



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO
PRÓ REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA**

**TECNOLOGIA ELETROMAGNÉTICA APLICADA NO
CONTROLE DE *Meloidogyne javanica* EM TOMATEIRO**

Cláudia Regina Oliveira Soares Guimarães Mendonça

MORRINHOS - GOIÁS
2022

Cláudia Regina Oliveira Soares Guimarães Mendonça

**TECNOLOGIA ELETROMAGNÉTICA APLICADA NO
CONTROLE DE *Meloidogyne javanica* EM TOMATEIRO**

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Vieira Silva

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, ao Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos - Área de Concentração: Olericultura.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

M539t Mendonça, Claudia Regina Oliveira Soares Guimarães.
Tecnologia eletromagnética aplicada no controle de *Meloidogyne javanica* em tomateiro. / Claudia Regina Oliveira Soares Guimarães Mendonça. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2022.
90 f. : il. color.

Orientador: Dr. Rodrigo Vieira Silva

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2022.

1. Pragas agrícolas - Controle. 2. Nematoda em plantas. 3. Clorofila. I. Silva, Rodrigo Vieira. II. Instituto Federal Goiano. III. Título.

CDU 632.93:635.64

Fonte: Elaborado pela Bibliotecária-documentalista Morgana Guimarães, CRB1/2837



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 1/2021 - SGP GPI-MO/GPGPI-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

ATA Nº 85

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos dez dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e um, às 09h:00min (novehoras), reuniram-se os componentes da banca examinadora, em sessão pública realizada por videoconferência (<https://meet.google.com/tpzmosw-bck>), para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, intitulada "**Tecnologia eletromagnética aplicada no controle de *Meloidogyne spp.* em tomateiro**", de autoria de **Claudia Regina Oliveira Soares Guimarães Mendonça**, discente do Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida a autora para, em 30 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Olericultura, e procedidas às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, na área de concentração em Manejo Fitossanitário em Olerícolas, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na Secretaria do PPGOL da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou o depósito de patente oriundo dessa dissertação e, posteriormente a publicação de artigo em periódico após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva	IF Goiano - Campus Morrinhos	Presidente
Dr. Raul Rodrigues Coutinho	Agronômica Laboratório Diagnóstico	Membro externo

	Fitossanitário e consultoria	
Prof. Dr. Carlos André Gonçalves	ULBRA	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- **Raul Rodrigues Coutinho, Raul Rodrigues Coutinho - Membro externo - Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos (10651417000330)**, em 22/02/2021 11:36:27.
- **Carlos André Gonçalves, Carlos André Gonçalves - Professor Avaliador de Banca - Aelbra Educação Superior Graduação e Pós-Graduação S. a (88332580002885)**, em 10/02/2021 12:27:05.
- **Rodrigo Vieira da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 10/02/2021 12:20:05.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 08/02/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 237728
Código de Autenticação: 970c6461a4



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Morrinhos
Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, None, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000
(64) 3413-7900

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me permitido realizar esse sonho.

Ao meu esposo Vinícius Vítor Oliveira Mendonça, que sonhou juntamente comigo, acreditou e com fé, ambos percorremos essa árdua jornada e hoje nos tornamos mestres.

À minha filha Anna Victória Oliveira Soares Mendonça, que dos seus dois aos quatro anos de idade se mostrou compreensiva em me deixar realizar os estudos em casa e durante a maioria das aulas presenciais ia comigo ao campus e me transmitia sua alegria, principalmente na hora de ir ao refeitório. Ao meu filho Vinícius Vítor Oliveira Mendonça Filho, que esteve comigo desde o ventre, me trazendo à memória a ansiedade e o medo de dar à luz na fazenda, durante as aulas de fisiologia. Não imaginei que seria tão cansativo, mas vencemos juntos todas as matérias, no colo quase 100% do tempo. À minha filha Anna Gabriela Oliveira Soares Mendonça, que agora estou gerando e, nessa reta final, me acompanha! Juntos são o motivo real para eu não ter desistido, mesmo com tanta luta durante esse período! Amo vocês!

Aos meus familiares, sobretudo meus pais Iraci Pereira de Oliveira e João Batista Soares e meus sogros Adailma Américo de Oliveira Mendonça e Amauri Gomes Mendonça, pelo apoio e por compreenderem a minha insanidade em momentos importantes. Aos meus avós, Regina Nunes da Cruz, Maria Graciana Guimarães e Reinaldo Soares Guimarães, por sempre me darem uma palavra de ânimo e demonstrar seu orgulho ao saber que continuo buscando conhecimento. Aos meus irmãos, primos, tios e tias, que sempre torceram por mim.

Ao IF Goiano – Campus Morrinhos, por me conceder essa oportunidade.

Ao professor Dr. Rodrigo Vieira Silva, pela confiança, orientação, apoio e paciência em realizar esse trabalho.

À professora Dra. Clarice Aparecida Megguer, que foi sábia e paciente ao dividir um pouco do seu vasto conhecimento comigo e pelo auxílio no experimento.

Ao professor Dr. Cícero José da Silva, que sempre esteve pronto a orientar todas as vezes que busquei.

Aos professores Dr. Carlos André Gonçalves, do ILES/ULBRA Itumbiara, e Dr. Raul Rodrigues Coutinho, da Agrônômica Laboratório de Diagnóstico, Fitossanidade e Consultoria, pela ilustre participação na banca avaliadora.

Ao consultor técnico George Hércules de Melo, que, juntamente com a empresa Aqua-4D® Water Solutions, disponibilizou o sistema de tratamento de água para estudo.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Olericultura do IF Goiano, pela contribuição, especialmente àqueles com os quais tive a oportunidade de ampliar meus conhecimentos: Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira, Dra. Miriam Fumiko Fujinawa, Dr. Nadson de Carvalho Pontes, Dr. Emerson Trogello, Dr. Cesar Antonio da Silva, Dr. Elliezer de Almeida Melo, Dr. Adelmo Golynski, Dr. Anselmo Afonso Golynski, Dr. Túlio de Almeida Machado e Dr. Leonardo Cunha de Albuquerque.

Sem mais, quero agradecer a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que tudo isso fosse possível.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Cláudia Regina Oliveira Soares Guimarães Mendonça, filha dos músicos João Batista Soares e Iraci Pereira de Oliveira, nasceu em Itumbiara, Goiás, Brasil, aos 05 de junho de 1995. Concluiu seus estudos em escola pública até o término do ensino médio. De 2014 a 2018, graduou-se em Ciências Biológicas pelo ILES/ULBRA Itumbiara, como bolsista integral. De 2016 a 2020, foi professora do estado de Goiás, ministrando para o ensino fundamental e médio inicialmente Música, posteriormente, professora de Matemática, Física, Química, Biologia e Ciências na rede. Em 2018, iniciou o Curso de Mestrado em Olericultura, no IF Goiano – Campus Morrinhos.

RESUMO

MENDONÇA, CLÁUDIA REGINA OLIVEIRA SOARES GUIMARÃES. Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, fevereiro de 2021. **Tecnologia eletromagnética aplicada no controle de *Meloidogyne javanica* em tomateiro.** Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Vieira Silva.

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* representam um dos principais grupos de patógenos na cultura do tomateiro, causando alterações fisiológicas que variam em função do nível de infecção na planta. O uso de produtos que minimizem seus efeitos é de suma importância, nesse sentido, a tecnologia eletromagnética aplicada na água de irrigação pode ser uma alternativa viável, diminuindo o efeito deletério do parasitismo em razão da desorientação dos nematoides e por um aumento na absorção de água e nutrientes. Este trabalho objetivou avaliar o efeito do tratamento magnético da água de irrigação no controle de *Meloidogyne javanica*, no desenvolvimento e na condição de estresse hídrico do tomateiro. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, dispostos em um esquema fatorial 2x2x2: plantas com e sem inoculação; irrigação com água tratada e não tratada; e lâminas de irrigação com 50% e 100% da evapotranspiração, com sete repetições. Foram avaliadas as variáveis relacionadas ao crescimento de planta, reprodução dos nematoides (FR) aos 60 dias após a inoculação (DAI), clorofila com o uso do SPAD-502® (Minolta) aos 40 DAI e trocas gasosas aos 0, 15 e 40 DAI, utilizando o analisador de gás por infravermelho (IRGA). Os dados foram submetidos à Análise de Variância, e os fatores qualitativos tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância e os quantitativos foram submetidos à Análise de Regressão. O tratamento eletromagnético proporcionou menor FR de nematoides, maior crescimento de planta, trocas gasosas, teor de clorofila e tolerância ao estresse hídrico. O uso da água eletromagnetizada permitiu a adaptação do tomateiro sob estresse hídrico e tolerância à

infecção por *M. javanica* a partir de uma tecnologia limpa, que não polui o meio ambiente e não causa danos residuais à espécie humana.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, nematoide de galhas, controle alternativo, trocas gasosas, clorofila

ABSTRACT

MENDONÇA, CLÁUDIA REGINA OLIVEIRA SOARES GUIMARÃES. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute), Morrinhos Campus, Goiás State, Brazil. February 2021. **Electromagnetic technology applied to control *Meloidogyne javanica* in tomato crops.** Advisor: Prof. Dr. Silva, Rodrigo Vieira.

Nematodes of the *Meloidogyne* genus are one of the main pathogen groups in tomato crops, causing physiological changes that vary depending on the plant infection level. The use of products to minimize their effects is very important; in this sense, the electromagnetic technology applied to irrigation water can be a viable alternative, reducing the harmful effect of parasitism by the nematode disorientation and by increasing the water and nutrient absorption. This paper aimed to evaluate the effect of magnetic treatment on irrigation water to control *Meloidogyne javanica* on tomato crops, on its development, and on the water stress condition. The experimental design was in randomized blocks, 2x2x2 factorial scheme, consisting of plants with and without inoculation irrigated with treated and untreated water, blades with 50% and 100% evapotranspiration, and seven replicates. Variables were evaluated related to plant growth, nematode reproduction factor (RF) at sixtieth day after inoculation (DAI), chlorophyll using SPAD-502® (Minolta) at fortieth DAI, and gas exchange at zero, fifteenth, and fortieth DAI using the infrared gas analyzer (IRGA). Data were subjected to Analysis of Variance and the qualitative factors had their means compared by Tukey's test at 5% significance and the quantitative factors were submitted to Regression Analysis. Electromagnetic treatment provided lower RF of nematodes, higher plant growth, gas exchange, chlorophyll content, and tolerance to water stress. The use of electromagnetized water allowed tomato to adapt to *M. javanica* infection under water stress and tolerance based on a clean technology, non-polluting the environment and not causing residual damage to the human species.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, root-knot nematodes, alternative control, exchange gas, chlorophyll

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Ciclo de vida de <i>Meloidogyne javanica</i>	6
3 CAPÍTULO I	
Figura 3.1 - Instalação do experimento. (A) - Módulo eletromagnético e conjunto motobomba. (B) - Interior da casa de vegetação. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021).....	29
Figura 3.2 - Multiplicação do inóculo. (A) Raízes com galha portando o inóculo. (B) Plantas recebendo o inóculo. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021).....	30
Figura 3.3 - (A) Saturação de vaso (saco) por capilaridade. (B) Inoculação com 5.000 ovos + juvenis de segundo estágio (J2) de <i>M. javanica</i> . Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021).....	32
Figura 3.4 - (A) Leitura de planta com IRGA (B) Leitura de planta com SPAD. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021).....	33
Figura 3.5 - Comparativo da influência da inoculação do tomateiro com 5000 ovos de <i>Meloidogyne javanica</i> e estresse hídrico (lâminas de 50% ETC) entre plantas que receberam água com e sem tratamento eletromagnético sobre parâmetros de trocas gasosas em folhas de tomateiro considerando o percentual das médias observadas, ao longo de 3 avaliações (0 DAI; 15 DAI e 40 DAI). Variáveis observadas: (E), taxa de transpiração ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); (A), taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); (Ca), concentração externa atual de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$); (Ci), concentração interna subestomática de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$); (gsw), condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), (ETR), taxa de transporte de elétrons ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); (EUA), eficiência do uso de água (A/E); (EiUA), eficiência intrínseca do uso de água (A/gsw); (EiC),	

eficiência de carboxilação (A/C_i); e (C_i/C_a), relação da concentração intercelular de CO_2 no mesófilo com a concentração de CO_2 externa atual. As variáveis foram avaliadas pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)..... 36

