B e carotenoides do feijão fava.

A não significância das variáveis com a aplicação de água com tratamento magnético reforça a ideia de Ospina-Salazar et al. (2018), que afirma que nem todos os vegetais reagem da mesma forma quando irrigadas com esse tratamento na água. A intensidade do campo magnético, o tempo de exposição e as condições de cultivo variam de uma cultura para outra.

A Figura 5 apresenta a variação da umidade gravimétrica dentro dos recipientes durante os dez primeiros dias após a semeadura com a aplicação de água tratada e sem tratamento magnético. A primeira diferença significativa ocorreu na primeira reposição de água tratada magneticamente nos cultivos em Su (Figura 5A) e em SS (Figura 5B).

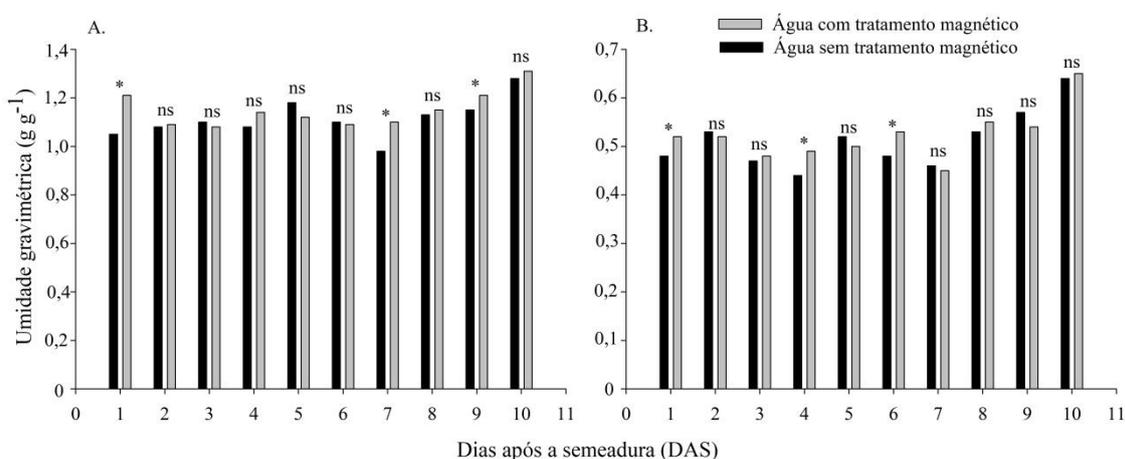


Figura 5. Umidade gravimétrica nos recipientes plásticos nos dez primeiros dias após a semeadura do pimentão com a aplicação de água tratada magneticamente quando cultivado em substrato (A) e mistura de substrato e solo (B). Maringá-PR, 2020.

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

Entre o total de dez avaliações realizadas, três apresentaram diferenças significativas para cada forma de cultivo (Su e SS), demonstrando que a água tratada magneticamente condicionou maior umidade gravimétrica nas três avaliações significativas.

A variação da umidade gravimétrica nos recipientes plásticos pode estar relacionada à taxa de evaporação, as mudanças nas propriedades da água provocadas pelo tratamento magnético ou ao solo.

Na literatura, teorias têm sido apresentadas para explicar as interações entre água tratada magneticamente, minerais e as partículas de solo. Segundo Khoshravesh et al. (2011) no processo de magnetização as moléculas de água reagem com os íons, desprendendo-se das ligações de hidrogênio, para se tornar mais coesa ao ambiente, facilitando sua fixação às partículas do solo, penetrando nos micro poros do solo e impedindo a percolação para maiores profundidades.

Zuñiga et al. (2016) afirmam que os efeitos do tratamento magnético da água no solo estão relacionados ao maior movimento de vários íons na solução do solo, bem como a mudanças na umidade do perfil do solo.

Em estudo realizado por Surendran et al. (2016), na cultura da berinjela, foi constatado maior retenção de água no solo quando irrigado com água tratada magneticamente. Os autores encontraram diferenças estatísticas na umidade do solo mensurada no primeiro e segundo dia após a irrigação com água com tratamento magnético, atribuindo a redução na umidade do solo com o tratamento magnético da água devido ao aumento da coesão da água nas partículas de solo.

### **3.6 CONCLUSÕES**

1. A aplicação de água com tratamento magnético apresenta diferenças significativas nos experimentos realizados, com interação significativa para a variável Clorofila A nas duas formas de cultivo.
2. As sementes de pimentão atingiram mais rapidamente maior porcentagem de germinação quando submetidas à água com tratamento magnético nas bandejas preenchidas com a mistura substrato e solo.
3. Para as variáveis PFE, ALT, DC, MFT, MST, CLOR B e carotenoides foram significativas as formas de cultivo, sendo que o cultivo em substrato e solo apresentou valores superiores.

4. A aplicação de água tratada magneticamente condicionou aumento significativo da umidade gravimétrica do solo em três de dez avaliações tanto no cultivo em Su quanto no SS quando irrigado com água tratada magneticamente.

### 3.7 REFERÊNCIAS

- AGUILERA, J. G.; MARTÍN, R. M. Água tratada magneticamente estimula a germinação e desenvolvimento de mudas de *Solanum lycopersicum* L. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 6, n. 1, p. 47-53, 2016.
- AL-KHAZAN, M. et al. Effects of magnetically treated water on water status, chlorophyll pigments and some elements content of jojoba (*Simmondsia chinensis* L.) at different growth stages. *African Journal of Environmental Science and Technology*, v. 5, n. 9, p. 722-731, 2011.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta Vulgaris. *Plant Physiology*, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3ª edição. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013. 353p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló*. Lavras: UFLA, 2003, 333p.
- GREWAL, H. S.; MAHESHWARI, B. L. Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. *Bioelectromagnetics*, v. 32, n. 1, p. 58-65, 2011
- GUDIGAR, A. H. Effect of magnetic treatment on irrigation water quality, soil properties and growth of sunflower crop. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – University of Agricultural Sciences, 2013.
- HOZAYN, M.; QADOS, A. M. S. A. Magnetic water application for improving wheat (*Triticum aestivum* L.) crop production. *Agriculture and Biology Journal of North America*, v. 1, n. 4, p. 677-682, 2010.

- KHOSHRAVESH, M. et al. Effects of magnetized water on the distribution pattern of soil water with respect to time in trickle irrigation. *Soil Use and Management*, v. 27, n. 1, p. 515-522, 2011.
- LICHTENTHALER, H. K. *Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes*, Methods in enzymology, v. 148, 1987.
- LORENZONI, M. Z. et al. Response of bell pepper crop fertigated with nitrogen and potassium doses in protected environment. *Agrotechnology*, v. 5, n. 3, p. 148, 2016.
- MAHESHWARI, B. L.; GREWAL, H. S. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management*, v. 96, n. 1, p. 1229-1236, 2009.
- MAHMOOD, S.; USMAN, M. Consequences of magnetized water application maize seed emergence in sand culture. *Journal of Agricultural Science and Technology*, v. 16, n. 1, p. 47-55, 2014.
- MIRDHA, N. et al. Pre-Sowing static magnetic field treatment for improving water and radiation use efficiency in Chickpea (*Cicer arirtinum* L.) under soil moisture stress. *Bioelectromagnetics*, v. 37, n. 1, p. 400-408, 2016
- OSPINA-SALAZAR, D. I. et al. Photosynthesis and biomass yield in Tabasco pepper, radish and maize subjected to magnetically treated water. *Corpoica Ciencia Tecnologia Agropecuaria*, v. 19, n. 2, p. 307-321, 2018.
- PROHENS, J.; NUEZ, F. *Handbook of plant breeding, Vegetables II: Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae and Umbelliferae*. Springer, 2008. 365p.
- SAYED, H. E. S. A. E. Impact of magnetic water irrigation for improve the rowth, chemical composition and yield production of Broad Bean (*Vicia faba* L.) plant. *American Journal of Experimental Agriculture*, v. 4, n. 4, p. 476-496, 2014.
- SILVA, J. A. T. da; DOBRÁNSZKI, J. Impacto f magnetic water on plant growth. *Environmental and Experimental Biology*, v. 12, n. 1, p. 137-142, 2014.
- SOUZA, A. de et al. Pre-sowing magnetic treatment of tomato seeds: effects on the growth and yield of plants cultivated late on the season. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v. 3, n. 1, p. 113-122, 2005.
- SURENDRAN, U. et al. The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics. *Agricultural Water Manegement*, v. 178, n .1, p. 21-29, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 4<sup>a</sup> ed. Artmed, Porto Alegre, 2009. 820p.

ZÚÑIGA, O. et al. Tratamiento magnético de agua de riego y semillas en agricultura.  
*Ingeniería y Competitividad*, v. 18, n. 1, p. 217-232, 2016.

**4 CAPÍTULO II: CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO  
PIMENTÃO IRRIGADA COM ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE**

## **CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO PIMENTÃO IRRIGADA COM ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE**

### **4.1 Resumo:**

O presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e o desenvolvimento da cultura do pimentão submetido a diferentes lâminas de água de irrigação e aplicação de água com e sem tratamento magnético. O experimento foi conduzido em ambiente protegido localizado no Centro Técnico de Irrigação (CTI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM), município de Maringá - PR. Dois experimentos foram realizados, o primeiro no período de verão (2017-2018) e o segundo no inverno e primavera (2018). O delineamento experimental adotado em ambos foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 2 (6 tratamentos) com 4 repetições no primeiro experimento e 2 x 2 (4 tratamentos) com 6 repetições no segundo experimento. O primeiro fator consistiu em três níveis de reposição da irrigação (50, 75 e 100% da evapotranspiração da cultura (ETc)) no primeiro experimento e dois níveis de reposição da irrigação (75 e 100% da ETc) no segundo experimento. O segundo fator consistiu na aplicação da água com e sem tratamento magnético. Foi utilizado um magnetizador da empresa Timol<sup>®</sup> para o tratamento magnético da água. Foram avaliadas as características de crescimento (altura de planta, diâmetro do caule, área foliar, massa seca de caule, folha e total e massa seca de raiz) aos 120 e 150 dias após o transplante para o primeiro e segundo experimento, respectivamente, e as características de desenvolvimento (primeira flor e primeiro fruto). Os dados foram analisados pelo teste F e pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Os resultados demonstraram que não houve interação significativa entre os fatores no primeiro experimento, apenas efeito isolado para os níveis de reposição de água, sendo a lâmina de 100% da ETc a que apresentou maiores valores para as variáveis de crescimento, independente do tratamento da água. Para o segundo experimento, a aplicação de água com tratamento magnético proporcionou maior acúmulo de biomassa seca (caule, total e raiz) quando irrigada com 75% da ETc.