- Figura 3.6 - Médias das taxas fotossintéticas de plantas de tomateiro aos 0, 15 e 40 dias após a inoculação com 5000 ovos de *M. javanica*, tratamento de água, e estresse hídrico. S=planta sadia; I=planta inoculada. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)..... 37
- Figura 3.7 - Valores do teor de clorofila (SPAD) de plantas tomateiro aos 40 dias após a inoculação com 5000 ovos de *Meloidogyne javanica*, em função do tratamento de água magnetizada, e estresse hídrico. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)..... 39

4 CAPÍTULO II

- Figura 4.1 - Instalação do experimento. (A) - Interior da casa de vegetação. (B) - Módulo eletromagnético e conjunto motobomba. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)..... 55
- Figura 4.2 - Multiplicação do inóculo de *Meloidogyne javanica*. (A) Raízes com galha portando o inóculo. (B) Inóculo observado em microscópio fotônico. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)..... 55
- Figura 4.3 - (A) Plantas Transplantadas. (B) Inoculação. (E) Saturação de vaso (saco) por capilaridade. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)..... 57
- Figura 4.4 - Altura de planta (AP), Massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA), Massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), Área foliar (AF), Massa da matéria fresca da raiz (MFR) e Comprimento de raiz (CR) aos 60 dias após a inoculação com 5000 ovos de *M. javanica*, tratamento de água, disponibilidade hídrica (% ETc) e percentual de vantagem do tratamento eletromagnético. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)..... 59
- Figura 4.5 - Índice de galha (IG), contagem de nematoides (Ovos+J2 g^{-1} de raiz) e Fator de reprodução (FR) de plantas inoculadas com 5000 ovos de *Meloidogyne javanica* aos 60 dias após a inoculação, em função do tratamento de água e estresse hídrico. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)..... 62
- Figura 4.6 - Comparativo entre T1 e T3. T1 - Planta inoculada/água eletromagnetizada/100% ETc à esquerda x T3 – Planta inoculada/água sem

tratamento eletromagnético/100% ETC; à direita. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021).....	63
---	----

LISTA DE TABELAS

Página

3 CAPÍTULO I

Tabela 3.1 - Resumo de análises de variância (Quadrados Médios) de características avaliadas em tomateiro: (E), taxa de transpiração ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); (A), taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); (Ca), concentração externa atual de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$); (Ci), concentração interna subestomática de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$); (gsw), condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), (ETR), taxa de transporte de elétrons ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); (EUA), eficiência do uso de água (A/E); (EiUA), eficiência intrínseca do uso de água (A/gsw); (EiC), eficiência de carboxilação (A/Ci); (Ci/Ca), relação da concentração intercelular de CO_2 no mesófilo com a concentração de CO_2 externa atual e índice do SPAD aos 40 DAI, em função da inoculação com 5000 ovos de <i>Meloidogyne javanica</i> , tratamento de água e estresse hídrico. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021).....	34
---	----

4 CAPÍTULO II

Tabela 4.1 - Resumo de análises de variância (Quadrados Médios) de características avaliadas em tomateiro: Altura de planta (AP), Massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA), Massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), Área foliar (AF), Massa da matéria fresca da raiz (MFR) e Comprimento de raiz (CR) aos 60 dias após a inoculação com 5000 ovos de <i>M. javanica</i> , tratamento de água e disponibilidade hídrica (% ETc). Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021).	58
Tabela 4.2 - Valores médios do índice de galha (IG), número de nematoides (Ovos+J2 g^{-1} de raiz) e Fator de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação com	

5000 ovos de *Meloidogyne javanica*, tratamento de água e disponibilidade hídrica (% ETC). Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021) 61

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A cultura do tomateiro	3
2.2 Nematóide de galhas	4
2.3 Controle de <i>Meloidogyne</i> spp.	6
2.4 Irrigação na agricultura	7
2.5 Água eletromagnetizada.....	9
2.6 Funções da água magnetizada nas plantas	10
2.7 Tecnologias utilizadas (magnetizadores)	11
2.8 Efeitos da água magnetizada nos aspectos físicos e químicos do solo. 12	
2.9 Efeitos da água magnetizada em fitonematóides	13
2.10 Referências	14
3 CAPÍTULO I.....	25
3.1 INTRODUÇÃO	26
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
3.4 CONCLUSÕES	40
3.5 REFERÊNCIAS	40
4 CAPÍTULO II.....	51
4.1 INTRODUÇÃO	52

4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.4 CONCLUSÕES	64
4.5 REFERÊNCIAS	63
5 CONCLUSÃO GERAL.....	71

1 INTRODUÇÃO GERAL

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é considerado uma das hortaliças de maior importância econômica, a segunda hortaliça mais cultivada e consumida mundialmente, superada apenas pela batata (AZABOU *et al.*, 2016). O Brasil produz cerca de 4,2 milhões de toneladas, 2,3% na produção mundial de tomates, ocupando a nona posição no ranking dos maiores produtores com destaque para o Estado de Goiás (CONAB, 2019; FAOSTAT, 2019).

O impacto dos fitonematoides na cultura do tomateiro constitui dos problemas mais importantes a ser superado pelos horticultores. Este fato advém das grandes perdas econômicas em rendimento e em qualidade, em razão do ataque de um patógeno que vive oculto no solo, de difícil controle (PINHEIRO, J. B. *et al.*, 2015). Na cultura do tomateiro, as espécies do gênero *Meloidogyne* são as de maior importância econômica em âmbito mundial (JONES, *et al.*, 2013). A denominação popular desta espécie vem da indução da formação de “galhas” no sistema radicular da planta hospedeira, que corresponde a um intumescimento em consequência da hipertrofia e hiperplasia das células próximas ao sítio de alimentação do nematoide (CARNEIRO, 2014; FERRAZ; BROWN, 2016).

Os nematoides de galhas causam severos danos às raízes do tomateiro, reduzindo a absorção de água e de nutrientes e, conseqüentemente, diminuindo a eficiência das adubações (BARBOSA *et al.*, 2014; RITZINGER *et al.*, 2014). Além disso, tornam as plantas infectadas mais suscetíveis ao ataque de outros fitopatógenos, sendo necessária a intervenção na reprodução destes nematoides para evitar prejuízos econômicos.

A utilização da água sob tratamento eletromagnético na irrigação constitui-se numa nova estratégia para o manejo de fitonematoides, com a vantagem de ser livre de produtos químicos tóxicos. O modo de ação sobre os nematoides de galhas ocorre pela modificação da estrutura das moléculas de água, desorientando-os, mantendo-os afastados da rizosfera, evitando a sua penetração e, conseqüentemente, a infecção das raízes. Portanto, esta técnica constitui uma alternativa sustentável e ecologicamente

correta, não necessitando a reposição do sistema. Diferentemente do que ocorre no controle químico tradicional, que é caro e muito tóxico ao homem e ao ambiente, (ABOBATTA, 2019; THOMAS, 2018).

A utilização de água magnetizada é uma nova vertente para auxiliar em diversos problemas fitossanitários, aos quais os cultivos agrícolas são submetidos. Esta tecnologia vem sendo estudada em diversas partes do mundo, pois o uso de tratamentos envolvendo atividade magnética da água no setor agrícola tem aplicação em diversas áreas, a exemplo da germinação de sementes, desenvolvimento de mudas, aumento do rendimento de forrageiras e grandes culturas (KAHRIZI *et al.*, 2013), plantas medicinais (ALEMAN *et al.*, 2014), espécies arbóreas (ABOBATTA, 2015a), plantas ornamentais (VAN *et al.*, 2012), aumento do tempo de conservação de vegetais pós-colheita (RADEIDEH, 2014), além do potencial de controle de nematoides (THOMAS, 2018). Deste modo, tal tecnologia é uma importante inovação na agricultura, especialmente em países onde há escassez alimentar e hídrica (KHALIL *et al.*, 2016).

A tecnologia eletromagnética deve ser analisada para verificar suas potencialidades no manejo de fitonematoides. No presente estudo, são fornecidas as primeiras informações essenciais sobre a eficiência da água magnetizada em tomateiro cereja, principalmente o seu papel no controle de *M. javanica*, proporcionando a utilização de um método eficaz para melhor aproveitamento da água que será utilizada na irrigação. É indispensável o estabelecimento de estudos que assegurem a evolução científica desta nova tecnologia para que ela traga benefícios e promova maior rentabilidade ao produtor de tomate, de modo a gerar resultados satisfatórios no sentido do fortalecimento de uma agricultura sustentável.

Assim, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito do tratamento magnético utilizado na água para irrigação do tomateiro quanto à:

- a) Eficiência no controle de nematoides;
- b) Resposta fisiológica da planta; e
- c) Economia de água.

Os objetivos específicos são:

- a) Analisar o crescimento de planta;
- b) Avaliar as Trocas gasosas;
- c) Estudar os teores de clorofila;
- d) Verificar a eficiência do uso da água.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do tomateiro

O tomateiro é uma hortaliça de grande importância econômica e social em diversos países do planeta (HEINE *et al.*, 2015). Sua cultura abarca um dos maiores mercados agrícolas brasileiros, ocupando a nona posição entre os maiores produtores no mundo, atrás da China, Índia, Estados Unidos, Turquia, Egito, Itália, Irã e Espanha. No Brasil a área plantada é estimada em 63.980 hectares (ha), produção de 4,2 milhões de toneladas (t) e produtividade média de 66 t.ha⁻¹ com destaque para Goiás, maior estado produtor (CONAB, 2019).

O tomateiro é muito exigente em cuidados fitossanitários e demanda elevada quantidade de mão de obra. A ampla distribuição regional da cultura demonstra que as plantas têm capacidade de adaptação a diversas condições climáticas (ALVARENGA, 2013), fator importante para o mercado consumidor local, pois as diversas cultivares podem ser produzidas em diferentes regiões do país, fato este importante para o equilíbrio de sua oferta ao longo do ano (JUNQUEIRA; PEETS; ONODA, 2011).

O Estado de Goiás lidera o ranking nacional como maior produtor dessa hortaliça, com uma produção de 1,3 milhão de toneladas e uma área plantada de 16.307 ha, obtendo uma produtividade média de 79,60 t.ha⁻¹ (CONAB, 2019; IBGE, 2019).

O tomate do grupo Cereja apresenta como características principais, que ampliam a aceitabilidade do consumidor, seu elevado teor de açúcares, 9 a 12 °Brix, praticamente o dobro do tomate comum, 4 a 6 °Brix (SÃO JOSÉ, 2013). Ele vem ganhando grande atenção dos restaurantes especializados, devido ao sabor adocicado, baixa acidez, textura e às diversas formas de preparo, podendo ser consumido em saladas, purês, molhos, doces, geleias ou sucos.

Além disso, o tomate é benéfico à saúde, e seu consumo está associado à diminuição no risco de diversas doenças, com destaque para as cardiovasculares, os

cânceres e o diabetes tipo 2. Os efeitos benéficos na manutenção da saúde são atribuídos à presença de compostos fitoquímicos como carotenoides (licopeno, β -caroteno e luteína), ácido ascórbico, flavonoides e ácidos fenólicos, os quais têm alta atividade antioxidante, capaz de combater lesões celulares provocadas pelos radicais livres (ABETE *et al.*, 2013; DEL GIUDICE *et al.*, 2015; NIRANJANA *et al.*, 2015).

O tomateiro cereja floresce e frutifica em condições de clima variável, desenvolvendo-se em clima tropical de altitude, subtropical e temperado, o que permite seu cultivo em diversas regiões do mundo, com umidade variável (UR) para sua produção de 60% a 80%, faixa ótima de 70% UR, com temperatura ideal de 21 °C e amplitude de 10 °C a 34 °C (NASCIMENTO *et al.*, 2013).