**Palavras-chave:** campo magnético, *capsicum annuum* L., magnetismo, massa seca.

## **GROWTH AND DEVELOPMENT OF BELL PEPPER WITH MAGNETICALLY TREATED WATER IRRIGATION**

### **4.2 Abstract:**

The present study aimed to evaluate the growth and development of bell pepper submitted to different water irrigation depths and application of water with and without magnetic treatment. The experiment was conducted in a protected environment located in the Centro Técnico de Irrigação (CTI), belongs to Universidade Estadual de Maringá (UEM), municipality of Maringá/PR. Two experiments were performed, the first in the summer period (2017-2018) and the second in winter and spring (2018). The experimental design adopted in both experiments was randomized blocks in factorial scheme 3 x 2 (6 treatments) with 4 repetitions in the first experiment and 2 x 2 (4 treatments) with 6 repetitions in the second experiment. The first factor consisted of three levels of irrigation replacement (50, 75 and 100% of crop evapotranspiration (ETc) in the first experiment and two levels of irrigation replacement (75 and 100% ETc) in the second experiment. The second factor was the application of water with and without magnetic treatment. A magnetizer from the Timol<sup>®</sup> company was used for magnetic water treatment. Growth characteristics were evaluated (height plant, stem diameter, leaf area, stem dry mass, leaf dry mass, total dry mass and root dry mass) at

120 and 150 days after transplantation for the first and second experiment, respectively, and the characteristics of development (first flower and first fruit). Data were analyzed by F test and Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). The results showed that there was not significant interaction between the factors for the first experiment, only isolated effect for replacement levels of ETc, being the 100% ETc that presented the highest values for the growth variables, independent of water treatment. For the second experiment, the application of water with magnetic treatment provided greater accumulation of dry biomass (stem, total and root) when irrigated with 75% of ETc.

**Key words:** magnetic field, *capsicum annuum* L., magnetism, dry mass.

### 4.3 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma olerícola do tipo fruto pertencente à família das Solanáceas, assim como o tomate, a batata, a berinjela, a pimenta e o jiló. É uma das hortaliças mais apreciadas no Brasil, destacando-se entre as dez de maior importância econômica e social (LORENZONI, et al. 2016).

Devido ao grande destaque deste produto no mercado, os produtores de pimentão têm investido cada vez mais em tecnologias que favoreçam a produção, como o cultivo em ambiente protegido, sementes híbridas, sistemas de irrigação eficientes e aplicação de adubos via fertirrigação. No entanto, na ciência agrícola não há interesse apenas no uso das tecnologias citadas, mas também naquelas de baixo custo, como o uso de imãs para tratamento magnético da água (MAHMOOD & USMAN, 2014).

Segundo Mahmood & Usman (2014) a água de irrigação tratada pelo campo magnético pode ser uma técnica promissora para a agricultura, mas é necessária a realização de pesquisas em diversas culturas, pois o uso constante do tratamento magnético da água pode ocasionar um aumento na absorção de nutrientes e na produção de biomassa em diferentes culturas (MAHESWARI & GREWAL, 2009).

De acordo com Ali et al. (2014) as características da água podem ser alteradas com tratamento magnético e causar mudanças nas propriedades das plantas, no seu crescimento e produção. Putti et al. (2013) ao investigar a aplicação de água com tratamento magnético no desenvolvimento inicial da alface, no município de Botucatu-SP, verificaram aumento significativo no comprimento da raiz, biomassa seca da raiz e biomassa seca da parte aérea quando irrigada com água com tratamento magnético.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os benefícios da irrigação com água tratada magneticamente e níveis de reposição, baseados na ETc, no crescimento e desenvolvimento de plantas de pimentão, híbrido Magali R, conduzidas em ambiente protegido.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida durante dois períodos: sendo o primeiro experimento no verão (20/11/2017 à 19/03/2018) com duração de 120 dias e o segundo experimento no inverno e primavera (15/06/2018 à 15/11/2018) com duração de 150 dias. Dois experimentos foram realizados em ambiente protegido (30 m de comprimento, 7 m de largura e 3,5 m de pé direito) com teto em arco revestido com filme de polietileno (150  $\mu\text{m}$ ) e laterais com tela branca antiafídea situado no Centro Técnico de Irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Maringá, Paraná (latitude 23°25'57'' S; longitude 51°57'08'' W; altitude de 542 m).

Segundo classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa (mesotérmico úmido), com chuvas no verão e inverno seco (ALVARES et al., 2013). No interior do ambiente protegido, instalou-se uma estação climatológica capaz de registrar os dados climáticos por meio de um sistema de aquisição de dados (datalogger) (Figura 1).

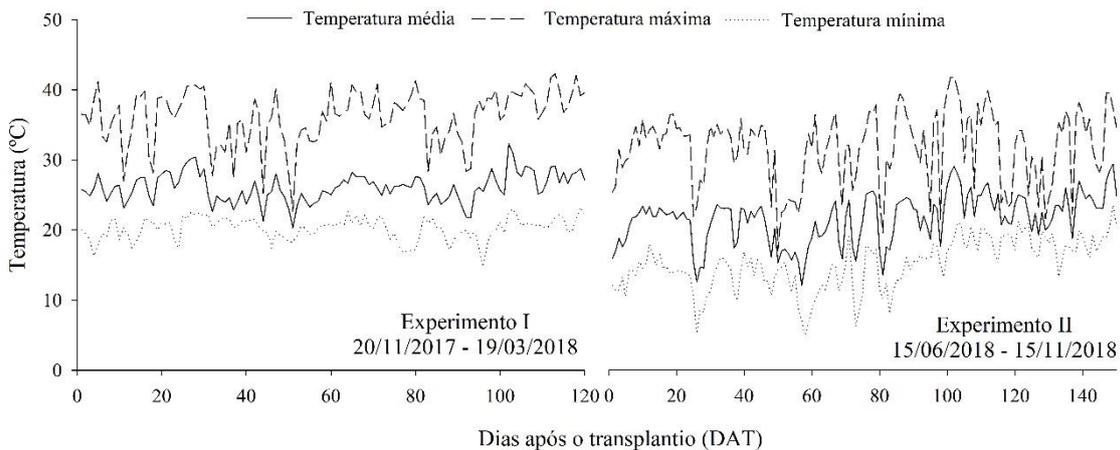


Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima registradas diariamente no interior do ambiente protegido durante os dois experimentos. Maringá-PR, 2018

O primeiro e o segundo experimento apresentaram valores de temperatura média que oscilaram entre 20,3-32,3 °C e 12,1-29,4 °C, respectivamente. De acordo com Filgueira (2003), para uma boa produção, as temperaturas devem variar em média entre 19-21 °C.

Durante a condução dos dois experimentos, houve registro de temperaturas acima e abaixo dos valores considerados favoráveis para a cultura do pimentão, no entanto não foram verificados prejuízos à cultura, pois não foram constantes ao longo dos experimentos, ocorrendo em curtos períodos durante o dia ou à noite.

Para ambos os experimentos, foram utilizados um delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial. O primeiro fator foi constituído de lâminas de reposição baseadas na evapotranspiração da cultura (ETc) e o segundo fator consistiu na aplicação de água de irrigação com e sem tratamento magnético.

No entanto, para o primeiro experimento foi adotado um fatorial 3 x 2, totalizando 6 tratamentos com 4 repetições e no segundo experimento utilizou-se um esquema fatorial 2 x 2, totalizando 4 tratamentos com 6 repetições cada. Para o primeiro experimento o primeiro fator consistiu em três lâminas de reposição baseadas na evapotranspiração da cultura (50%, 75% e 100% da ETc) e no segundo experimento esse fator consistiu em duas lâminas de reposição (75% e 100% da ETc). A não utilização do nível de reposição de água de 50% da ETc no segundo experimento se deu devido ao alto estresse hídrico sofrido pelas plantas de pimentão durante a condução do primeiro experimento.

A classe de solo da área experimental é Nitossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2013) e suas características químicas na camada de 0,0 m a 0,10 m são apresentadas nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Resultados de análise química de macronutrientes para caracterização do solo da área experimental\*. Maringá-PR, 2018

Experimento	pH		M.O.	C	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>
	CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	g dm <sup>-3</sup>		mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	
I	4,50	5,00	9,86	5,72	2,82	0,08	1,11
II	6,50	7,30	10,35	6,00	36,61	0,72	4,99
Experimento	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>+3</sup>	SB	CTC	V	S
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%	mg dm <sup>-3</sup>
I	1,05	0,45	4,78	2,24	7,02	31,92	2,52
II	1,03	0,00	2,27	6,74	9,01	74,82	***

\*Análise efetuada no Laboratório Rural de Maringá: Análise de Solos. Maringá, PR.

Tabela 2. Resultados de análise química de micronutrientes para caracterização do solo da área experimental\*. Maringá-PR, 2018

Experimento	Cu	Zn	Fe	Mn	Na <sup>+</sup>	B
	mg dm <sup>-3</sup>					
I	12,26	3,15	153,1	39,78	9,35	0,05
II	7,71	2,53	66,48	47,91	31,32	***

\*Análise efetuada no Laboratório Rural de Maringá: Análise de Solos. Maringá, PR.

As mudas de pimentão foram produzidas em bandejas de polietileno contendo substrato comercial para hortaliças de casca de pinus (Mecplant). Foi utilizado o híbrido Magali R., sendo depositada apenas uma semente por célula.

O preparo dos canteiros teve início com o revolvimento do solo da área experimental com enxada rotativa. Após esse processo foram construídos 28 canteiros possuindo 3 m de comprimento por 0,5 m de largura. As mudas germinadas foram transplantadas para os canteiros quando apresentavam quatro ou seis folhas definitivas. Foram alocadas seis plantas por canteiro com espaçamento entre linhas de 1 m e entre plantas de 0,5 m.

A calagem e a adubação de base foram realizadas aos 60 e 20 dias antes do transplante, respectivamente, com base na primeira análise de solo. No primeiro experimento foram aplicados 110 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, 265 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, 1110 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples e 3 kg de matéria orgânica por canteiro. Para o segundo experimento, baseada na segunda análise de solo, aplicou-se 110 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, 34 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, 220 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples e 3 kg de material orgânica por canteiro.

As doses de N e K seguiram a recomendação de Lorenzoni et al. (2016) e as demais foram baseadas nas doses recomendadas por Trani (2014). As fertirrigações realizadas durante a condução dos experimentos, foram realizadas quinzenalmente com nitrato de cálcio e cloreto de potássio, de acordo com a recomendação de Lorenzoni et al. (2016) e parceladas de acordo com a marcha de absorção (FONTES et al., 2005).

Foi instalado na área experimental um sistema de microirrigação por gotejamento, com coeficiente de uniformidade igual a 96%, classificado como excelente (FRIZZONE et al., 2012). Cada canteiro possuía uma linha lateral de polietileno (diâmetro de 16 mm) com 12 emissores autocompensantes (vazão de 4 L h<sup>-1</sup>) espaçados a cada 25 cm. O recalque da água foi realizado por uma bomba centrífuga (potência de 0,5 cv) conectada a dois reservatórios. Um reservatório (500 L) foi utilizado para armazenar água sem tratamento magnético e o outro reservatório (1000 L) foi utilizado para armazenar água tratada magneticamente.

O tratamento magnético da água foi realizado utilizando um magnetizador Sylocimol Residence (Timol Indústria e Comércio de produtos magnéticos) composto por ímãs alternados protegidos por um cilindro inox, com 0,1 m de diâmetro e 0,165 m de altura. Os ímãs têm capacidade de tratar magneticamente 1000 litros de água em uma

hora e possui campo magnético de 1000 Gauss, avaliado por meio de um gaussímetro (LakeShore 425 Gaussmeter).

O equipamento permaneceu no centro do reservatório de 1000 litros de onde a água era bombeada para a irrigação das plantas. A aplicação dos tratamentos consistia na abertura do registro do reservatório contendo água tratada magneticamente para a circulação da água pelo sistema por dois minutos a fim de preencher toda a tubulação com água tratada. Após esse processo, abriam-se os registros das parcelas experimentais irrigadas com água tratada magneticamente, permanecendo abertos de acordo com o tempo de irrigação correspondente de cada tratamento (lâmina de água baseada na ET<sub>c</sub>). Ao término da irrigação com água tratada, repetia-se o processo com água sem tratamento magnético para irrigar as parcelas restantes.

O manejo de irrigação foi feito via clima, baseado nos valores da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>). O cálculo da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi calculado pela metodologia de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), com dados das variáveis meteorológicas, obtidos na estação climatológica automática instalada no interior do ambiente protegido. A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi determinada multiplicando o valor de ET<sub>o</sub> pelo coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) de cada fase da cultura: 0,6 (fase inicial); 1,05 (fase intermediária) e 0,9 (fase final) (ALLEN et al., 1998).

Conhecendo a intensidade de aplicação (I<sub>a</sub>) em cada parcela (mm min<sup>-1</sup>), o valor da ET<sub>c</sub> era dividido pela I<sub>a</sub> resultando no tempo de irrigação para cada lâmina baseada na ET<sub>c</sub> (50%, 75% e 100%).

Para a avaliação das plantas, foram utilizadas as quatro plantas centrais, sendo as extremidades consideradas como bordadura. As variáveis de desenvolvimento analisadas nos experimentos foram: Primeira Flor (PFL) e Primeiro Fruto (PFR). Para isso, as plantas eram verificadas diariamente e anotava-se o dia após o transplântio (DAT) em que surgiu a primeira flor e o primeiro fruto de cada planta.

A avaliação do crescimento foi realizada ao final do experimento (aos 120 DAT no primeiro e aos 150 DAT no segundo). As plantas foram cortadas rente à superfície do solo no canteiro, identificadas e levadas ao Laboratório de Centro Técnico de Irrigação (CTI/UEM).

As variáveis altura de planta, diâmetro do caule e área foliar foram avaliadas apenas no primeiro experimento. Para a avaliação da altura de planta (cm) utilizou-se uma trena graduada, medindo-se o comprimento da planta do meristema apical até o ponto de corte no caule (rente ao solo); Diâmetro do caule (mm) com o auxílio de um

paquímetro digital mediu-se cerca de 2 centímetros acima do ponto de corte; Área foliar ( $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ ): usando um medidor LI-3100C Area Meter (LI-COR<sup>®</sup> Biosciences).

As variáveis massa seca de caule, folha, total e raiz ( $\text{gramas planta}^{-1}$ ) foram avaliadas ao final dos experimentos. As plantas foram separadas em folha e caule e colocadas em sacos de papel identificados e postas para secar em estufa de circulação forçada de ar à  $65^\circ\text{C}$ , até apresentarem massa constante. Após secas, foram pesadas em balança de precisão (0,01 g); para a massa seca de raiz ( $\text{gramas planta}^{-1}$ ) sendo as raízes retiradas com amostrador de chapas de aço (20 cm largura, 25 cm comprimento e 30 cm profundidade) introduzido no solo de forma nivelada. Depois de retiradas foram lavadas e deixadas ao sol para secar e, em seguida, colocadas em sacos de papel identificados e levadas para secar em estufa de circulação forçada de ar à  $65^\circ\text{C}$ , até apresentarem massa constante. Logo em seguida foram pesadas em balança de precisão (0,01 g).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e posteriormente ao teste de Tukey, ambos ao nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas no software Sisvar (FERREIRA, 2014).

#### 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 3), verifica-se que não houve interação significativa entre os níveis de irrigação e a aplicação de água tratada para as variáveis: altura de planta, diâmetro do caule e área foliar avaliadas no primeiro experimento. Houve efeito isolado para a aplicação dos níveis de irrigação para as três variáveis.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura (ALT), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF), avaliadas no primeiro experimento, para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação (50, 75 e 100% da ETc). Maringá-PR, 2018

Variável	Valores de F			CV (%)	Média Geral
	Trat. Água (T)	Níveis irrigação (N)	T x N		
ALT	0,33 <sup>ns</sup>	51,71*	0,37 <sup>ns</sup>	10,34	110,46
DC	0,28 <sup>ns</sup>	53,71*	0,20 <sup>ns</sup>	12,01	14,46
AF	0,01 <sup>ns</sup>	133,42*	0,38 <sup>ns</sup>	18,69	5760,2

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

Os dados submetidos ao teste de Tukey, demonstraram que o nível de irrigação baseado em 100% da ETc foi superior aos demais níveis, apresentando valor de 142,3 cm de altura, 19,4 mm de diâmetro do caule e 10770,6 m<sup>2</sup> de área foliar, o que representa um acréscimo de 39,6%, 44,7% e 171,5% em relação ao nível de 75% da ETc e 65,2%, 84,7% e 323,4% em relação ao nível de 50% da ETc para as variáveis ALT, DC e AF, respectivamente.

Os resultados obtidos nesse estudo foram diferentes dos obtidos por Yusuf & Ogunlela (2015) e Mohamed (2013) em plantas de tomate, que verificaram resultados significativos, com maior crescimento dessa solanácea quando irrigada com água tratada magneticamente.

É possível verificar que a deficiência hídrica ocasionou restrições no crescimento das plantas. A cultura do pimentão sob condições de estresse hídrico proporcionou valores de altura, diâmetro do caule e área foliar inferiores, quando comparado à reposição hídrica baseada em 100% da ETc.

Semelhante ao ocorrido para as variáveis ALT, DC e AF, houve efeito isolado da aplicação dos níveis de irrigação para as variáveis de desenvolvimento (primeira flor e primeiro fruto) e crescimento (massa seca do caule, folha, total e raiz), avaliadas durante o primeiro experimento (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis de desenvolvimento e crescimento, avaliadas no primeiro experimento, para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação (50, 75 e 100% da ETc). Maringá-PR, 2018

Variável	Valores de F			CV (%)	Média Geral
	Trat. Água (T)	Níveis irrigação (N)	T x N		
PFL	2,02 <sup>ns</sup>	5,50*	1,25 <sup>ns</sup>	9,13	33
PFR	0,34 <sup>ns</sup>	22,08*	1,50 <sup>ns</sup>	7,77	53
MSC	0,84 <sup>ns</sup>	55,98*	2,86 <sup>ns</sup>	17,44	68,82
MSF	1,08 <sup>ns</sup>	138,75*	0,24 <sup>ns</sup>	15,20	32,90
MST	1,12 <sup>ns</sup>	94,47*	2,16 <sup>ns</sup>	15,02	101,74
MSR	0,01 <sup>ns</sup>	15,41*	0,25 <sup>ns</sup>	21,24	38,40

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

Souza et al. (2019) verificaram que o tratamento magnético da água de irrigação não influenciou o crescimento das plantas de berinjela cultivadas em ambiente

protegido e submetidas a níveis de reposição da ETc. Segundo os autores, o nível de reposição de 100% da ETc proporcionou maiores valores das variáveis, independente do tratamento da água.

Submetidos ao teste de Tukey, os dados das variáveis apresentadas na tabela 4, foram superiores com o nível de irrigação maior (100% da ETc). No desenvolvimento da cultura do pimentão a primeira flor e o primeiro fruto surgiram aos 30 e 47 DAT, respectivamente, para a reposição de 100% da ETc, enquanto que, no nível de irrigação com reposição de 50% da ETc a PFL surgiu aos 35 DAT e o PFR aos 60 DAT.

A aplicação do nível de irrigação de 100% da ETc foi superior aos demais níveis para as variáveis MSC, MSF e MST, pelo teste de Tukey (Figura 2). Para a variável MSR não houve diferença significativa entre os níveis de reposição de 75 e 100% da ETc, no entanto, quando comparado ao nível de 50% da ETc, foi constatada resposta significativa. Em experimento realizado Souza et al. (2019), as plantas de berinjela cultivadas com 100% da ETc apresentaram maior acúmulo de massa seca de caule e folhas, semelhantes aos resultados encontrados no presente estudo.

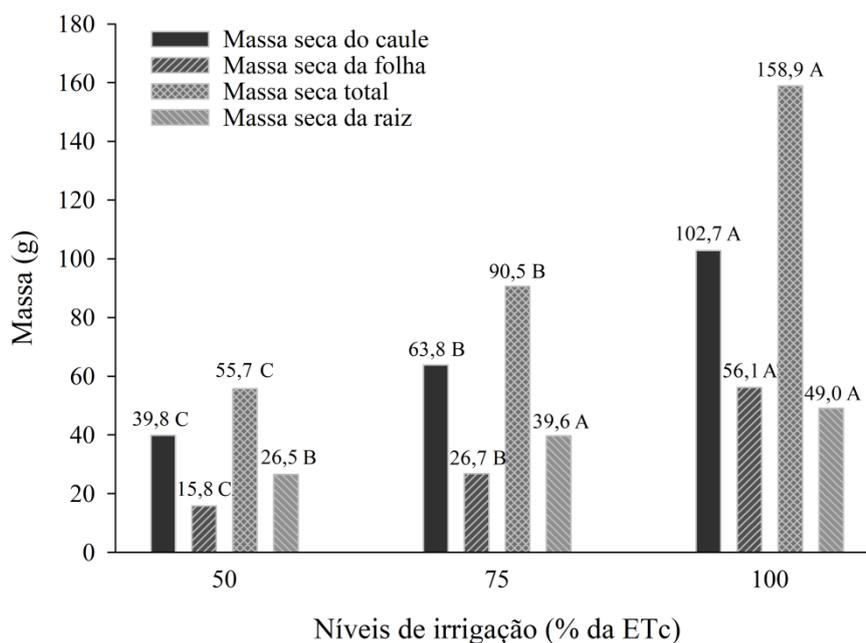


Figura 2. Valores médios de massa seca do caule (MSC), folha (MSF), total (MST) e raiz (MSR) para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação. Letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. Maringá-PR, 2018

Segundo Taiz et al. (2017), o crescimento das plantas está relacionado à divisão e expansão celular, sendo a água parte fundamental nesse processo, portanto, a alta disponibilidade de água para as culturas promove aumento nas variáveis de crescimento e acúmulo de biomassa, o que pode ser verificado com a aplicação da maior lâmina.