Em decorrência da grande quantidade de pragas e doenças que atacam o tomateiro, o seu manejo fitossanitário para alcance de boas produtividades é um grande desafio, haja vista que as condições climáticas propícias ao seu bom desenvolvimento, caracterizadas por altos índices pluviométricos e alta umidade relativa, também são favoráveis a diversas doenças (BATISTELLA, 2017), inclusive, os fitonematoides. Comercialmente, não existem cultivares de tomateiro cereja que tenham boas características agrônômicas, com ampla gama de resistência, aliada à tolerância ao déficit hídrico, necessitando de inovações tecnológicas para resistência a doenças, patógenos e a estresse hídrico (MACIEL *et al.*, 2017).

2.2 Nematóide de galhas

Fitonematoides são parasitas obrigatórios, que necessitam de plantas vivas para sua alimentação. Na ausência de plantas hospedeiras, eles desenvolvem mecanismos de sobrevivência, porém sem aumento populacional, o que ocorre somente na presença de plantas hospedeiras e em condições adequadas de temperatura e umidade. Na ocasião do plantio, normalmente as populações dos fitonematoides estão baixas e vão aumentando até atingir o auge, o que ocorre logo após o florescimento das plantas. Depois da colheita, a população diminui gradativamente durante a entressafra até o próximo plantio. Essa dinâmica normalmente ocorre quando há um plantio por safra, seguido por um período de pousio ou por uma cultura de cobertura não hospedeira do nematóide (LAMAS *et al.*, 2016).

As espécies do gênero *Meloidogyne* são endoparasitas sedentários, distribuídos mundialmente e com ampla gama de hospedeiros, incluindo a grande maioria das

hortaliças, levando a perdas estimadas em 10 bilhões de euros por ano (JONES *et al.*, 2013; PINHEIRO, J. P. *et al.*, 2013; SAUCET *et al.*, 2016). São descritas na literatura mais de 100 espécies do gênero *Meloidogyne* (CARES; LOPES, 2018), entre as quais, *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*, que têm maior importância econômica no cultivo de hortaliças, em especial o tomateiro (PINHEIRO, J. B., 2017). Os sintomas marcantes de infecções causadas por esses fitoparasitas na parte aérea das plantas incluem nanismo, murcha, clorose, além de deficiência nutricional, tamanho reduzido de frutos e, conseqüentemente, baixo rendimento da cultura (PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, 2012).

Os nematoides de galhas alimentam-se do conteúdo das células das raízes do vegetal. Após sua penetração, eles injetam, por meio de um estilete, substâncias produzidas por suas glândulas esofagianas, que induzem a formação das galhas, características deste grupo de nematoides. Estas galhas são consequência do aumento do tamanho das células, hipertrofia, e do número de células, hiperplasia, próximas ao sítio infectado pelo nematoide, e esta multiplicação ocorre como resposta da planta à infecção do patógeno (KYNDT *et al.*, 2013).

Além dos danos diretos causados pelos nematoides de galhas, as raízes danificadas por esses fitoparasitas ficam mais propensas de serem invadidas por fungos e bactérias, potencializando os danos à cultura (MOTA *et al.*, 2013; PINHEIRO, J. B. *et al.*, 2012).

O ciclo de vida dos nematoides de galha (Figura 1) inicia-se pelos ovos, passando por quatro estádios juvenis até atingir a fase adulta. De ovo a ovo, leva-se entre três e quatro semanas no verão, podendo, no inverno, ser prolongado por até sete semanas. As fêmeas encontram-se parcial ou completamente imersas nas raízes e podem produzir de 100 até mais de 1.000 ovos cada (SINGH *et al.*, 2015).

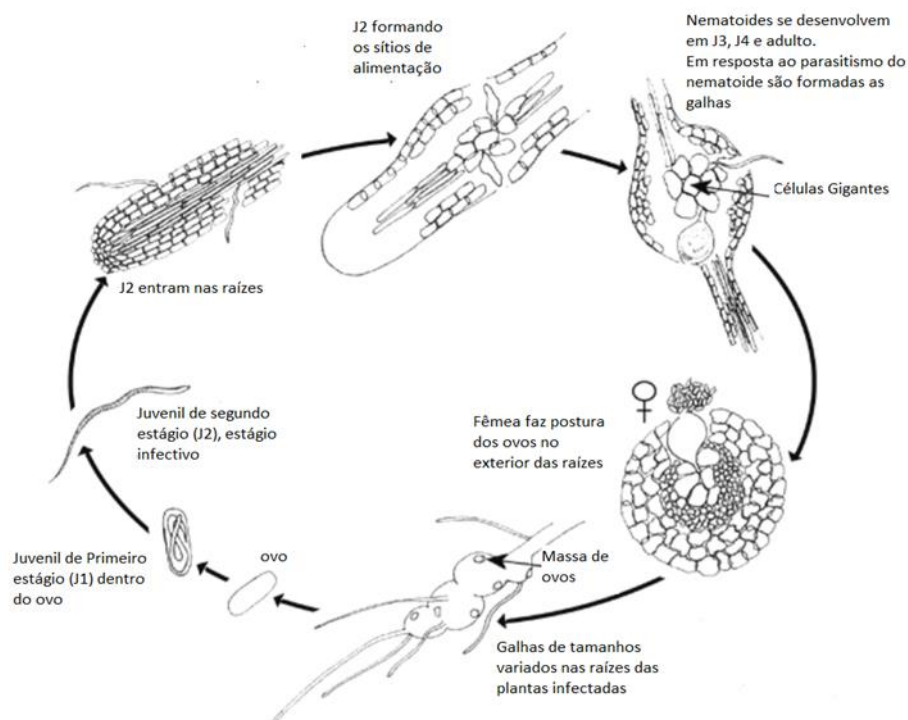


Figura 1 - Ciclo de vida de *Meloidogyne javanica* em raízes de tomateiro
 Fonte: Adaptado de Singh *et al.* (2015).

Em razão das dificuldades no controle de *Meloidogyne* spp., causadas principalmente por sua alta capacidade reprodutiva e ampla gama de hospedeiros, o sucesso em seu controle deve ser buscado utilizando diferentes técnicas de maneira integrada (SOARES *et al.*, 2017). Entre as medidas utilizadas, destacam-se o controle preventivo, o cultural, o químico, o biológico e o genético (PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, 2012).

2.3 Controle de *Meloidogyne* spp.

O Brasil é um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo, e as hortaliças comercializadas em grandes centros urbanos não são uma exceção quando se trata de uso indiscriminado de produtos químicos sintéticos (CLEMENTE, 2015).

O mercado de nematicida no Brasil atingiu cerca US\$ 50 milhões em vendas na safra 2018-2019, tendo a adoção dos nematicidas saltado de 2% na safra 2016-2017 para 9% em 2018-2019 (CAMPOS, F., 2019). A maior parte das vendas está voltada para as culturas da soja, milho e cana-de-açúcar, seguidos em menor proporção pelo café e algodão. Os principais ativos nematicidas utilizados no Brasil são terbufós, dazomete, carbo-sulfano, fenamifos, abamectina, tiodicarbe, cadusafós, carbofurano e benfuracarbe. A identificação das melhores oportunidades exigirá que as empresas atuantes no mercado

de nematicidas adotem um olhar mais minucioso e detalhado sobre as necessidades dos agricultores, em seus diferentes cultivos, e sobre o seu próprio desempenho frente aos competidores, para que assim possam definir estratégias e direcionar recursos para as áreas mais promissoras (GERCHON, 2013).

A utilização do controle biológico em fitonematoides é uma alternativa em ascensão, e os agentes biológicos mais utilizados são os fungos e bactérias, isolados ou em conjunto, visando a um controle mais eficaz e sem efeitos deletérios ao meio ambiente (FERNANDES *et al.*, 2014; SILVA, J. C. *et al.*, 2019).

A indução de resistência pode ativar mecanismos de defesas contra as infecções, desencadeando respostas celulares, podendo ser ativada por microrganismos ou produtos químicos, sem alterar o genoma da planta (BARROS *et al.*, 2010; FU; DONG, 2013), os genes são ativados, resultando na alteração da síntese proteica e induzindo mudanças metabólicas específicas na planta (CAMPOS, A., 2009), ativando sua resistência latente, o que impede ou dificulta a infecção (SILVA JUNIOR; BEHLAU, 2018).

No controle alternativo de nematoides, são usados compostos naturais extraídos de plantas medicinais que têm substâncias capazes de atuar no controle direto por atividade antimicrobiana e na indução de resistência (STANGARLIN; KUHN; SCHWAN-ESTRADA, 2008; VENTUROSO *et al.*, 2011), incluindo terpenoides, isotiocianatos, alcaloides, glicosídeos cianogênicos e compostos fenólicos, entre outros, KOWALTSCHUK *et al.*, 2011), que atuam como nematicidas ou nematostáticos, sem causar danos ao ambiente e ao aplicador (NEERAJ *et al.*, 2017),

Uma importante e eficiente estratégia para o manejo dos nematoides é o controle cultural, a partir de um programa de rotação de cultura e uso de plantas antagonistas (MONFORT; KIRKPATRICK; MAUROMOUSTAKOS, 2008; WRIGHT; RICH, 2002).

2.4 Irrigação na agricultura

As atividades agrícolas consomem cerca de 70% da água disponível no nosso planeta, sendo um fator determinante no desenvolvimento fisiológico, nutricional e metabólico do vegetal. A absorção de nutrientes pelas plantas ocorre principalmente via sistema radicular por fluxo de massa, difusão e interceptação, que são praticamente e inteir

mente dependentes da água (KUMAR *et al.*, 2017). A relevância da irrigação para o desenvolvimento das plantas desencadeia uma busca pelo uso mais eficiente da água (SILVA, P., 2008).

A gestão sustentável de recursos hídricos, integrando o uso de fontes alternativas para a agricultura como o reúso, é de suma importância. O que favorece a disponibilidade de água potável para consumo humano e contribui para garantir água para gerações futuras. A água de reúso, além de suprir a necessidade hídrica da planta, também pode ser fonte de nutrientes para um melhor desenvolvimento e produtividade das culturas (CUBA, 2015). Entre os problemas agrônômicos causados pelo uso da água residuária na agricultura, os principais se relacionam ao risco da salinização, sodificação e toxicidade de alguns minerais como boro e cloreto de sódio. Geralmente associada a produções hortícolas, a irrigação localizada tem crescente taxa de adoção entre os produtores por permitir um melhor aproveitamento da água, garantindo maiores produtividades (SOUZA, W.; DUARTE, 2014).

Para que o desenvolvimento do tomateiro não seja comprometido, a região deve apresentar um índice pluvial ou de água disponível para irrigação ao longo do ciclo da cultura de aproximadamente 700 mm bem distribuídos, sendo que a maior exigência da planta ocorre no período de floração e desenvolvimento dos frutos. Um dos principais indicadores das necessidades hídricas é a eficiência do uso da água, definida pela razão entre a produção de biomassa ou produção comercial e a lâmina de água aplicada ou a evapotranspiração (KUMAR *et al.*, 2017).

Entre os métodos para aumentar a Eficiência do Uso da Água (EUA), estão o uso da irrigação localizada, modificações em estruturas de irrigação já existentes, melhor gestão no uso dos recursos hídricos, aprimorar os métodos de irrigação, melhoria na condução da água da fonte até a cultura e criação de novas técnicas para uma irrigação mais eficiente (DONATO *et al.*, 2013).

O uso de um eletromagnetizador associado a um sistema de irrigação pode promover um incremento na produção das culturas, além de reduzir o volume de água consumida pelas culturas. A necessidade de adoção de sistemas de irrigação eficientes, que utilizam menos água, como o gotejamento, reduz o uso da água e de insumos aplicados. A utilização da água eletromagnetizada possibilita que novas tecnologias possam ser implantadas para otimizar essa técnica, promovendo uma melhor produtividade, conseqüentemente maior rentabilidade para os produtores, aliada à sustentabilidade do sistema produtivo. O uso desta tecnologia também atua de forma preventiva, evitando o problema de entupimento do sistema de irrigação, mitigando os problemas com incrustações, principalmente nos bicos (PUTTI *et al.*, 2015).

2.5 Água eletromagnetizada

Cada molécula de água é capaz de fazer até quatro ligações de hidrogênio com outras moléculas de água, sendo que cada um dos dois átomos de hidrogênio (prótons) pode ser “doado”, e os dois pares de elétrons não compartilhados no átomo de oxigênio podem atuar como “receptores”. Uma molécula se comporta como doadora de prótons em relação a outras duas, sendo os prótons, portanto, partilhados entre dois átomos de oxigênio, por consequência, sofrendo contínuas oscilações entre os dois átomos. Essa interação que une as moléculas de água é descrita como pontes ou ligações de hidrogênio. Apesar de a energia de uma ligação de hidrogênio de modo isolado ($\sim 20 \text{ kJ mol}^{-1}$) ser relativamente pequena, o grande número de ligações de hidrogênio em uma amostra de água é a chave para as suas propriedades (VOET, D.; VOET, J.; PRATT, 2014).

O átomo de oxigênio é mais eletronegativo que o de hidrogênio, o que significa dizer que ele tem maior tendência de atrair elétrons em uma ligação química, ou seja, o núcleo de oxigênio atrai os átomos das ligações O-H, caracterizando a polaridade da molécula de água. Deste fato, resulta que o polo positivo de uma molécula atrai o polo negativo de outra. O equilíbrio das forças resultantes entre as diferentes orbitais de elétrons determina uma disposição geometricamente assimétrica das ligações O-H, formando entre si um ângulo aproximado de $104,5^\circ$. A atração eletrostática entre as cargas positivas parciais dos átomos de hidrogênio e a carga negativa parcial do átomo de oxigênio resulta na formação de uma ligação denominada “ponte de hidrogênio”. Tal ligação permite a união entre as moléculas de água e é responsável pela estrutura ordenada da água na fase líquida (GOMES; CLAVICO, 2005).

O arranjo da molécula de água pode sofrer alterações em razão da agitação das moléculas, que normalmente formam clusters (estruturas condensadas com cristais de sais em uma distribuição desuniforme), sendo que esses arranjos floculares se quebram rapidamente, formando configurações muito menores e mais dispersas, devido à natureza polar da molécula de água, que são forças eletrostáticas entre regiões de cargas elétricas oposta (TAIZ *et al.*, 2017).

Quando a água passa por um campo magnético, ela é chamada de água magnetizada. O nível de magnetização é controlado pelo método de magnetização utilizado e pela pureza da água utilizada. A estrutura da água fica alinhada em uma direção após a magnetização, havendo mudança de ângulo e tamanho das moléculas, alterando sua viscosidade e sua área de superfície, acarretando aumento na taxa de

hidratação de superfícies absorventes (ABDEL-MAGID *et al.*, 2017).

2.6 Funções da água magnetizada nas plantas

Uma vez a água magnetizada, é possível verificar uma correlação entre o tratamento magnético da água e a resposta hídrica das plantas, comportamento este muito importante para compreender a habilidade das plantas de perceber e responder rapidamente à variação do tratamento magnético pela alteração na expressão gênica e fenotípica. O uso de um eletromagnetizador associado a um sistema de irrigação pode promover um incremento na produção e redução do volume de água consumida pelas culturas, possibilitando que novas tecnologias possam ser implementadas para otimizar essa técnica (MAFFEI, 2014).

O princípio desta tecnologia é o efeito magnético nas moléculas de água quando elas passam através do campo magnético. Assim, as moléculas de água que circundam íons de sais são rompidas, e minerais são dispostos em porções menores na água, podendo, portanto, ser mais facilmente lixiviados no solo, além de outras propriedades que alteram a tensão superficial da água, tornando-as baixas, permitindo que se mova mais rapidamente no solo e na planta, o que leva a uma redução no ciclo da cultura (AL-TALIB; ALSINJARY, 2009).

Os efeitos da “Magnetically Treated Water” (MTW) – água magneticamente tratada – variam de acordo com o tipo de planta e o tipo de água de irrigação utilizada, todavia a irrigação de diferentes espécies de plantas, utilizando da água tratada magneticamente, proporciona um incremento nos fatores relacionados ao crescimento, atividade fotossintética e na eficiência de translocação dos fotoassimilados (MOUSSA, 2011).

Os efeitos biológicos dos tratamentos com Magnetic Fields (MF) ou Electromagnetic Fields (EMF) dependem da força e do período de exposição ao campo, estando intimamente relacionados com o conteúdo de íons, a qualidade, o volume da água, a velocidade do fluxo e a temperatura da água. O tratamento magnético melhora as condições das camadas radiculares pela lixiviação de sais solúveis, melhor permeabilidade da água irrigada e melhor dissociação de fertilizantes minerais (PANG; DENG, 2008).

A MTW melhora a absorção de nutrientes pela planta na solução do solo, mesmo sob condição salina, refletindo-se no aumento da biomassa em comparação com plantas

irrigadas com água não tratada magneticamente (ABOBATTA, 2015b). Em particular, a irrigação por subsuperfície, utilizando água magnetizada, revelou aumento significativo da porcentagem de germinação de sementes em comparação com a água não tratada. Além disso, a MTW mostrou resposta relevante entre a relação da produção de clorofila a e clorofila b, indicando desempenho da água tratada magneticamente na formação de cloroplastos da planta (MAHESHWARI; GREWAL, 2009).

Outras vantagens do uso da MTW na irrigação são a diminuição do uso de fertilizantes sintéticos, aceleração da maturação das culturas e aumento da capacidade de as plantas resistirem a doenças, pois os campos magnéticos aumentam a dinâmica de crescimento da planta e induzem produção da fenilalanina amônia-liase em suspensão na célula durante a diferenciação celular na planta e, conseqüente, reação enzimática para biossíntese de lignina e flavonoides, compostos fenólicos tóxicos aos patógenos. Assim, são produzidos rapidamente na resposta de defesa do vegetal ao ataque de microrganismos e se acumulam após a infecção, principalmente em variedades resistentes (ABOBATTA, 2019; ABOBATTA, 2015b; CAMPOS, A. *et al.*, 2004; DÔRES, 2007).

O efeito estimulador por irrigação com água magnetizada nos critérios de crescimento ocorre provavelmente pelo estímulo à reprodução celular via mitose (ABOBATTA, 2015b; QADOS; HOZAYN, 2010).

2.7 Tecnologias de magnetizadores utilizadas

Existem muitas maneiras de magnetizar a água, sendo utilizados diferentes valores de indução de campo magnético, obtidos por ímãs permanentes ou eletroímãs. O único objetivo de qualquer uma das configurações é produzir um campo magnético dentro do duto por onde a água passa (ALABI *et al.*, 2015; SKÓRKOWSKI, 2017).

O campo magnético pode ser gerado de forma estática ou pulsante, perpendicular ao fluxo da água ou gerado na direção do fluxo. Nos dispositivos magnéticos feitos com eletroímãs, a água é exposta ao campo magnético por influência contínua e ajustável com diferente força e direção alternada da indução magnética, podendo os eletroímãs ser localizados tanto dentro como fora da unidade. Entre o núcleo e a bobina, é formado um espaço anelar para a passagem da água que será tratada. O campo magnético cruza duas vezes o fluxo de água na direção perpendicular ao seu movimento (ALABI *et al.*, 2015; MOSIN; IGNATOV, 2014).

O impacto do campo magnético na água é amplo e diversificado (SKÓRKOWSKI, 2017). Existem muitos benefícios do MWT, incluindo prevenção da poluição, conservação da água, duração da vida útil do equipamento usado para movimentação de água, baixo consumo de energia (inexistente para ímãs permanentes), economia de tempo e dinheiro (BANEJAD; ABDOSALEHI, 2009). Segundo Hilal *et al.* (2013), quando a água passa através de um campo magnético, adquire uma memória magnética que será mantida de 24 a 48 horas, embora Radeideh (2014) afirme que o efeito da MWT se estenda de 48 a 72 horas.

2.8 Efeitos da água magnetizada nos aspectos físicos e químicos do solo

A maneira pela qual os campos magnéticos afetam as propriedades físicas e químicas da água está ligada aos efeitos específicos nos íons dissolvidos, às ligações de hidrogênio, ao agrupamento de moléculas de água, à viscosidade e à tensão superficial. Alterações nas propriedades da água causadas por campos magnéticos estão relacionadas principalmente a mudanças na estrutura molecular, polarização e ordenação de moléculas, além da alteração na carga dessas moléculas. A água tratada magneticamente pode ser usada em vários processos relacionados à engenharia ambiental. Os campos magnéticos influenciam a competitividade das ligações de hidrogênio intra e intermoleculares, o que resulta no enfraquecimento de grandes estruturas e na criação de pequenas estruturas com ligações de hidrogênio mais fortes nos clusters de água, ou seja, há um aumento do número de centros de cristalização e alteração do conteúdo de gás livre (HUO; ZHAO; ZHANG, 2011; PANG; DENG, 2008).

A desgaseificação da água, por sua vez, aumenta a permeabilidade do solo, o que resulta em um aumento considerável na eficiência da irrigação. Vários autores relataram que a exposição prévia da água de irrigação a campos magnéticos leva a um aumento na produtividade das plantas e a mudanças em seu metabolismo hídrico e mineral. A MTW promove aumento na viscosidade da água inversamente proporcional ao coeficiente de autodifusão, redução da tensão superficial e aumento da entalpia de evaporação na água. A medida experimental de viscosidade, entalpias e tensão superficial da água submetida a um campo magnético sugere que as ligações de hidrogênio intracluster foram quebradas (AMIRI; DADKHAH, 2006; BOGATIN *et al.*, 1999; FATHI *et al.*, 2006; GHAURI; ANSARI, 2006; SKÓRKOWSKI, 2017; SKÓRKOWSKI; OLEJNICZAK, 2017; SKÓRKOWSKI; ZIELEWICZ, 2018).

O uso da MTW contribui para a proteção da qualidade da água, do ambiente natural e da saúde humana, reduzindo a aplicabilidade de produtos químicos. A água magneticamente tratada ocasiona aumento na quantidade de CO₂ e H⁺ em solos alcalinos, de modo similar à adição de fertilizantes. Quanto ao solo, após a colheita das plantas, o uso de água de irrigação tratada magneticamente reduz o pH do solo, mas aumenta a CE do solo e o fósforo (P) disponível. Obviamente, há uma mudança nas características físico-químicas da água após o tratamento magnético, levando a uma melhoria na infiltração e dissolubilidade, conseqüentemente o pH do solo muda de ligeiramente alcalino para ligeiramente ácido, assim, a solubilidade dos micronutrientes aumenta nas proximidades das raízes, melhorando seu estado nutricional (BOGATIN *et al.*, 1999; SKÓRKOWSKI; ZIELEWICZ, 2018).

O tratamento magnético da água de irrigação melhora o desenvolvimento das mudas e modifica características na morfologia e composição química das raízes, estimulando a absorção e a assimilação de nutrientes nitrogenados (LIU *et al.*, 2019).

2.9 Efeitos da água magnetizada sobre fitonematoides

Os nematoides exibem uma migração tendenciosa na presença de um campo magnético, independentemente do sinal de avanço ou afastamento de sua migração, contudo, não se sabe ainda o motivo pelo qual se deslocam em grupo para direções inusitadas (BAINBRIDGE; CLITTES; CALDART, 2019; VIDAL-GADEA *et al.*, 2018).

Essa tecnologia permite que a água e os nutrientes se movam mais rapidamente no horizonte superior do solo e alcancem a zona da raiz em menos tempo, promovendo também a lixiviação de exsudatos radiculares pelo aumento da sua solubilidade, que, por sua vez, reforça a diminuição da mobilidade dos nematoides abaixo das raízes, além de aumentar a absorção de água através da parede celular da raiz, assim, acelerando a taxa de crescimento da planta (HOZAYN *et al.*, 2017; PUTTI *et al.*, 2015).