A aplicação da maior lâmina de água de irrigação proporcionou aumento na produção de massa seca por planta, resultados semelhantes podem ser encontrados em trabalhos realizados por Santos et al. (2018), Lima et al. (2012) e Carvalho et al. (2011) para a cultura do pimentão.

Para as variáveis de desenvolvimento (primeira flor e primeiro fruto) e crescimento (massa seca do caule, folha, total e raiz), avaliadas no segundo experimento, houve interação significativa entre os níveis de irrigação e o tratamento de água apenas para as variáveis MSC, MST e MSR (Tabela 5). Para as variáveis PFL, PFR e MSF não foram constatadas diferenças significativas.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para as variáveis de desenvolvimento e crescimento, avaliadas no segundo experimento, para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação (75 e 100% da ETc). Maringá-PR, 2018

Variável	Valores de F			CV (%)	Média Geral
	Trat. Água (T)	Níveis irrigação (N)	T x N		
PFL	0,04 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	3,63	47
PFR	0,22 <sup>ns</sup>	1,31 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	3,61	56
MSC	0,51 <sup>ns</sup>	6,59*	7,59*	15,18	87,10
MSF	0,25 <sup>ns</sup>	3,69 <sup>ns</sup>	2,19 <sup>ns</sup>	24,75	42,46
MST	0,64 <sup>ns</sup>	8,65*	7,98*	14,20	129,56
MSR	0,65 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	4,63*	13,26	25,61

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

No desdobramento dos fatores tratamento da água e níveis de irrigação, verificaram-se diferenças significativas da aplicação de água tratada magneticamente para o nível de irrigação com reposição de 75% da ETc para as variáveis MSC, MST e MSR (Figura 3A, 3C e 3E). Sendo que a água tratada magneticamente ocasionou um acréscimo de 26,4% nos valores de MSC, 26% para a MST e 17,4% para a MSR quando irrigada com 75% da ETc, em comparação a aplicação de água sem tratamento.

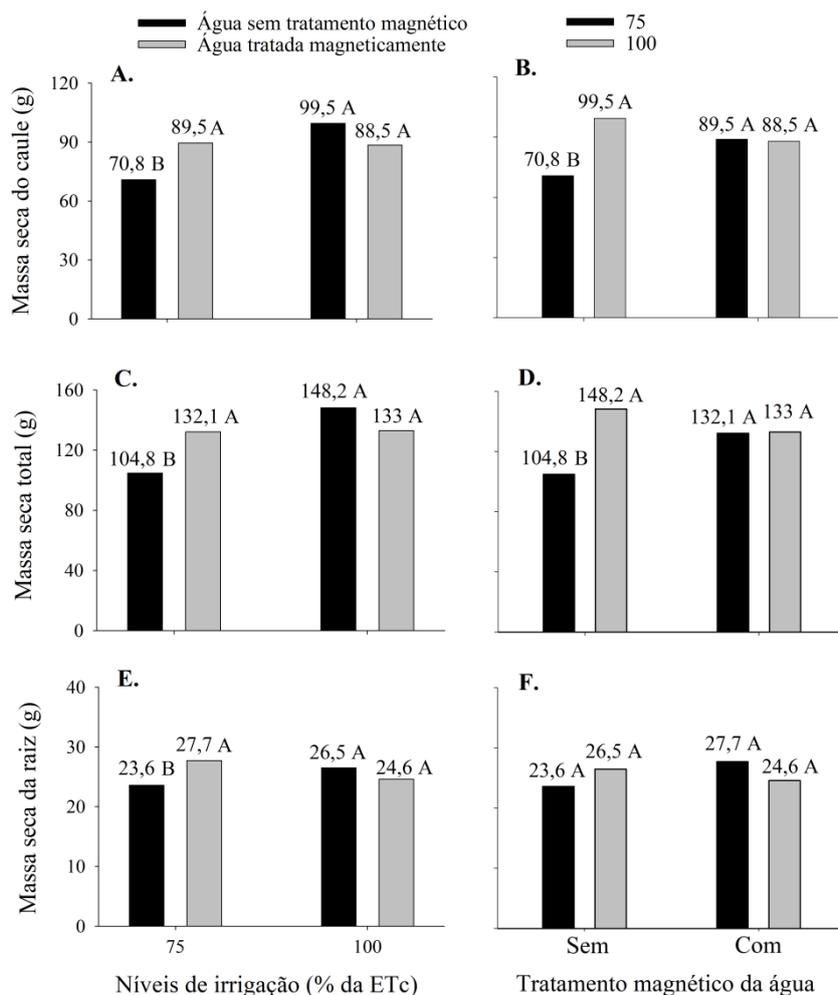


Figura 3. Desdobramento da interação para as variáveis massa seca do caule (MSC), total (MST) e raiz (MSR) para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação. Letras diferem estatisticamente pelo teste Tukey. Maringá-PR, 2018

Yusuf & Ogunlela (2017) utilizaram a mesma quantidade de água tratada magneticamente e sem tratamento para irrigar a cultura do tomate e observaram maior rapidez no crescimento e maior facilidade da cultura em absorver água do solo quando irrigado com água tratada magneticamente.

Hozayn et al., (2016) verificaram aumento significativo em todos os parâmetros de crescimento (altura de planta, massa fresca e seca da planta) quando irrigado com água tratada magneticamente em plantas de colza. Sayed (2014) observaram aumento significativo nos parâmetros de crescimento (altura da planta, peso seco de folhas, caule e raiz, área foliar) com a aplicação de água tratada em comparação com o controle para a cultura do feijão-fava.

Surendran et al. (2016) verificaram diferenças significativas na altura das plantas, número de folhas e área foliar com a aplicação de água tratada magneticamente na cultura da berinjela. Putti et al. (2013) ao investigar os benefícios da irrigação com água com tratamento magnético no desenvolvimento inicial da alface em Botucatu/SP, verificaram aumento significativo no comprimento da raiz, biomassa verde e seca da raiz e biomassa seca da parte aérea para a cultura da alface irrigada com água tratada.

De acordo com os resultados encontrados por Ospina-Salazar et al. (2018), os autores concluíram que nem todas as plantas respondem significativamente quando irrigadas com água tratada magneticamente.

Considerando os níveis de irrigação baseados na ETc dentro da aplicação de água com e sem tratamento magnético, foram constatadas diferenças significativas para a MSC (Figura 3B) e MST (Figura 3D) com a aplicação de água sem tratamento, sendo o nível de reposição de 100% da ETc superior ao nível de 75% da ETc.

A constatação de diferenças significativas com a aplicação de água tratada magneticamente apenas no segundo experimento pode estar relacionada às condições de temperatura que ocorreram durante esse período. Segundo Filgueira (2012), períodos de baixas temperaturas acarretam diminuição no desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, aumentam a duração do ciclo de cultivo, o que pode ter favorecido às respostas significativas com a aplicação da lâmina de reposição de 75% da ETc, pois as plantas de pimentão ficaram mais tempo submetidas às irrigações com água tratada magneticamente, ocasionando menor perda por evaporação e percolação que a lâmina de reposição de 100% da ETc.

O uso constante de água tratada magneticamente pode aumentar a absorção de nutrientes e a produção de biomassa em diferentes culturas (MAHMOOD & USMAN, 2014; MAHESWARI & GREWAL, 2009). De acordo com Sayed (2014) estudos envolvendo a aplicação desta tecnologia na agricultura envolve uma série de condições experimentais, como tempo de exposição e intensidade do campo magnético.

#### **4.6 CONCLUSÕES**

1. A água tratada magneticamente não influenciou o crescimento e desenvolvimento das plantas de pimentão.
2. O nível de reposição de 100% da ETc proporcionou maiores valores para as variáveis de crescimento e desenvolvimento, independente do tratamento de água, para o primeiro experimento.

3. No segundo experimento, a aplicação de água com tratamento magnético proporcionou maior acúmulo de biomassa seca (caule, total e raiz) quando irrigada com 75% da ETc.

#### 4.7 REFERÊNCIAS

- ALI, Y. et al. Applications of magnetic water technology in farming and agriculture development: A review of recent advances. *Current World Environment*, v. 9, n. 3, p. 695-703, 2014.
- ALLEN, R. G. et al. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300p.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- CARVALHO, J. A. et al. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, p.569-574, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3ª edição. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013. 353p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*, 3ª edição. Viçosa: Editora UFV, 2012, 421p.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló*. Lavras: UFLA, 2003, 333p.
- FRIZZONE, J. A. et al. *Microirrigação: gotejamento e microaspersão*. Maringá: Eduem, 2012, 356p.
- FONTES, P. C. R. et al. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e potássio na fertirrigação do pimentão. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 2, p. 275-280, 2005.
- HOZAYN, M. et al. Applications of magnetic technology in agriculture: A novel tool for improving crop productivity (1): Canola. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, p.441-449, 2016.

- LIMA, E. M. C. et al. Produção de pimentão cultivado em ambiente protegido e submetido a diferentes lâminas de irrigação. *Revista Agrotecnologia*, v. 3, p.40-56, 2012.
- LORENZONI, M. Z. et al. Response of bell pepper crop fertigated with nitrogen and potassium doses in protected environment. *Agrotechnology*, v. 5, n. 3, p. 148, 2016.
- MAHESHWARI, B.L.; GREWAL, H.S. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management*, v. 96, p. 1229-1236, 2009.
- MAHMOOD, S.; USMAN, M. Consequences of magnetized water application maize seed emergence in sand culture. *Journal of Agricultural Science and Technology*, v. 16, p. 47-55, 2014.
- MOHAMED, A. I. Effects of magnetized low quality water on some soil properties and plant growth. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, v. 3, p.140-147, 2013.
- OSPINA-SALAZAR, D. I. et al. Photosynthesis and biomass yield in Tabasco pepper, radish and maize subjected to magnetically treated water. *Corpoica Ciencia Tecnologia Agropecuaria*, v. 19, n. 2, p. 307-321, 2018.
- PUTTI, F. F. et al. Desenvolvimento inicial da alface (*Lactuca sativa* L.) irrigada com água magnetizada. *Cultivando o saber*, v. 6, n. 3, p. 83-90, 2013.
- SANTOS, E. S. et al. Produtividade do pimentão sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio em região semiárida. *Irriga*, v. 23, p.518-534, 2018.
- SAYED, H. E. S. A. E.; Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, chemical composition and yield production of Broad Bean (*Vicia faba* L.) plant. *American Journal of Experimental Agriculture*, v. 4, n. 4, p. 476-496, 2014.
- SOUZA, A. H. C. de; et al. Evaluation of the growth and the yield of Eggplant crop under different irrigation depths and magnetic treatment of water. *Journal of Agricultural Science*, v. 11, p.35-43, 2019.
- SURENDRAN, U. et al. The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics. *Agricultural Water Management*, v. 178, p. 21-29, 2016.
- TAIZ, L. et al. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*, 6ª edição, Porto Alegre: Artmed, 2017, 888p.