Segundo Radeideh (2014) em estudo com a cultura do feijão, ocorreu efeito positivo da MTW sobre o impedimento do desenvolvimento de galhas causadas por *Meloidogyne* spp. da ordem de 20% em solo sob condição salina. A mesma reação ocorreu na cultura do pimentão, refletindo-se também na produtividade e em algumas características que determinam a qualidade, como clorofila, peso de fruto, tempo de prateleira, número de lóculos, composição e massa radicular (KIEWNICK, 2010; RADEIDEH, 2014). Essas mudanças foram geradas pela polarização das moléculas de

água, tornando os minerais mais solúveis, proporcionando maior lixiviação, interferindo sutilmente na quimiotaxia, que orienta a migração dos nematoides, inundando o solo com cargas eletromagnéticas que diluem as cargas dos exsudatos radiculares, dificultando a localização pelos nematoides das concentrações de exsudatos radiculares das plantas hospedeiras. O que mantém esses nematoides longe da rizosfera, limitando ou controlando a quantidade de indivíduos que irão penetrar e, conseqüentemente, infectar a planta (THOMAS, 2018).

2.10 Referências

ABDEL-MAGID, M. I. T.; HAMDANB, M. R.; ABDELGADERC. B. A.; OMERD, A. E. M.; RIZG ALLAH, A. Effect of magnetized water on workability and compressive strength of concrete. Sudan: **Elsevier**, 2017. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817328060> Acesso em: set. 2018.

ABETE, I.; PEREZ-CORNAGO, A.; NAVAS-CARRETERO, S; BONDIA-PONS, I.; ZULET, M. A.; MARTINEZ, J. A. A regular lycopene enriched tomato sauce consumption influences antioxidant status of healthy young-subjects: A crossover study. **Journal of Functional Foods**, v. 5, p. 28-35, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.07.007> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464612001120> Acesso em: ago. 2019.

ABOBATTA, W. F. Influence of Magnetic Iron and K-Humate on Productivity of Valencia Orange Trees (*Citrus Sinensis* L.) under Salinity Conditions. **International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences**, 2(Proceedings), p.108-119, 2015a. ISSN: 2345-6795. Disponível em: <https://portal.arid.my/Publications/aea6fd20-63b2-4a.pdf> Acesso em: ago. 2019.

ABOBATTA, W. F. **Growth and Fruiting of Valencia orange trees**. LAP Lampert Academic Publishing, 196p., 21 ago. 2015b. Disponível em: <https://www.lap-publishing.com/catalog/details/store/gb/book/978-3-659-76519-3/growth-and-fruiting-of-valencia-orange-trees?search=ABOBATTA> Acesso em: ago. 2019.

ABOBATTA, W. F. Overview of Role of Magnetizing Treated Water in Agricultural Sector Development. **Horticulture Research Institute**, n,2, p.1-7, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332061795_Overview_of_Role_of_Magnetizing_Treated_Water_in_Agricultural_Sector_Development Acesso em: jul. 2020.

ALABI, A.; CHIESA, M.; GARLISI, C.; PALMISANO, G. Advances in Anti-scale Magnetic Water Treatment. **Environmental Science: Water Research & Technology**., n.1, p.408-425, 2015. DOI <https://doi.org/10.1039/C5EW00052A> Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/ew/c5ew00052a> Acesso em: ago. 2019.

ALEMAN, E. I.; NBOGHOLI, A.; BOIX, Y. F.; GONZALEZ-OLMEDO, J.; CHALFUN-JUNIOR, A. Effects of EMFs on some biological parameters in coffee plants (*Coffea Arabica* L.) obtained by in vitro propagation. **Polish Journal of Environmental Studies**, n.23, p.95-101, 2014. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-EMFs-on-some-biological-parameters-in-by-Alem%C3%A1n-Mbogholi/5146f3cb4324fc95486fed8060a7f8d2e87cd828> Acesso em: jul. 2020.

AL-TALIB, A. A.; AL-SINJARY, Z. A. **Effect of Magnetizing Water on Uniformity of Sprinkle Irrigation**, University of Mosul_College of Engineering_Water Resources Department, Al-Rafidain Engineering, v.17, n.1, fev. 2009. ISSN Online: 2220-1270. Disponível em: https://rengj.mosuljournals.com/article_38687.html Acesso em: ago. 2019.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. 2.ed. Lavras: UFLA, 455p.: il, 2013.

AMIRI, M. C.; DADKHAH, A. A. On reduction in the surface tension of water due to magnetic treatment. *Colloids Surf. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v.278, p.252-255, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2005.12.046> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927775705010150?via%3Dihub> Acesso em: jul. 2020.

AZABOU, S.; ABID, Y.; SEBII, H.; FELFOUL, I.; GARGOURI, A.; ATTIA, H. Potential of the solid-state fermentation of tomato by products by *Fusarium solani* pisi for enzymatic extraction of lycopene. **Food Science and Technology**, v.68, p.280-287, 2016. ISSN: 0023-6438 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.064> Disponível em: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-33c06057-502b-31b2-9051-c24f493b0456> Acesso em: ago. 2019.

BAINBRIDGE, C.; CLITES, B. L.; CALDART, C. S. Factors that influence magnetic orientation in *Caenorhabditis elegans*. **Journal of Comparative Physiology A**, n.206, 343-352, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00359-019-01364-y> Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00359-019-01364-y> Acesso em: ago. 2019.

BANEJAD, H.; ABDOSALEHI, E. The effect of magnetic field on water hardness reducing. **Thirteenth International Water Technology Conference**, Egypt, 2009. Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/read/52857800/the-effect-of-magnetic-field-on-water-hardness-reducing-abstract-1-introduction> Acesso em: ago. 2019.

BARBOSA, D. H. S. G.; JUNGHANS, D. T.; REINHARDT, D. H. R. C.; SANTOS, A. C. dos. Reaction of Pineapple Genotypes to the Nematode *Pratylenchus brachyurus*. **Newsletter, Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science: News from Brazil**. n.21, p.15-18, 2014. Disponível em: <http://www.ishs-horticulture.org/workinggroups/pineapple/PineNews21.pdf> Acesso em: ago. 2019.

BARROS, F. C.; SAGATA, E.; FERREIRA, L. C. C.; JULIATTI, F. C. Indução de resistência em plantas contra fitopatógenos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 26,

n. 2, p. 231-239, 2010. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7071> Acesso em: ago. 2019.

BATISTELLA, G. **Desempenho agronômico e análise econômica do tomateiro sobre porta-enxertos, em dois sistemas de produção sob cultivo protegido**. 2017. 146p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/23674/1/2017_GilmarBatistella.pdf Acesso em: ago. 2019.

BOGATIN, J.; BONDARENKO, N.; GAK, E. Z.; ROKHINSON, E. E.; ANANYEV, I. P. Magnetic Treatment of Irrigation Water: Experimental Results and Application Conditions, **Environmental Science & Technology**, v.33, n.8, p.1280-1285, 1999. Disponível em: <http://www.physics.purdue.edu/~leonid/preprints/ESTpreprint.pdf> Acesso em: ago. 2019.

CAMPOS, A. D. Considerações sobre indução de resistência a patógenos em plantas. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 28p., jul. 2009. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 264). ISSN 1516-8840. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPACT-2010/12910/1/documento-264.pdf> Acesso em: ago. 2019.

CAMPOS, A. D.; GUI FERREIRA, A.; HAMPE, M. M. V.; ANTUNES, I. F.; BRANÇÃO, N.; SILVEIRA, E. P. da; OSÓRIO, V. A.; AUGUSTIN, E. Atividade da peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão a antracnose. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.7, p.637-643, jul. 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000700004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/YZDCPZzC7mZCbmcHQPXKwb/?lang=pt> Acesso em: ago. 2019.

CAMPOS, F. Estudo mostra crescimento na adoção de produtos biológicos. Pelotas: **Revista Cultivar**, 2019. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/estudo-mostra-crescimento-na-adocao-de-produtos-biologicos>. Acesso em: jan. 2021.

CARES, J. E.; LOPES, C. M. L. Nematologia no contexto internacional e brasileiro: ameaças à sustentabilidade da agricultura e à segurança alimentar, p.22-27. In: ARAÚJO FILHO, J. V.; GOMES, C. B.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; BELLÉ, C.; MOCCELLIN, R. (ed.). Nematologia: problemas emergentes e estratégias de manejo. **Anais do 35º Congresso Brasileiro de Nematologia**. Bento Gonçalves, RS, 239p.:il. color., 24-29 jul. 2018. Embrapa, DF. ISBN 978-85-7035-813-4. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1103917/1/Anaisdo35CBN.pdf> Acesso em: ago. 2019.

CARNEIRO, F. A. **Espécies de *Meloidogyne* Goeldi em cafeeiro no município de Araguari-MG**. 2014. 50p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Entomologia Agrícola) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, SP, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/111051> Acesso em: ago. 2019.

CLEMENTE, F. M. V. T. **Produção de hortaliças para agricultura familiar**. Brasília: 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/>

1020866/producao-de-hortalicas-para-agricultura-familiar Acesso em: ago. 2019.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento. (Brasil). **Boletim Hortigranjeiro**: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. v.5, n.3, mar. 2019. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/25110_a0212b8b92fff80ece5b5ac5cda328859 Acesso em: ago. 2019.

CUBA, R. da S. **Cultivo hidropônico de alface com água de reuso**. 2015. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, SP, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/35> Acesso em: ago. 2019.

DEL GIUDICE, R.; RAIOLA, A.; TENORE, G. C.; FRUSCIANTE, L.; BARONE, A.; MONTI, D. M.; RIGANO, M. M. Antioxidant bioactive compounds in tomato fruits at different ripening stages and their effects on normal and cancer cells. **Journal of Functional Foods**, v.18, p.83-94, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280113149_Antioxidant_bioactive_compounds_in_tomato_fruits_at_different_ripening_stages_and_their_effects_on_normal_and_cancer_cells. Acesso em: ago. 2019.

DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; MARQUES, P. R. R.; ARANTES, A. de M.; SANTOS, M. R. dos; OLIVEIRA, P. M. de. **Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira**. In: XX REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO INTEGRAL DAS MUSÁCEAS (BANANAS E PLÁTANOS), Fortaleza, CE, 15p., 9-16 set. 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90168/1/ECOFISIOLOGIA-E-EFICIENCIA-DE-USO>. Acesso em: ago. 2019.

DÔRES, R. G. R. das. **Análise morfológica e fitoquímica da fava d'anta** (*Dimorphandra mollis* Benth.). 2007. 374f. Tese (Doutorado em Plantas daninhas, Alelopatia, Herbicidas e Resíduos; Fisiologia de culturas; Manejo pós-colheita de) - Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, 2007. Disponível em: URI: <http://locus.ufv.br/handle/123456789/1195>. Acesso em: ago. 2019.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Colheitas (Crops)**, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 28 fev. 2019.

FATHI, A.; MOHAMED, T.; CLAUDE, G.; MAURIN, G.; MOHANMED, B. A. Effect of a magnetic water treatment on homogeneous and heterogeneous precipitation of calcium carbonate. **Water Research**. v.40, n. 10. P.1941-1050, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.03.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135406001679?via%3Dihub> <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16650455/>. Acesso em jul. 2020.

FERNANDES, R. H.; VIEIRA, B. S.; FUGA, C. A. G.; LOPES, E. A. *Pochonia chlamydosporia* e *Bacillus subtilis* no controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em mudas de tomateiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v.30, n.1, p.194-200, jan.-fev. 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18025>. Acesso em: ago. 2019.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. (org.) **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Sociedade Brasileira de Nematologia, Manaus: Norma Editora, 251p. Il., 2016. ISBN: 978-85-99031-26-1 Disponível em: http://www.nematologia.com.br/files/livros/1_ Acesso em: ago. 2019.

FU, Z. Q.; DONG, X. Systemic acquired resistance: Turning local infection into global defense. Palo Alto: **Annual Review of Plant Biology**, v.64, n.7, p.839-863, 2013. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105606> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23373699/>. Acesso em: ago. 2019.

GERCHON, E. **Nematicidas no Brasil** - um mercado com potencial para grandes negócios. The Kline Group, 2013. Disponível em: <http://factordesolucao.com.br/pdf/ArtigoNematicidasnoBrasil>. Acesso em: set. 2018.

GHAURI, S. A.; ANSARI, M. S. Increase of water viscosity under the influence of magnetic field. **Journal of Applied Physics**, v.100, n.6, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1063/1.2347702>. Acesso em jul. 2020.

GOMES, A. S.; CLAVICO, E. **Propriedades físico-químicas da água**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, Departamento de Biologia Marinha, 2005. Disponível em: <http://ole.uff.br/wp-content/uploads/sites/290/2017/11/PropriedadesH2O>. Acesso em: ago. 2019.

HEINE, A. J. M.; MORAES, M. O. B.; PORTO, J. S.; SOUZA, J. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; SANTOS, B. S. R. Número de haste e espaçamento na produção e qualidade do tomate. São Cristóvão: **Scientia plena**, v.11, n.9, set. 2015. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2015.090202>. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/090202> Acesso em: ago. 2019.

HILAL, M. H.; EL-FAKHRANI, Y. M.; MABROUK, S. S.; MOHAMED, A. I.; EBEAD, B. M. Efeito da água de irrigação tratada magneticamente na remoção de sal de um solo arenoso e na disponibilidade de certos nutrientes. **Revista Internacional de Engenharia e Ciências Aplicadas**, v.2, n.2, p.36-44, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237042934_Effect_of_Magnetic_Treated_Irrigation_Water_on_Salt_Removal_from_a_Sandy_Soil_and_on_the_Availability_of_certain_Nutrients. Acesso em: ago. 2019.

HOZAYN, M.; KORAYEM, A.; MOHAMED, M.; MONEM, M.; MONEM, A. A. E. Effect of magnetic water on growth, yield and quality of groundnut infected with root-knot nematode (*Meloidogyne arenaria*) in sandy soil. **Egyptian Journal of Agronematology**, article 5, v.16, n.2, p.115-126, Summer and Autumn 2017. DOI: <https://doi.org/10.21608/EJAJ.2017.56205>. Disponível em: https://ejaj.journals.ekb.eg/article_56205.html Acesso em: ago. 2019.

HUO, Z.-F.; ZHAO, Q.; ZHANG, Y.-H. Experimental study on effects of magnetization on surface tension of water. **Procedia Engineering**, n.26, p.501-505, 2011. Disponível em: <https://cyberleninka.org/article/n/408519>. Acesso em: ago. 2019.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Estatística da Produção Agrícola, 95p., jan. 2019. Disponível em:

https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2019_jan.pdf Acesso em: jan. 2021.

JONES, J. T.; HAEGEMAN, A.; DANCHIN, E. G. J.; GAUR, H. S.; HELDER, J.; JONES, M. G. K.; KIKUCHI, T.; MANZANILLA-LÓPEZ, R.; PALOMARES-RIUS, J. E.; WESEMAEL, W. M. L.; PERRY, R. N. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v.14, n.9, p.946-961, 2013. doi: <https://doi.org/10.1111/mpp.12057>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6638764/> Acesso em: ago. 2019.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S.; ONODA, S. M. **Sweet Grape**: um modelo de inovação na gestão da cadeia de produção e distribuição de hortaliças diferenciadas no Brasil, 19p., 2011. INTEGRADO – Sistema integrado de produção e comercialização de FLV. Disponível em: https://www.organicnet.com.br/site/wp-content/uploads/sweet_grape. Acesso em: ago. 2019.

KAHRIZI, D.; CHEGHAMIRZA, K.; AKBARI, L.; ROSTAMI-AHMADVANDI, H. Effects of magnetic field on cell dedifferentiation and callus induction derived from embryo culture in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. **Molecular Biology Reports**, v.40, n.2, p.1651-1654, fev. 2013. doi: <https://doi.org/10.1007/s11033-012-2214-7>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23090480/> Acesso em: ago. 2019.

KHALIL, M. H.; SHEBL, M. K.; KOSBA, M. A.; EL-SABROUT, K.; ZAKI, N. Estimate the contribution of incubation parameters influence egg hatchability using multiple linear regression analysis. **Vet. World**, v.9, n.8, p.806-810, Aug. 2016. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.806-810>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27651666/> Acesso em: ago. 2019.

KIEWNICK, S. Greenhouse experiment to evaluate the potential of the Aqua-4D system for CONTROL of the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* on tomato. Research Station ACW. **Zoology/Nematology Schloss**, 2010. Project No. 11715.1, P.O. Box 8820. Disponível em: <https://www.aqua4d.com/news/a-sustainable-long-lasting-nematode-solution/>. Acesso em: ago. 2019.

KOWALTSCHUK, I.; GIARETTA, R. D.; FARIA, C. M. D. R.; NEVES, W. S.; CAVALLIN, I. C.; & LEITE, C.D. Avaliação de produtos medicinais à base de plantas anti-helmínticas no controle do nematoide das galhas. Prudente de Morais: **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, v.5, n.1, p. 17-21, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.0000/rtcab.v5i1.371>. Disponível em: <http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/ccaatropica/article/view/371/308> Acesso em: ago. 2019.

KUMAR, R.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M. T.; COLLA, G. Vegetable Grafting as a Tool to Improve Drought Resistance and Water Use Efficiency. **Front. Plant Sci.**, v. 8, p.1130, 30 jun. 2017. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2017.01130>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01130/full> Acesso em: set. 2018.

KYNDT, T.; VIEIRA, P.; GHEYSEN, G.; ALMEIDA-ENGLER, J. de. Nematode feeding sites: unique organs in plant roots. **Planta**, v.238, n.5, p.807-818, nov. 2013. doi:

<https://doi.org/10.1007/s00425-013-1923-z> Epub 2013 Jul 4. PMID: 23824525. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23824525/>. Acesso em: ago. 2019.

LAMAS, F. M.; BOLDT, A. S.; SILVA, J. F. V.; ASMUS, G. L.; GALBIERI, R. Influência no sistema de produção soja-algodoeiro na população de fitonematoides, p.91-124. In: GALBIERI, R.; BELOT, J. L. (ed.). Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle. **Boletim de P&D**, n.3, Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt), Cuiabá (MT), 344p.: il., maio 2016. ISBN: 978-85-66457-10-0. Disponível em: <http://sites.unoeste.br/gea/wp-content/uploads/2018/10/Nematoides-ftoparasitas-do-algodoeiro-nos-cerrados-brasileiros-Biologia-e-medidas-de-controle>. Acesso em: ago. 2019.

LIU, X.; ZHU, H.; WANG, L.; BI, S.; ZHANG, Z.; MENG, S.; ZHANG, Y.; WANG, H.; SONG, C.; MA, F. The effects of magnetic treatment on nitrogen absorption and distribution in seedlings of *Populus × euramericana* ‘Neva’ under NaCl stress. **Sci Rep**, v.9, p.10025, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45719-6>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-45719-6#citeas> Acesso em: ago. 2019.

MACIEL, G. M.; BERENQUER, A. F.; SILVA, E. C.; FRAGA JUNIOR, E. F.; ROCHA, D. K.; ROCHA, J. P. R. Déficit hídrico induzido por manitol para seleção de genótipos de tomateiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n.4, p.315-321, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/2482/1468>. Acesso em: ago. 2019.

MAFFEI, M. E. Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. **Frontiers in Plant Science**, v.5, n.4, p.1-15, set. 2014. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00445> Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2014.00445/full>. Acesso em: ago. 2019.

MAHESHWARI, B.; GREWAL, H. S. Magnetic treatment of irrigation water: its effects on vegetable crop yield and water productivity. **Agricultural Water Management**, v.96, .8, p.1229-1236, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.016> Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/46488616_Magnetic_treatment_of_irrigation_water_Its_effects_on_vegetable_crop_yield_and_water_productivity. Acesso em jul. 2020.

MONFORT, W. S.; KIRKPATRICK, T. L.; MAUROMOUSTAKOS, A. Spread of *Rotylenchulus reniformis* in an Arkansas cotton field over a four-year period. **The Journal of Nematology**, Society of Nematologists, v.40., n.3, p.161-166, 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2664671/>. Acesso em: ago. 2019.

MOSIN, O. V.; IGNATOV, I. I. Basic Concepts of Magnetic Water Treatment. **European Journal of Molecular Biotechnology**, v.4, n.2, p.72-85, 2014. DOI:10.13187/ejmb.2014.4.72 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269804196_Basic_Concepts_of_Magnetic_Water_Treatment. Acesso em: ago. 2019.

MOTA, F. C.; ALVES, G. C. S.; GIBAND, M.; GOMES, A. C. M. M.; SOUSA, F. R.; MATTOS, V. S.; BARBOSA, V. H. S.; BARROSO, P. A. V.; NICOLE, M.; PEIXOTO, J. R.; ROCHA, M. R.; CARNEIRO, R. M. D. G. New sources of resistance to *Meloidogyne incognita* race 3 in wild cotton accessions and histological characterization of the defense mechanisms. **Plant Pathology**, London, v.62, n.6, p.1.173-1.183, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/157858/1/Mota-et-al-2013-Plant-Pathology1>. Acesso em: ago. 2019.

MOUSSA, H. R. The impact of magnetic water application for improving common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production. **New York Science Journal**, v.4, n.6, p.15-20, 2011. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Impact-of-Magnetic-Water-Application-for-Common-Moussa/c69a260d05559be4f26fc14b7bd02e6078841607#citing-papers>. Acesso em: ago. 2019.

NASCIMENTO, A. dos R.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P. M.; RODRIGUES, J. P. M.; CARVALHO, W. T. de. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico com turno de rega o e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n.4, p.628-635, dez. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000400020> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/F74RvjfVxcFtHq9RDHRPQwP/?lang=pt>. Acesso em: ago. 2019.

NEERAJ, N.; GOEL, S. R.; KUMAR, A.; SINGH, G.; MADAN, V. K. Effect of plant extracts on hatching and mortality of root-knot nematode, *Meloidogyne Incognita* larvae (*in vitro*). **Biosciences Biotechnology Research Asia, Bhopal**, v.14, n.1, p.467-471, 2017. Disponível em: <http://www.biotech-asia.org/?p=21524>. Acesso em: ago. 2019.

NIRANJANA, R.; GAYATHRI, R.; MOL, S. N.; SUGAWARA, T.; HIRATA, T.; MIYASHITA, K.; GANESAN, P. Carotenoids modulate the hallmarks of cancer cells. **Journal of Functional Foods**, v.18, parte B, p.968-985, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.10.017>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464614003235> Acesso em: ago. 2019.

PANG, X.-F.; DENG, B. Investigation of changes in properties of water under the action of a magnetic field. **Science in China Series G: Physics, Mechanics & Astronomy**, v.51, n.11, p.1621-1632, 2008. Disponível em: <http://www.zgkjcx.com/Article/UploadFiles/200907/20090713165549166.pdf> Acesso em: jul. 2020.

PINHEIRO, J. B. Nematoides em hortaliças. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF. 194p.:Il. Color., 2017. ISBN 978-85-7035-685-7. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00085470.pdf> Acesso em: ago. 2019.

PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, R. B. Nematoides, cap. 11, p.243-22. *In*: CLEMENTE, D. M. V.; BOITEUX, L. S. (ed.). **Produção de Tomate para Processamento Industrial**, Brasília, Embrapa Hortaliças, 344p., il., color, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/941866/1/PRODUCAO-DE-TOMATE-PARA-PROCESSAMENTO-INDUSTRIAL.pdf> Acesso em: ago. 2019.

PINHEIRO, J. B.; BOITEUX, L. S.; ALMEIDA, M. R. A.; PEREIRA, R. B.; GALHARDO, L. C. S.; CARNEIRO, R. M. D. G. First Report of *Meloidogyne* 49 *enterolobii* in *Capsicum* Rootstocks Carrying The Me1 and Me3/Me7 Genes in Central

Brazil. **Nematropica**, **Bradenton**, v.45, n.2, p.184-188, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/133700/1/Artigo-87145-109827-1-PB-Jadir>. Acesso em: ago. 2019.

PINHEIRO, J. B.; RODRIGUES, C. da S.; CARVALHO, A. D. F. de; PEREIRA, R. B. **Nematoides na cultura da batata-doce**. Circular Técnica, Embrapa Hortaliças, Brasília, n.105, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/72268/1/ct-1051.pdf> Acesso em: ago. 2019.