- TRANI, P. E. *Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido*. IAC – Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Horticultura, Campinas, SP, 2014. 25p.
- YUSUF, K. O.; OGUNLELA, A. O. Effect magnetic treatment of water on evapotranspiration of tomato. *Arid Zonde of Engineering, Technology and Environment*, v. 13, n. 1, p. 86-96, 2017.
- YUSUF, K. O.; OGUNLELA, A. O. Impact of magnetic treatment of irrigation water on the growth and yield of tomato. *Notulae Scientia Biologicae*, v. 7, p.345-348, 2015.

**5 CAPÍTULO III: PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE  
PIMENTÃO IRRIGADO COM ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE**

## PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE PIMENTÃO IRRIGADO COM ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE

### 5.1 Resumo:

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes lâminas de água de irrigação e tratamento da água com e sem tratamento magnético na produtividade e qualidade de frutos de pimentão conduzidos em ambiente protegido. Os experimentos foram conduzidos no Centro Técnico de Irrigação da Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, sendo o primeiro no período de verão (2017-2018) e segundo no período de inverno e primavera (2018). O delineamento experimental utilizado nos experimentos foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 2 com 4 repetições e 2 x 2 com 6 repetições para o primeiro e segundo experimento, respectivamente. O primeiro fator consistiu em três níveis de reposição da água de irrigação (50, 75 e 100% da evapotranspiração da cultura (ETc)) no primeiro experimento e dois níveis de reposição da irrigação (75 e 100% da ETc) no segundo experimento. O segundo fator consistiu no tratamento da água de irrigação com e sem tratamento magnético. Para o tratamento magnético da água foi utilizado um magnetizador fabricado pela empresa Timol. A produtividade, número de frutos e massa média dos frutos foram determinadas após seis colheitas no primeiro experimento e quatro colheitas no segundo experimento. As características de qualidade (teor de sólidos solúveis, pH e acidez titulável) foram avaliados em três frutos de cada planta no final do experimento. Para verificar o efeito da aplicação de água tratada magneticamente sob a retenção no solo foram utilizados 12 vasos preenchidos com solo da área experimental. Os dados foram submetidos ao teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Verificou-se que aplicação de água tratada magneticamente não influenciou a produtividade de pimentão, no entanto, sua aplicação aumentou os teores de sólidos solúveis e pH em comparação com a aplicação de água não tratada. Houve maior ganho de massa média por fruto com a aplicação de água tratada magneticamente com reposição de 100% da ETc no segundo experimento. Foi constatada aumento da umidade gravimétrica no solo com a aplicação de água com tratamento magnético, demonstrando maior retenção de água quando submetido a essa condição de irrigação.

**Palavras-chave:** campo magnético, *capsicum annuum* L., magnetismo, número de frutos, produção.

## PRODUCTIVITY AND QUALITY OF BELL PEPPER WITH MAGNETICALLY TREATED WATER IRRIGATION

### 5.2 Abstract:

The aimed of this study was to evaluate the effect of different water irrigation depths and water treatment with and without magnetic treatment on the productivity and quality of bell pepper fruits conducted in protected environment. The experiments were conducted in the Centro Técnico de Irrigação from Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, being the first in the summer period (2017-2018) and second in the winter and spring period (2018). The experimental design used in the experiments was randomized blocks in factorial scheme 3 x 2 with 4 replications and 2 x 2 with 6 replications for the first and second experiment, respectively. The first factor consisted of three levels of irrigation replacement (50, 75 and 100% of crop evapotranspiration (ETc) in the first experiment and two levels of irrigation replacement (75 and 100% ETc) in the second experiment. The second factor consisted of irrigation water quality with and without magnetic treatment. A magnetizer from the Timol<sup>®</sup> company was used

for magnetic water treatment. Productivity, number of fruits and average fruit mass were determined after six harvests in the first experiment and four harvests in the second experiment. Quality characteristics (soluble solids, pH and titratable acidity) were evaluated in three fruits of each plant. To verify the effect of the application of magnetically treated water under soil retention, were used 12 pots filled with soil from the experimental area. Data were submitted to Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). It was verified that application of magnetically treated water did not influence the bell pepper productivity, however, its application increased the soluble solids and pH compared to the application of non-treated water. There was greater average mass gain per fruit with the application of magnetically treated water with level of 100% ETc in the second experiment. Reduction of soil water evaporation was observed with the application of water with magnetic treatment, showing greater water retention when subjected to this irrigation condition.

**Key words:** magnetic field, *capsicum annuum* L., magnetism, number of fruits, production.

### 5.3 INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças vem aumentando gradativamente nos últimos anos, necessitando de novas tecnologias que favoreçam a produção das culturas em função das limitações em determinadas regiões e épocas do ano para atender a demanda do mercado hortícola.

O pimentão pertence à família das Solanáceas e é cultivado em todo o território nacional. Segundo Albuquerque et al. (2012), sob o ponto de vista econômico, o pimentão está entre as dez hortaliças mais importantes no mercado brasileiro.

A busca por novas tecnologias que otimizem o uso da água na produção agrícola vem sendo assunto de discussões na atualidade, pois o aumento na eficiência da irrigação e na produção de alimentos é importante para o melhor desenvolvimento das plantas com menor volume de água aplicado (PUTTI et al., 2013). De acordo com Sayed (2014) o uso de métodos físicos para estimular o crescimento de plantas está cada vez mais popular, pois causam menor dano ao meio ambiente.

Pesquisas já demonstram que a água quando tratada magneticamente favorece o aumento na produtividade e na qualidade dos produtos (PUTTI, et al. 2013). Os estudos realizados utilizam a água tratada magneticamente na irrigação para melhorar o rendimento e a qualidade dos produtos agrícolas e consideram uma tecnologia valiosa na irrigação das culturas (AGUILERA & MARTÍN, 2016; GENEROSO ET AL., 2017).

Ahmed & El-Kader (2016) ao irrigar a cultura da batata com água tratada magneticamente em quatro níveis de regimes hídricos em relação à capacidade de campo, constataram aumento no crescimento vegetativo e na produção desta solanácea.

A elaboração de trabalhos específicos envolvendo o magnetismo é fundamental, pois além da escassez de experimentos o ceticismo em relação ao tratamento magnético da água tem como base a ausência de trabalhos científicos. A aplicação dessa tecnologia envolve uma série de condições experimentais, como tempo de exposição e nível de indução, frequências, intensidades e tipos de campos eletromagnéticos (MAHESHWARI & GREWAL, 2009).

O objetivo deste estudo foi avaliar os benefícios da irrigação com água tratada magneticamente e níveis de reposição da irrigação (baseados na ETc) na produtividade e qualidade de frutos de pimentão, híbrido Magali R, em ambiente protegido.

#### **5.4 MATERIAL E MÉTODOS**

Dois experimentos foram desenvolvidos em ambiente protegido localizado no Centro Técnico de Irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), município de Maringá, Paraná (latitude 23°25'57'' S; longitude 51°57'08'' W; altitude de 542 m). O clima da região é do tipo Cfa (mesotérmico úmido) segundo classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013).

O ambiente protegido possui 30 m de comprimento, 7 m de largura e 3,5 m de pé direito, com teto em arco revestido com filme de polietileno (150 µm) e tela branca antiafídea nas laterais.

Os dois experimentos corresponderam aos seguintes períodos de cultivo: um de 20/11/2017 (transplântio) a 19/03/2018 (última colheita) (verão; 120 dias) e outro de 15/06/2018 (transplântio) a 15/11/2018 (última colheita) (inverno e primavera; 150 dias). Os dados climáticos foram obtidos através de um sistema de aquisição de dados (datalogger) acoplado em uma estação climatológica posicionada no interior do ambiente protegido (Figura 1).

Os valores de temperatura média, máxima e mínima do ar registradas no interior do ambiente protegido durante o primeiro experimento variaram entre 20,3-32,3 °C; 22,7-42,3 °C e 14,8-23,3 °C, respectivamente. Para o segundo experimento, os valores variaram entre 12,1-29,4 °C para a temperatura média, 17,1-41,8 °C para a temperatura máxima e 4,9-23,5 °C para a temperatura mínima.

Em ambos os experimentos foram registradas temperaturas acima e abaixo dos valores considerados favoráveis para a cultura do pimentão. Segundo Filgueira (2003), as temperaturas devem variar em média entre 19-21 °C para uma boa produção, sendo

que temperaturas menores que a 15 °C ou maiores que 35 °C podem afetar as fases da cultura.

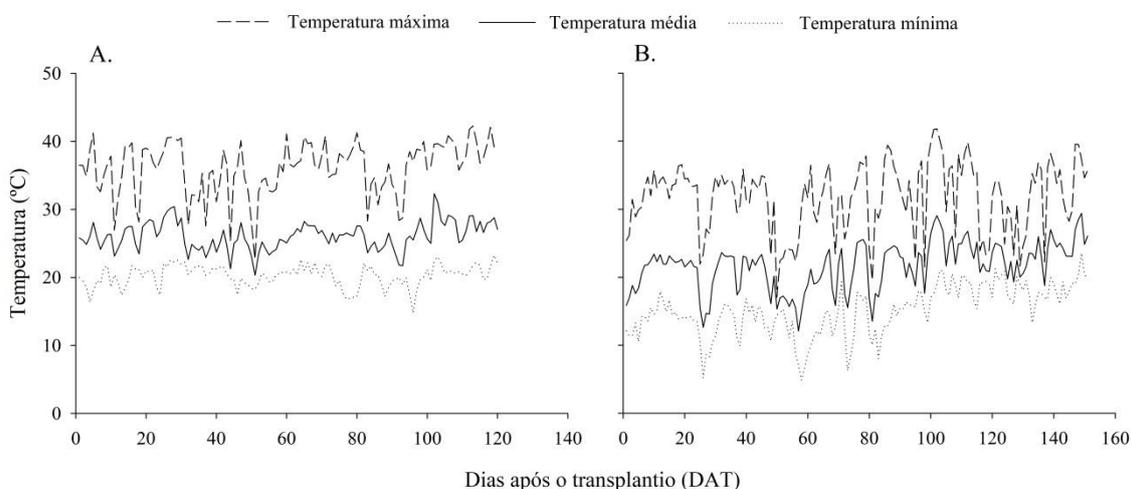


Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima registradas diariamente no interior do ambiente protegido durante o primeiro experimento (A) e segundo experimento (B). Maringá-PR, 2018

Apesar dos registros de temperaturas extremas durante os períodos experimentais, não foram verificados prejuízos à cultura, pois ocorreram em curtos períodos durante o dia ou à noite de acordo com a estação do ano, em picos máximos ou mínimos e não se mantiveram constantes.