PINHEIRO, J. P.; PEREIRA, R. B.; CARVALHO, A. D. F. de; RODRIGUES, C. da S.; SUINAGA, F. A. Manejo de nematoides na cultura da alface. Circular Técnica, **Embrapa Hortaliças**, Brasília, n.124, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84826/1/ct-124>. Acesso em: ago. 2019.

PUTTI, F. F.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; KLAR, A. E.; SILVA JUNIOR, J. F. da; PIRES CREMASCO, C. P.; LUDWIG, R. Response of lettuce crop to magnetically treated irrigation water and different irrigation depths. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.22, p.2300-2308, 2015. DOI:10.5897/AJAR2015.9616 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283869128_Response_of_lettucecrop_to_magnetically_treated_irrigation_water_and_different_irrigation_depths. Acesso em: ago. 2019.

QADOS, A. M. S. A.; HOZAYN, M. ordem trocada Magnetic water technology, a novel tool to increase growth, yield, and chemical constituents of lentil (*Lens esculenta*) under greenhouse condition. **American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Sciences**, v.7, n.4, p.457-462, 2010. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103179477>. Acesso em: ago. 2019.

RADEIDEH, D. M. D. **Effect of using magnetized treated water in irrigation of bell pepper and beans in AL-Jiftlik area/West Bank-Palestine**. 2014. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Al-Quds University, Jerusalem, 2014. Disponível em: <https://dspace.alquds.edu/server/api/core/bitstreams/41d7cacb-fd30-41e6-a833-0d21073bf20e/content>. Acesso em: ago. 2019.

RITZINGER, C. H. S. P.; LEI, P. L.; PLOEG, A. T.; McSORLEY, R.; LEY, I. T. Impacto do farelo de mamona sobre nematoides das galhas e de vida livre. **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal** - SP, v. 71, n. 4, p. 274-280, fev. 2014. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264934721_Impact_of_castor_meal_on_root-knot_and_free-living_nematodes. Acesso em: ago. 2019.

SÃO JOSÉ, J. F. B de. **Caracterização físico-química e microbiológica de tomate cereja (*Lycopersicum esculentum* var. cerasiforme) minimamente processado submetido a diferentes tratamentos de sanitização**. 2013. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/475> Acesso em: ago. 2019.

SAUCET, S. B.; GHELDER, C. V.; ABAD, P.; DUCAL, H.; ESMENJAUD, D. Resistance to root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. in woody plants. **New Phytologist**,

v.211, n.1, p.41-56, 2016. <https://doi.org/10.1111/nph.13933> Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nph.13933>. Acesso em: ago. 2019.

SILVA-JUNIOR, G. J.; BEHLAU, F. Controle químico. *In*: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. Manual de fitopatologia: princípios e conceitos, 573p., 5.ed. São Paulo: **Agronômica Ceres**, v.1, cap.16, p.239-260, 2018.

SILVA, J. C. P. da; TERRA, W. C.; BARROS, A. F.; CAMPOS, V. P. **Compostos orgânicos voláteis no controle de fitonematoides**, 1.ed. Lavras: UFLA, 109p., 2019.

SILVA, P. A. M.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA, L. A.; TAVEIRA, J. H. da S. Função de resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada. **Ciência Agrotec.**, v.32, n.4, p.1266-1271, ago. 2008. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000400035> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/9BBX8xWYF8KbNHZ3CYmx5bN/?lang=pt>. Acesso em: ago. 2019.

SINGH, P.; KIM, Y. J.; SINGH, H.; WANG, C.; HWANG, K. H.; MOHAMED EL-AGAMY FARH, M. El-A.; YANG, D. C. Biosynthesis, characterization, and antimicrobial applications of silver nanoparticles. **International Journal of Nanotechnology and Nanomedicine**, n.10, p.2567-2577, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2147/IJN.S72313>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4386786/> Acesso em: ago. 2019.

SKÓRKOWSKI, Ł. Phytotoxicity assessment of water subjected to magnetic treated water. **Ecological Engineering & Environmental technology**, v.18, n.18, p.142-148, 2017. DOI: <https://doi.org/10.12912/23920629/68340> Disponível em: <http://www.ecoet.com/pdf-68340-8064?filename=PHYTOTOXICOLOGICAL>. Acesso em: jul. 2020.

SKÓRKOWSKI, Ł.; OLEJNICZAK, G. Wykorzystanie testu Lemna gibba w ocenie wody kondycjonowanej magnetycznie. **Technologia wody**, n.4, p.22-27, 2017. ISSN 2080-1467. Disponível em: <https://technologie-wody.eu/tw/article/download/714/702>. Acesso em ago. 2019.

SKÓRKOWSKI, Ł.; ZIELEWICZ, E. The influence of energy input on the particle size of disintegrated excess sludge in the ultrasonic disintegration process. **Water Science and Technology**, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2018.236> Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325356565_The_influence_of_energy_input_on_the_particle_size_of_disintegrated_excess_sludge_in_the_ultrasonic_disintegration_process. Acesso em: jul. 2020.

SOARES, P. L. M.; NASCIMENTO, D. D.; VIDAL, R. L.; VIZENTINI, L. R. Controle biológico de nematoides. *In*: BALDIN, E. L. L.; KRONKA, A. Z.; SILVA, I. F. **Inovações em manejo fitossanitário**, 1.ed. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais (FEPAF), p.167-232, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Edson_Baldin/publication/321098844_Inovacoes_em_manejo_fitossanitario/links/5a0d78cf0f7e9b9e33aa0b78/Inovacoes-em-manejo-fitossanitario. Acesso em: ago. 2019.

SOUZA, W. J.; DUARTE, S. N. **Água Residuária**: Tratamentos e aplicações em áreas agrícolas, 197p. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), 2014.

STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Controle de doenças de plantas por extratos de origem vegetal. *In*: LUZ, W. C. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Brasília, v.16, p.265-304, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**, 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888p., 2017. ISBN 978-85-8271-367-9.

THOMAS, C. A sustainable, long-lasting nematode solution. **AQUA-4D**. 2018. Disponível em: <https://medium.com/@aqua4d/a-sustainable-long-lasting-nematode-solution-279e33fc43e9>. Acesso em: set. 2018.

VAN, P. T.; SILVA, J. A. T. da; HAM, L. H.; TANAKA, M. Effects of permanent magnetic fields on *in vitro* growth of *Cymbidium* and *Spathiphyllum* shoots. **In vitro cell. Dev. Biol.** – Plant, v.48, n.2, p.225-232, 2012. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/41496513?seq=1> Acesso em: jul. 2020.

VENTUROSO, L. R.; BACCHI, L. M. A.; GAVASSONI, W. L.; CONUS, L. A.; PONTIM, B. C. A.; BERGAMIN, A. C. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. Botucatu: **Summa Phytopathologica**, v.37, n.1, p.18- 23, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052011000100003> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/467B75SNCjJvbXtHGGXP6xH/abstract/?lang=pt>. Acesso em: ago. 2019.

VIDAL-GADEA, A.; BAINBRIDGE, C.; CLITES, B. L.; PALACIOS, B. E.; BAKHTIARI, L.; GORDON, V.; PIERCE-SHIMOMURA, J. Resposta ao comentário "Neurônios magnetosensíveis mediam a orientação geomagnética em *Caenorhabditis elegans*". **Elife**, n.7, p.e31414, 2018. Doi: <https://doi.org/10.7554/eLife.31414> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29651982/>. Acesso em: ago. 2019.

VOET, D.; VOET, J. G.; PRATT, C. W. **Fundamentos de bioquímica** – A vida em nível molecular, 4.ed. Artmed, 1200p., 2014. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=lia6AwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: ago. 2019.

WRIGHT, D. L.; RICH, J. R. Alternating cotton row patterns to reduce damage from reniform nematodes. Gainesville: **Nematropica**, v. 32, n.2, p.229-232, 2002. Disponível em: <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/69656/67316>. Acesso em: ago. 2019.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33

3 CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a revista Ciência Agronômica)

Respostas fisiológicas do tomateiro infectado por nematoide de galhas submetido ao tratamento eletromagnético da água

Physiological responses of tomato crop infected by root-knot nematode subjected to electromagnetic water treatment

Resumo: *Meloidogyne javanica* constitui-se num dos principais patógenos na cultura do tomateiro, causando alterações fisiológicas que variam em função do nível de infecção na planta. A tecnologia eletromagnética aplicada na irrigação pode ser uma alternativa viável para o manejo de fitonematoides pela desorientação dos nematoides, além de aumentar a absorção de água e nutrientes. Este trabalho objetivou avaliar o efeito do tratamento magnético da água de irrigação no controle de *M. javanica*, no desenvolvimento e na condição de estresse hídrico em tomateiro cereja. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2x2: plantas com e sem inoculação; irrigação com água tratada e não tratada; e lâminas com 50% e 100% da evapotranspiração, com sete repetições. Foram avaliadas as variáveis relacionadas à clorofila com o uso do SPAD-502® (Minolta), aos 40 DAI e a trocas gasosas aos 0, 15 e 40 DAI, utilizando o analisador de gás por infravermelho (IRGA). Os dados foram submetidos à Análise de Variância, os fatores qualitativos tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância e os quantitativos, à Análise de Regressão. A irrigação com água eletromagnetizada possibilitou maior tolerância do tomateiro à infecção por *M. javanica*, exibindo maior desenvolvimento vegetativo e melhora nas trocas gasosas. Portanto,

34 esta tecnologia tem potencial de ser utilizada no manejo de *M. javanica* na cultura do tomateiro.

35

36 **Palavras-chave:** *Meloidogyne javanica*. *Solanum lycopersicum*. Clorofila. Controle
37 alternativo. Trocas gasosas.

38

39 **Abstract:** *Meloidogyne javanica* is one of the main pathogens in tomato crops, causing
40 physiological changes, which vary depending on the plant infection level. Electromagnetic
41 technology applied in irrigation can be a viable alternative for the phytonematode management
42 due to the nematode disorientation, in addition to increase the water and nutrients absorption.
43 This paper aimed to evaluate the effect of magnetic treatment of irrigation water on the control
44 of *M. javanica* on cherry tomato, on its development, and on the condition of water stress. A
45 randomized block design in a 2x2x2 factorial scheme was used, consisting of plants with and
46 without inoculation irrigated with treated and untreated water and blades with 50% and 100%
47 evapotranspiration and seven replicates. Variables related to chlorophyll were evaluated using
48 the SPAD-502® (Minolta) at fortieth DAI, and gas exchange at zero, fifteenth, and fortieth
49 DAI, using the infrared gas analyzer (IRGA). Data were subjected to Analysis of Variance;
50 qualitative factors had their means compared by Tukey test at 5% significance and quantitative
51 factors were subjected to Regression Analysis. Irrigation with electromagnetized water allowed
52 a greater tolerance of tomato to *M. javanica* infection, showing greater vegetative development
53 and improved gas exchange. Therefore, this technology has the potential to be used in the
54 management of *M. javanica* in the tomato crop.

55

56 **Keywords:** *Meloidogyne javanica*. *Solanum lycopersicum*. Alternative control. Chlorophyll.
57 Gas exchange.

58

59

3.1 INTRODUÇÃO

60

61 O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das principais hortaliças cultivadas e
62 consumidas no mundo (ROTHAN *et al.* 2019) e amplamente utilizado pela sua versatilidade
63 culinária e valor nutricional, apresentando diversos compostos benéficos ao organismo humano

64 (BARANKEVICZ *et al.*, 2015). O tipo cereja (*S. lycopersicum* var. *cerasiforme*) se destaca,
65 principalmente no mercado gourmet, por sua maior doçura, brix de 9° a 13°. É uma variedade
66 rústica do tomate, considerada pela maioria dos pesquisadores precursora de formas adaptadas
67 (RANC *et al.*, 2008) cultivadas em áreas com diferentes condições climáticas (CARRILLO-
68 RODRÍGUEZ. J. C. *et al.*, 2012).