No primeiro experimento foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 2, totalizando 6 tratamentos com 4 repetições cada. O primeiro fator consistiu em três lâminas de reposição baseadas na evapotranspiração da cultura (50%, 75% e 100% da ETc) e o segundo fator consistiu na aplicação de água de irrigação com e sem tratamento magnético.

No segundo experimento foi adotado um delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 2, totalizando 4 tratamentos com 6 repetições cada. O primeiro fator consistiu em duas lâminas de reposição baseadas na evapotranspiração da cultura (75% e 100% da ETc) e o segundo fator consistiu em dois tratamentos da água de irrigação (com e sem tratamento magnético).

O nível de reposição de água de 50% da ETc não foi utilizado no segundo experimento mediante a constatação do alto estresse hídrico sofrido pelas plantas de pimentão durante a condução do primeiro experimento.

Para ambos os experimentos, as mudas de pimentão foram produzidas em bandejas de polietileno preenchidas com substrato comercial (casca de pinus) da marca Mecplant para hortaliças. Sementes de pimentão, híbrido Magali R., foram semeadas nas bandejas depositando uma semente por célula.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2013) e suas características químicas na camada de 0 – 10 cm são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Resultados de análise química de macro e micro nutrientes para caracterização do solo da área experimental\*. Maringá-PR, 2018

Experimento	pH		M.O. g dm <sup>-3</sup>	C mg dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup> cmolc dm <sup>-3</sup>	Ca <sup>+2</sup> mg dm <sup>-3</sup>
	CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O					
I	4,50	5,00	9,86	5,72	2,82	0,08	1,11
II	6,50	7,30	10,35	6,00	36,61	0,72	4,99
Experimento	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>+3</sup> cmolc dm <sup>-3</sup>	SB	CTC	V %	S mg dm <sup>-3</sup>
	I	1,05					
II	1,03	0,00	2,27	6,74	9,01	74,82	***
Experimento	Cu	Zn	Fe	Mn	Na <sup>+</sup>	B mg dm <sup>-3</sup>	
	I	12,26	3,15	153,1	39,78	9,35	0,05
II	7,71	2,53	66,48	47,91	31,32	***	

\*Análise efetuada no Laboratório Rural de Maringá: Análise de Solos. Maringá, PR.

Com base na primeira análise de solo, realizada no cultivo de verão, foi feito calagem 60 dias antes do transplântio a fim de elevar a saturação de bases para 80%. Para a adubação de base, no primeiro experimento, aos 20 dias antes do transplântio, foram aplicados 110 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (17 g por canteiro), 265 kg ha<sup>-1</sup> de KCl (40 g por canteiro), 1110 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples (167 g por canteiro), 3 kg de matéria orgânica por canteiro. Para o segundo experimento, a adubação foi realizada aos 20 dias antes do transplântio baseada na segunda análise de solo, aplicando 110 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (17 g por canteiro), 34 kg ha<sup>-1</sup> de KCl (5 g por canteiro), 220 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples (33 g por canteiro) e 3 kg de material orgânico por canteiro. As doses de N (155 kg ha<sup>-1</sup>) e K (110 kg ha<sup>-1</sup>) seguiram a recomendação de Lorenzoni et al. (2016) e as demais foram baseadas na recomendação de Trani (2014).

Durante a condução dos experimentos, foram realizadas fertirrigações com nitrogênio (nitrato de cálcio) e potássio (KCl), a cada 15 dias, com doses recomendadas

por Lorenzoni et al. (2016). As quantidades de nutrientes foram parceladas de acordo com a marcha de absorção, segundo Fontes et al. (2005).

Foi utilizado um sistema de microirrigação por gotejamento, com coeficiente de uniformidade (CUC) de 96%, considerado excelente (FRIZZONE et al., 2012). Cada canteiro continha uma linha lateral de polietileno (diâmetro de 16 mm) com 12 emissores autocompensantes de 4 L h<sup>-1</sup> de vazão, espaçados a cada 0,25 m. O acionamento do sistema foi realizado por uma bomba centrífuga de 0,5 cv de potência conectada a dois reservatórios (caixa d'água), um com 500 L de capacidade, utilizado para armazenar água sem tratamento magnético e outro com 1000 L de capacidade, utilizado para armazenar água tratada magneticamente.

Para obter água tratada magneticamente utilizou-se um magnetizador Sylocimol Residence (Timol Indústria e Comércio de produtos magnéticos) com capacidade de tratar magneticamente 1000 litros de água em uma hora. O magnetizador é composto por ímãs alternados protegidos por um cilindro inox, com 0,1 m de diâmetro e 0,165 m de altura. O equipamento possui campo magnético de 1000 Gauss, avaliado no departamento de física da UEM com um gaussímetro (LakeShore 425 Gaussmeter).

O equipamento foi colocado no centro do reservatório de 1000 litros de onde a água era retirada para a irrigação das mudas correspondentes a esse tratamento. A aplicação dos tratamentos era dividida em duas partes: primeiro abria-se o registro do reservatório contendo água tratada magneticamente e se deixava a água circular por todo o sistema por 2 minutos a fim de preencher toda a tubulação com água tratada. Após esse processo, abriam-se os registros das parcelas irrigadas com água tratada magneticamente, permanecendo abertos de acordo com o tempo de irrigação correspondente de cada tratamento (lâmina baseada na ETc). Ao término da irrigação com água tratada, o processo era repetido com água sem tratamento magnético para a irrigação nas parcelas correspondentes a esse tratamento.

O manejo de irrigação para reposição de água foi realizado com base nos valores da evapotranspiração da cultura (ETc). O cálculo da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi realizado utilizando a metodologia de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Os dados das variáveis meteorológicas foram obtidos em estação climatológica automática, instalada no interior do ambiente protegido, por meio de um datalogger capaz de coletar e armazenar os dados a cada 2 segundos e disponibilizar a média de cada variável em intervalos de 30 min.

A evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), em  $\text{mm dia}^{-1}$ , foi determinada pela multiplicação da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) com o coeficiente de cultivo ( $K_c$ ). Os valores de  $K_c$  utilizados são recomendados por Allen et al. (1998), sendo: 0,6 (fase inicial); 1,05 (fase intermediária) e 0,9 (fase final).

Sabendo a intensidade de aplicação em cada parcela em milímetros por minuto, o tempo de irrigação da lâmina de 100%, 75% e 50% da  $ET_c$  era calculado, dividindo a  $ET_c$  pela intensidade de aplicação.

Para a avaliação da produtividade (PROD) e número de frutos (NF) foi considerado o ponto de colheita quando os frutos apresentavam o máximo desenvolvimento, antes de adquirirem a coloração característica do cultivar (vermelho). Foi considerada área útil às quatro plantas centrais, sendo as plantas da extremidade consideradas como bordadura.

Foram realizadas seis colheitas durante o primeiro experimento, sendo a primeira realizada aos 60 DAT das mudas, e a última aos 120 DAT. Para o segundo experimento foram realizadas quatro colheitas com a primeira aos 80 DAT e a última aos 150 DAT.

A PROD (gramas por planta) foi obtida com a determinação da massa fresca dos frutos comerciais da área útil, com comprimento maior que seis centímetros, livres de danos mecânicos, queimaduras e ataques de pragas e doenças. O NF (frutos por planta) foi obtido através da contagem de todos os frutos comerciais colhidos.

O comprimento e o diâmetro dos frutos foram mensurados com um paquímetro digital. Para a medida da massa de fruto, foi utilizada uma balança digital (0,01 g). A massa média de frutos (g) foi obtida dividindo a soma da massa dos frutos colhidos de uma planta pela quantidade de frutos colhidos nessa mesma planta.

Três frutos de cada planta, colhidos no primeiro experimento, foram armazenados em refrigerador para posterior análise do teor de sólidos solúveis ( $^{\circ}\text{Brix}$ ), acidez titulável (% ácido cítrico) e pH. O teor de sólidos solúveis, realizado em um refratômetro, e pH, realizado em peagâmetro digital, foram determinados por leitura direta no extrato do suco de pimentão. Para determinação da acidez titulável (AT), conforme metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) foi pipetada uma alíquota de 20 mL de extrato do suco de pimentão, acrescentado 30 mL de água e três gotas de fenolftaleína alcoólica a 1% (indicador). A titulação foi realizada com hidróxido de sódio a 0,1 N até o ponto de viragem.

Para verificar o efeito da aplicação de água tratada magneticamente sob a retenção no solo, foram utilizados doze vasos (com capacidade de 21,5 L) preenchidos com a mesma massa de solo (5 kg de solo da área experimental). Um sistema de drenagem composto por brita e tecido TNT foi montado e no centro de cada vaso foi inserido, no sentido vertical, um tubo perfurado de PVC (diâmetro de 50 mm e comprimento de 10 cm) utilizado para a reposição de água. Isso facilitou a distribuição de água no solo, não sendo constatada drenagem através dos furos na base dos vasos.

Os vasos foram colocados sobre bancadas (1 m de altura), em ambiente protegido, em delineamento casualizado, sendo dois tratamentos (água tratada magneticamente e água sem tratamento magnético) e seis repetições.

As reposições de água foram realizadas sobre balança de precisão (2 g) no período da manhã, buscando elevar a umidade atual que o vaso se encontrava até a umidade inicial (capacidade de vaso de  $0,39 \text{ g g}^{-1}$ ). A massa do vaso cheio e em capacidade de vaso era de 8450 g (8,45 kg). O mesmo experimento foi repetido três vezes, com frequências distintas: diariamente durante sete dias, a cada três dias durante duas semanas e a cada sete dias, também durante duas semanas.

Os dados, após tabulados, foram submetidos à análise de variância, ao nível de 5% de probabilidade, aplicando-se o teste F. Em caso de significância, aplicou-se o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014).

## 5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é apresentado o resumo da análise de variância para as variáveis produtividade (PROD), número de frutos (NF) e massa média de frutos (MMF) avaliadas durante o primeiro experimento (ciclo de 120 dias) e o segundo experimento (ciclo de 150 dias) para a cultura do pimentão.

Foi constatada interação significativa para a variável MMF no primeiro e segundo experimento e para a variável NF apenas no segundo experimento. Houve efeito isolado entre os níveis de irrigação para as variáveis PROD (primeiro e segundo experimento) e NF (primeiro experimento) ( $p \leq 0,05$ ).

A aplicação da lâmina de água de irrigação baseada em 100% da ETc foi superior à de 75 e 50% para as variáveis PROD, NF e MMF (Tabela 3). Para a variável PROD houve um acréscimo de 266,4% e 786% e para o NF um acréscimo de 88,7% e 273,8% em relação aos níveis de reposição de 75 e 50% da ETc, respectivamente. Esses

resultados demonstram a sensibilidade do pimentão ao déficit hídrico, com queda considerável na produtividade por planta.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade (PROD), número de frutos (NF) e massa média de frutos (MMF) para a cultura do pimentão irrigado com água tratada e sem tratamento magnético e níveis de irrigação. Maringá-PR, 2018

Experimento	Variável	Valores de F			CV (%)	Média Geral
		Trat. Água (T)	Níveis irrigação (N)	T x N		
I	PROD	1,19 <sup>ns</sup>	144,95*	0,79 <sup>ns</sup>	24,05	5222,45
	NF	0,73 <sup>ns</sup>	78,30*	0,59 <sup>ns</sup>	19,78	117,18
	MMF	7,42*	78,46*	5,37*	15,92	36,86
II	PROD	0,57 <sup>ns</sup>	25,33*	0,93 <sup>ns</sup>	7,54	2728,11
	NF	2,29 <sup>ns</sup>	2,64 <sup>ns</sup>	9,82*	11,21	32,64
	MMF	5,95*	5,77*	7,91*	9,66	84,44

\*Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade; CV: coeficiente de variação

Souza et al. (2019) não verificaram interações significativas para as variáveis PROD, NF e MMF com a aplicação de água tratada magneticamente e lâminas de irrigação na cultura da berinjela, em condições experimentais semelhantes ao presente estudo. Os autores observaram respostas significativas apenas para a aplicação de lâminas de irrigação para as variáveis PROD e NF, sendo o nível de irrigação de 100% da ETc a que proporcionou maiores valores.

Tabela 3. Valores médios de produtividade (PROD), g por planta, e número de frutos (NF) de pimentão irrigado com água tratada e sem tratamento magnético e níveis de irrigação no primeiro experimento. Maringá-PR, 2018

Níveis de irrigação (% ETc)	Variáveis	
	PROD	NF
50	1276,0 C	52,3 C
75	3085,4 B	103,6 B
100	11305,8 A	195,5 A

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas diferem na coluna pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No segundo experimento, a PROD de pimentão com a lâmina baseada em 100% da ETc foi de 2939,4 g por planta, superior à lâmina baseada em de 75% da ETc, com PROD igual a 2516,8 g por planta, um acréscimo de 16,8%.

Assim como observado neste estudo, a deficiência hídrica ocasionou restrições na produtividade das plantas de berinjela, independente do tratamento de água aplicado, com valores inferiores para as variáveis estudadas quando comparado à suplementação hídrica baseada em 100% da ETc (SOUZA et al., 2019).

Resultados semelhantes aos de Souza et al. (2019) foram encontrados por Seron et al. (2019) para a cultura do jiló. Os autores não observaram interações significativas entre o tratamento de água e os níveis de ETc testados, no entanto, houve respostas significativas para a aplicação de lâminas de irrigação para as variáveis PROD, NF e MMF, sendo que a lâmina de 75% e 100% da ETc não diferiram estatisticamente, tornando possível estratégias de redução de lâmina sem redução da produção.

Em estudo realizado por Surendran et al. (2016) houve incremento de 25,8% na produtividade da berinjela irrigada com água tratada magneticamente, no entanto, os autores não verificaram diferenças significativas com a aplicação de água tratada magneticamente em plantas de feijão. Segundo os mesmos autores, a água com grandes quantidades de sais, submetida ao tratamento magnético, e aplicada à cultura do feijão e da berinjela aumentou a produtividade de ambas.

Os resultados encontrados por Surendran et al. (2016) reforça a ideia de Ospina-Salazar et al. (2018) de que nem todas as espécies reagem da mesma forma quando submetidas água tratada magneticamente, devido à falta de respostas significativas.

No desdobramento dos fatores tratamento da água e níveis de irrigação, verificaram-se diferenças significativas com a aplicação de água com tratamento magnético apenas para o nível de irrigação com reposição de 50% da ETc para a variável MMF (Figura 2A). Sendo que a água tratada magneticamente ocasionou um acréscimo de 111,5% quando irrigada com 50% da ETc, em comparação a aplicação de água sem tratamento.

Considerando os níveis de irrigação baseados na ETc dentro da aplicação de água com e sem tratamento magnético, foram constatadas diferenças significativas para a MMF (Figura 2B) com a aplicação de água tratada e sem tratamento, sendo o nível de reposição de 100% da ETc superior ao nível de 75 e 50% da ETc. No entanto, a MMF não apresentou diferenças significativas entre os níveis de irrigação de 75% e 50% da

ETc com aplicação de água tratada magneticamente, demonstrando que o acréscimo de 25% da ETc entre um nível e outro não ocasionou redução na MMF.

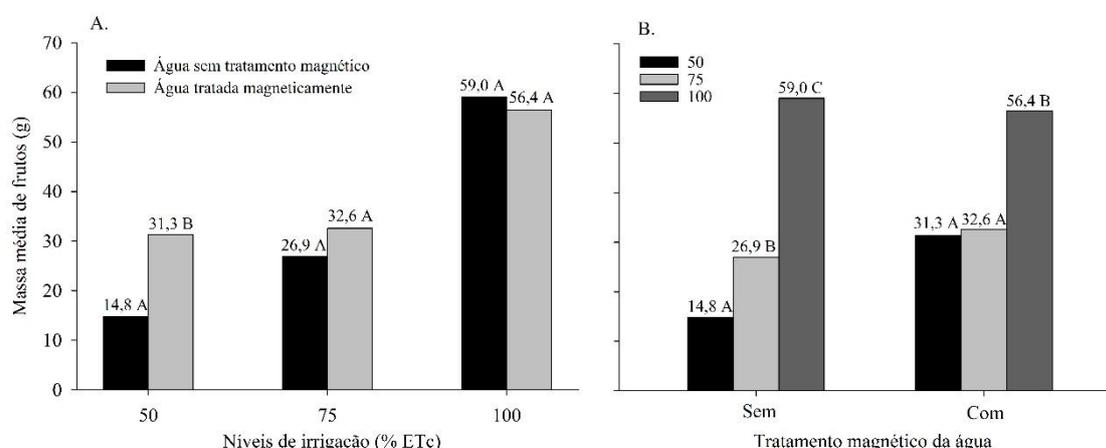


Figura 2. Desdobramento da interação para a variável massa média de frutos (MMF), no primeiro experimento, para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação. Letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. Maringá-PR, 2018

A reposição hídrica baseada em 100% da ETc proporcionou maiores valores de MMF, que pode estar relacionado a alta disponibilidade de água à cultura, pois a planta não sofre com o estresse hídrico, refletindo no acúmulo de massa no fruto.

No segundo experimento, com a constatação de interação significativa para as variáveis NF (Figura 3) e MMF (Figura 4), são apresentados os desdobramentos dos fatores tratamento da água e níveis de irrigação para as variáveis citadas.

Verifica-se diferenças significativas com a aplicação de água sem tratamento para o nível de irrigação com reposição de 100% da ETc para a variável NF (Figura 3A). Na figura 3B nota-se que o nível de irrigação com reposição de 100% da ETc foi superior ao de 75% da ETc quando não houve tratamento magnético da água.

De acordo com os resultados da tabela 3 e da figura 3 é possível verificar que a aplicação de água tratada magneticamente na cultura do pimentão não apresentou efeitos significativos no número de frutos, apenas a reposição de níveis baseadas na ETc, nos dois experimentos realizados.

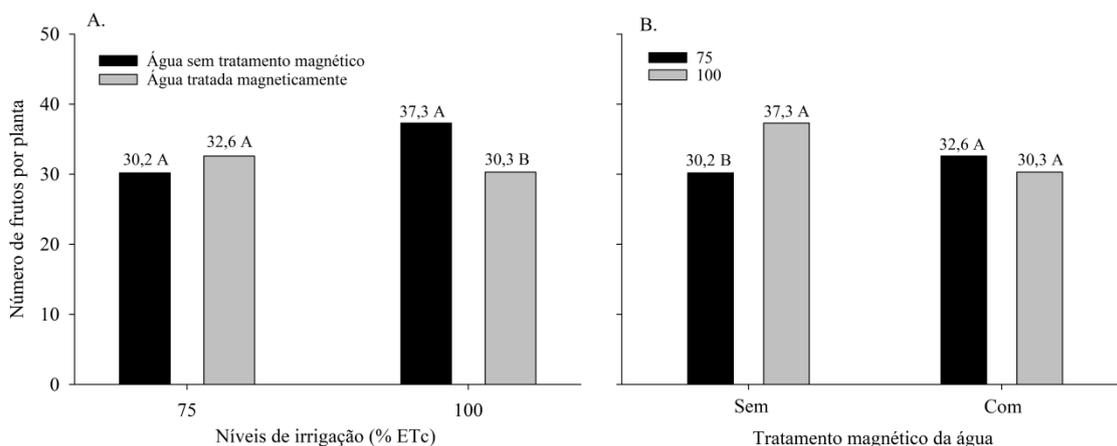


Figura 3. Desdobramento da interação para a variável número de frutos por planta (NF), no segundo experimento, para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação. Letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. Maringá-PR, 2018

No desdobramento da interação para a variável massa média de frutos (MMF) avaliada durante o segundo experimento (Figura 4) a aplicação de água tratada magneticamente apresentou diferenças significativas com a reposição de 100% da ETc. Sendo a lâmina de 100% da ETc superior à de 75% da ETc com a aplicação de água tratada, com incremento de 22,1% (Figura 4A). Na figura 4B, verifica-se que a aplicação de água tratada foi superior (aumento de 21,8%) à água sem tratamento com 100% da ETc.

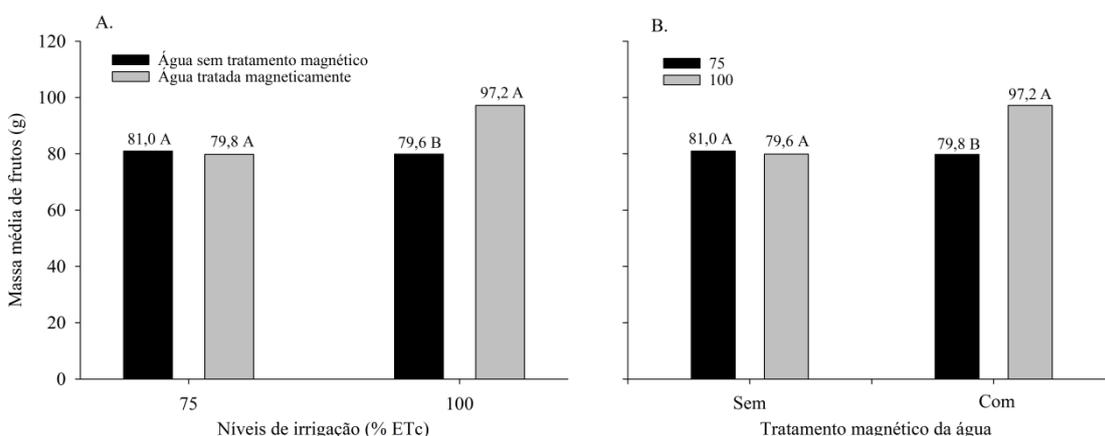


Figura 4. Desdobramento da interação para a variável massa média de frutos (MMF), no segundo experimento, para a cultura do pimentão irrigado com água com e sem tratamento magnético e níveis de irrigação. Letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. Maringá-PR, 2018

O prolongamento da duração do ciclo de cultivo no segundo experimento pode estar relacionado às condições de temperatura que ocorreram durante esse período. Com o registro de temperatura realizado durante os experimentos é possível perceber a ocorrência de temperaturas mais baixas no segundo experimento (Figura 1). Apesar de não serem verificados prejuízos a cultura, os períodos de baixas temperaturas podem ter contribuído com a diminuição no desenvolvimento da planta, aumentando a duração do ciclo da cultura (FILGUEIRA, 2012).

A constatação de diferenças significativas apenas para a variável MMF com a aplicação de água tratada magneticamente, visto que produtividade e número de frutos não apresentaram valores significativos submetidos a essa condição, está relacionado a dispersão dos dados coletados no primeiro e o segundo experimento. Estatisticamente esses dados não diferem, pelo teste de média de Tukey, no entanto, há diferença nos dados quando não utilizamos a estatística. Portanto, recomenda-se em estudos futuros a utilização de outros testes e análises estatísticas.

Em relação às variáveis de qualidade, avaliadas durante o primeiro experimento, não houve interação significativa para nenhuma delas (Tabela 4). Foi verificado resposta significativa apenas para os níveis de irrigação para o pH. Para o tratamento de água, houve significância para o pH e sólidos solúveis (SS).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para teor de sólidos solúveis (SS), pH e acidez titulável (AT), avaliadas no primeiro experimento para a cultura do pimentão irrigado com água tratada e sem tratamento magnético e níveis de irrigação (50, 75 e 100% da ETc). Maringá-PR, 2018

Variável	Valores de F			CV (%)	Média Geral
	Trat. Água (T)	Níveis irrigação (N)	T x N		
SS	5,73*	2,26 <sup>ns</sup>	2,96 <sup>ns</sup>	11,22	5,74
pH	11,50*	11,84*	0,11 <sup>ns</sup>	2,34	5,65
AT	1,97 <sup>ns</sup>	2,89 <sup>ns</sup>	3,37 <sup>ns</sup>	14,24	1,99

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

A aplicação de água tratada magneticamente aumentou os teores de sólidos solúveis (6,05 °Brix) quando comparada a aplicação de água não tratada (5,43 °Brix), com um incremento de 11,4%. O teor de sólidos solúveis é uma característica que

representada os açúcares e os ácidos, sendo que altos teores de sólidos solúveis favorecem a comercialização. Não foram encontrados relatados na literatura de valores de sólidos solúveis em função da aplicação de água tratada magneticamente para a cultura do pimentão.

Para a variável pH os valores de 5,74 e 5,55 para a aplicação de água com e sem tratamento magnético, respectivamente, apresentaram diferenças significativas, entretanto, encontram-se na faixa de frutos não ácidos, conforme estabelecido por Gould (1974). O mesmo ocorreu para a aplicação de lâminas de irrigação, em que a reposição de 100% da ETc apresentou valor menor significativo (pH = 5,47) quando comparado aos níveis de 50% (pH = 5,77) e 75% (pH = 5,71) da ETc.

Foram verificadas 8 ocorrências que apresentaram diferenças significativas da evaporação da umidade do solo ( $p \leq 0,05$ ) entre as 13 avaliações nos vasos que receberam água tratada magneticamente e água sem tratamento (Tabela 5). Para os 8 registros de respostas significativas, a aplicação de água com tratamento magnético reduziu a evaporação do solo em comparação com a aplicação de água sem tratamento.

Mesmo para as avaliações que não apresentaram diferenças significativas, é possível perceber que os valores médios são superiores mediante a aplicação de água tratada magneticamente.

O estudo da aplicação de água tratada magneticamente para irrigação torna-se importante porque pode melhorar as condições de umidade do solo e reduzir a perda de água no solo (MOSTAFAZADEH-FARD et al., 2011), além de garantir condições mais favoráveis às plantas.

De acordo com Khoshravesh et al. (2011) e Surendran et al. (2016) a redução na umidade do solo irrigado com água tratada magneticamente é devido ao aumento da coesão da água nas partículas de solo, facilitando sua fixação às partículas do solo e impedindo a percolação para camadas mais profundas.

Quanto a frequência diária, a cada 3 dias e a cada 7 dias verifica-se que em intervalos maiores entre uma irrigação e outra o solo permanece mais úmido quando irrigado com água com tratamento magnético. Isso pode ser verificado na frequência de 3 e 7 dias, em que apenas uma avaliação na frequência de 3 dias não apresentou resposta significativa.

Mostafazadeh-Fard et al. (2011) recomenda o uso de água tratada magneticamente para melhorar a umidade do solo. Estudo realizado pelos autores mostrou que a irrigação com água com tratamento magnético aumentou

significativamente a umidade do solo em até 7,5% em comparação com a água não tratada. Surendran et al. (2016) constataram maior retenção de água no solo quando irrigado com água tratada magneticamente, os autores encontraram diferenças estatísticas na umidade do solo no primeiro e segundo dia após a irrigação na cultura da berinjela.

Tabela 5. Medidas de umidade atual em vasos submetidos à água tratada magneticamente e sem tratamento magnético para diferentes frequências de irrigação. Maringá-PR, 2018

Frequência	Avaliações	Tratamento magnético da água	Umidade atual (g g <sup>-1</sup> )
Diário	1	Com	0,3657 A
		Sem	0,3644 A
	2	Com	0,3632 A
		Sem	0,3622 A
	3	Com	0,3643 A
		Sem	0,3616 B
	4	Com	0,3636 A
		Sem	0,3617 B
	5	Com	0,3675 A
		Sem	0,3660 A
	6	Com	0,3557 A
		Sem	0,3537 B
	7	Com	0,3633 A
		Sem	0,3624 A
Três dias	1	Com	0,3143 A
		Sem	0,3092 B
	2	Com	0,2953 A
		Sem	0,2934 A
	3	Com	0,3165 A
		Sem	0,3140 B
	4	Com	0,3207 A
		Sem	0,3172 B
Sete dias	1	Com	0,2629 A
		Sem	0,2601 B
	2	Com	0,2844 A
		Sem	0,2810 B

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente na coluna.

## 5.6 CONCLUSÕES

1. A lâmina de reposição de 100% da ETc foi a que proporcionou maiores valores na produtividade e número de frutos.

2. Houve maior ganho de massa média por fruto com a aplicação de água tratada magneticamente mediante a reposição de 100% da ETc no segundo experimento.
3. A aplicação de água tratada magneticamente aumentou os teores de sólidos solúveis e os valores de pH em comparação a aplicação de água não tratada.
4. A aplicação de água tratada magneticamente ocasionou aumento na umidade gravimétrica do solo ao longo dos dias, demonstrando maior retenção de água no solo quando submetido a essa condição de tratamento da água de irrigação.

## 5.7 REFERÊNCIAS

- AGUILERA, J. G.; MARTÍN, R. M. Água tratada magneticamente estimula a germinação e desenvolvimento de mudas de *Solanum lycopersicum* L. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 6, n. 1, p. 47-53, 2016.
- AHMED, M. E.; EL-KADER, N. I. The influence of magnetic water and water regimes on soil salinity, growth, yield and tubers quality of potato plants. *Middle East Journal of Agriculture*, v. 5, n. 2, p. 132-143, 2016.
- ALBUQUERQUE, F. S. et al. Necessidade hídrica e coeficiente de cultivo do pimentão fertirrigado. *Irriga*, v. 17, n. 4, p. 481-493, 2012.
- ALLEN, R. G. et al. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300p.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3ª edição. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013. 353p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar : a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n.2, p. 109-112, 2014.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*, 3ª edição. Viçosa: Editora UFV, 2012, 421p.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló*. Lavras: UFLA, 2003, 333p.
- FRIZZONE, J. A. et al. *Microirrigação: gotejamento e microaspersão*. Maringá: Eduem, 2012, 356p.

- FONTES, P. C. R. et al. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e potássio na fertirrigação do pimentão. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 2, p. 275-280, 2005.
- GENEROSO, T. N. et al. Water magnetization and phosphorus transport parameters in the soil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 1, p. 9-13, 2017.
- GOULD, W. A. Tomato production, processing and quality evaluation. 1 ed. Westport: The AVI, 1974.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análises de alimentos*. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, 1020 p.
- KHOSHRAVESH, M. et al. Effects of magnetized water on the distribution pattern of soil water with respect to time in trickle irrigation. *Soil Use and Management*, v. 27, n. 1, p. 515-522, 2011.
- LORENZONI, M. Z. et al. Response of bell pepper crop fertigated with nitrogen and potassium doses in protected environment. *Agrotechnology*, v. 5, n. 3, p. 148, 2016.
- MAHESWARI, B. L.; GREWAL, H. S. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management*, v. 96, p. 1229-1236, 2009.
- MOSTAFAZADEH-FARD, B. et al. Effects of magnetized water and irrigation water salinity on soil moisture distribution in trickle irrigation. *Journal of irrigation and drainage engineering*, v. 137, p.398-402, 2011.
- OSPINA-SALAZAR, D. I. et al. Photosynthesis and biomass yield in Tabasco pepper, radish and maize subjected to magnetically treated water. *Corpoica Ciencia Tecnologia Agropecuaria*, v. 19, n. 2, p. 307-321, 2018.
- PUTTI, F. F. et al. Desenvolvimento inicial da alface (*Lactuca sativa* L.) irrigada com água magnetizada. *Cultivando o saber*, v. 6, n. 3, p. 83-90, 2013.
- SAYED, H. E. S. A. E.; Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, chemical composition and yield production of Broad Bean (*Vicia faba* L.) plant. *American Journal of Experimental Agriculture*, v. 4, n. 4, p. 476-496, 2014.
- SERON, C. C. et al. Irrigation with water deficit applying magnetic water on scarlet eggplant. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 6, n. 4, p. 1-9, 2019.
- SOUZA, A. H. C. de; et al. Evaluation of the growth and the yield of Eggplant crop under different irrigation depths and magnetic treatment of water. *Journal of Agricultural Science*, v. 11, p.35-43, 2019.

SURENDRAN, U. et al. The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics. *Agricultural Water Management*, v. 178, p. 21-29, 2016.

TRANI, P. E. *Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido*. IAC – Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Horticultura, Campinas, SP, 2014. 25p.