69 Entre os problemas fitossanitários que prejudicam o tomateiro, destaca-se o ataque
70 causado por nematoides do gênero *Meloidogyne* (SOUSA *et al.*, 2010), sendo as espécies *M.*
71 *javanica* e *M. incognita* as mais disseminadas no Brasil (PINHEIRO, 2017). Os nematoides
72 fitoparasitas geram prejuízos tanto no rendimento da produção quanto nos aspectos
73 relacionados à qualidade dos frutos, causando perdas médias de 15% a 20%, podendo atingir
74 até 100% devido aos altos níveis de infestação já no início do plantio. Como consequência do
75 parasitismo dos nematoide de galhas, que reduzem a absorção de água e nutrientes do solo, as
76 plantas apresentam porte reduzido, menor número de folhas, amarelecimento e intensa murcha
77 nas horas mais quentes do dia (CORTADA *et al.*, 2010; OLIVEIRA, C.; ROSA, 2014).

78 O controle de fitonematoides apresenta mais sucesso quando utilizado o manejo
79 integrado, composto pela associação dos controles químico, genético, cultural, físico e
80 biológico. Na maioria das culturas, a prática é dispendiosa por ser um patógeno de solo; assim,
81 uma vez a área infestada, dificilmente se consegue sua erradicação. No controle químico, são
82 utilizadas aplicações constantes de nematicidas, resultando em alto custo, tanto econômico,
83 quanto ambiental (BERGAMIM FILHO; AMORIM, 2018; FERRAZ; BROWN, 2016; LIMA
84 *et al.*, 2019; SILVA, J. C.; FIGUEIREDO, 2018). Portanto, novas estratégias de controle que
85 proporcionem aumento de rendimento, menor custo e proteção ambiental são expectativas
86 desejáveis para os produtores (RUDNICK, 2020).

87 A irrigação com água eletromagnetizada no controle de fitonematoides é um aspecto
88 inovador do uso de campos magnéticos; além dessa vertente, a tecnologia apresentou resultados

89 positivos no crescimento, desenvolvimento, conteúdo mineral de sementes ou frutos e
90 produtividade de plantas cultivadas (LIU *et al.*, 2019). Vale ressaltar que o uso de dispositivos
91 magnéticos no tratamento de água para irrigação aumenta a eficiência do uso da água e tem
92 efeito positivo na mobilidade e absorção de micronutrientes pela planta (ABOBATTA, 2019;
93 DONATO *et al.*, 2013).

94 Na literatura científica, poucos são os trabalhos que relacionam a tecnologia
95 eletromagnética ao controle de fitonematoides, o que motivou a realização deste estudo. A
96 procura e a seleção de métodos mais sustentáveis e eficazes no controle de nematoides devem
97 ser priorizadas em pesquisas científicas, em decorrência dos prejuízos que esse patógeno pode
98 causar às lavouras de tomate. Essa tecnologia deve ser analisada na interação *Meloidogyne x*
99 tomateiro, de modo a gerar informações a respeito deste patossistema, além das variáveis
100 fisiológicas no cultivo do tomateiro e, conseqüentemente, disponibilizar informações essenciais
101 sobre a eficiência da água magnetizada com o sistema Aqua-4D.

102 Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da utilização do
103 tratamento magnético da água de irrigação nas trocas gasosas e valores SPAD do tomateiro
104 cereja infectados por *M. javanica*.

105

106 **3.2 Material e métodos**

107

108 O ensaio foi conduzido entre os meses de setembro e dezembro de 2020. O experimento
109 foi instalado em Itumbiara, Goiás, a 8°24'58.6"S e 49°15'12.8"W, altitude de aproximadamente
110 885 m. A classificação climática dos trechos é Aw, de acordo com Kottek *et al.* (2006),
111 apresentando um clima equatorial com estação seca de inverno, característico de regiões
112 tropicais, com temperaturas médias mínimas de 21 °C, 25 °C e máximas de 34 °C, 30°C, segundo
113 dados da estação ITUMBIARA (A035) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

114 A casa de vegetação com cobertura plástica foi projetada com 4 m de comprimento, 4 m
115 de largura e 2,2 m de altura, com tela de proteção (sombrite 50%) em todas as suas faces, já
116 que, no primeiro ensaio teste, as plantas morreram por insolação, tendo as temperaturas
117 máximas, no mês de outubro, atingido 40 °C por vários dias.

118 Um sistema modular Aqua-4D® (Water Solutions) utilizado para eletromagnetizar a água
119 que passa pelo seu duto de 32 mm, com vazão de 33 L.min⁻¹ e pressão de 25 mca, foi instalado
120 no local de condução do experimento, composto por um controlador e uma unidade de
121 tratamento, por onde a água passa antes de ser conduzida às plantas (Fig. 3.1).

122



123

124 Figura 3.1 - Instalação do experimento. (A) - Módulo eletromagnético e conjunto motobomba. (B) - Interior da
125 casa de vegetação. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)

126

127 A população de *M. javanica* foi identificada previamente por caracterização bioquímica,
128 pela enzima esterase (EST = J3), utilizando a técnica de eletroforese vertical em sistema
129 descontínuo (FREITAS *et al.*, 2016).

130 Foi feita a extração dos ovos de *M. javanica* de raízes de jiloeiro pelo método de Boneti
131 *et al.* (1981). A multiplicação do inóculo do nematoide foi feita em vasos de 2 L contendo uma
132 mistura de solo: areia (2:1, v/v), esterilizada, e uma planta de tomateiro, com 3 pares de folhas,
133 durante 60 dias em casa de vegetação a 25 °C+/-2 °C no Instituto Federal Goiano - Campus
134 Morrinhos (Fig. 3.2).

135



136
137 Figura 3.2 - Multiplicação do inóculo. (A) Raízes com galha portando o inóculo. (B) Plantas recebendo o inóculo.
138 Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)
139

140 Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, dispostos em um
141 esquema fatorial (2x2x2): a) plantas com e sem inoculação; b) irrigação com água tratada e não
142 tratada; e c) lâminas com 50% e 100% da evapotranspiração (ETc). Cada bloco foi composto
143 por 8 tratamentos, com sete repetições, totalizando 56 unidades experimentais. A aplicação das
144 lâminas de irrigação teve início aos 7 dias após a inoculação (DAI) com *M. javanica*.

145 Os tratamentos foram distribuídos da seguinte forma: T1 – Planta Inoculada com *M.*
146 *javanica*/Água Eletromagetizada/100% ETc; T2 – Planta Sadia/Água Eletromagetizada/100%
147 ETc; T3 – Planta Inoculada/Água Sem Tratamento Eletromagnético/100% ETc; T4 – Planta
148 Sadia/Água Sem Tratamento Eletromagnético/100% ETc; T5 – Planta Inoculada/Água
149 Eletromagetizada/50% ETc; T6 – Planta Sadia/Água Eletromagetizada/50% ETc; T7 – Planta
150 Inoculada/Água Sem Tratamento Eletromagnético/50% ETc; e T8 – Planta Sadia/Água Sem
151 Tratamento Eletromagnético/50% ETc.

152 As mudas de tomate cereja *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* utilizadas foram da
153 cultivar Yubi, da Feltrin Sementes, em casa de vegetação, utilizando bandeja de 120 células,
154 com o substrato comercial FORTH Condicionador Solos (Casca de Pinus decomposta
155 naturalmente e Cinzas).

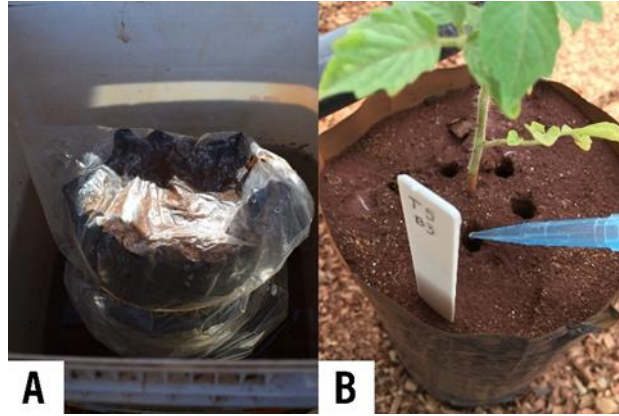
156 Para instalação do experimento, foram utilizadas mudas de tomateiro com 2 a 3 semanas
157 após a semeadura, no estágio de 3 a 4 pares de folhas. Estas mudas foram transplantadas para

158 sacos de polietileno de 20 x 35 cm e 0,2 mm de espessura com capacidade 3,5 L contendo uma
159 mistura de duas partes de latossolo vermelho distrófico (SANTOS *et al.*, 2018) e uma parte de
160 areia (2:1), tendo esta mistura sido esterilizada em autoclave vertical a 120°C por duas horas.
161 Após 10 dias do transplântio (DAT), cada planta de tomate nos sacos de cultivo foi inoculada
162 com 5.000 ovos + juvenis de segundo estágio (J2) de *M. javanica*. As adubações e controle de
163 pragas e doenças da parte aérea foram feitas segundo as necessidades da cultura (SILVA, J. B.;
164 GIORDANO, 2000).

165 Em intervalos de 10 dias, foram feitas adubações utilizando uma solução hidropônica
166 convencional composta por uma mistura de macro e micronutrientes essenciais. A solução
167 hidropônica convencional foi preparada, segundo recomendação de Gualberto *et al.* (1999),
168 aplicando por litro 236,3 mg de N; 39,0 mg de P; 224,9 mg de K; 228,0 mg de Ca; 33,7 mg de
169 Mg; 46,3 mg de S; 0,24 mg de B; 0,02 mg de Cu; 5,0 mg de Fe; 0,23 mg de Mn; 0,03 mg de
170 Mo; e 0,05 mg de Zn. Para determinar a condutividade elétrica (CE) de 1,8 mS cm⁻¹, foi
171 estabelecido pH entre 6,4 e 6,8, no entanto, quando eletromagnetizada, a água passava a
172 apresentar um valor médio de pH de 7,5 e CE (condutividade elétrica) de 2,0 mS cm⁻¹. Não
173 foram feitos tutoramento e/ou eliminação dos ramos laterais.

174 A irrigação foi feita manualmente, utilizando um becker graduado de polipropileno de 1
175 L. O volume aplicado por irrigação promovia a drenagem dos vasos, de acordo com o critério
176 visual. A saturação dos vasos foi utilizada para garantir a uniformidade na distribuição de água
177 nos solos acondicionados nos vasos. Durante o cultivo, o volume de água aplicado foi, em
178 média, de 1 L.dia⁻¹ para 100% ETc, a metade aplicada às 8 h e o restante às 17 h. A irrigação
179 variou de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura e com o aumento da temperatura,
180 principalmente nas horas mais quentes do dia, seguindo o critério de saturação por meio da
181 pesagem dos vasos (Fig. 3.3).

182

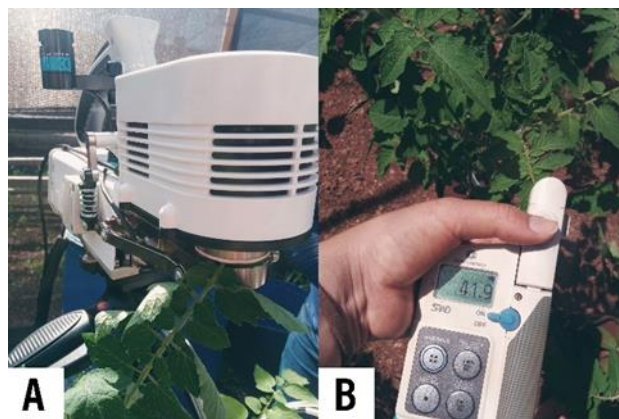


183
184 Figura 3.3 - (A) Saturação de vaso (saco) por capilaridade. (B) Inoculação com 5.000 ovos + juvenis de segundo
185 estágio (J2) de *M. javanica*. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)
186

187 As características fisiológicas, trocas gasosas e os teores de clorofila foram avaliados com
188 o auxílio de uma especialista em fisiologia vegetal aos 0, 15 e 40 dias após inoculação (DAI)
189 com *M. javanica* (correspondente a 33 dias após início do tratamento com água
190 eletromagnetizada). As avaliações foram feitas entre 07:30 min e 09 h da manhã, no terço
191 superior da planta, considerado de maior diâmetro. Foram colhidos dados das variáveis
192 transpiração (E), fotossíntese líquida (A), assimilação de CO₂ externo (Ca), CO₂ interno (Ci),
193 condutância estomática (gsw) e taxa de transporte de elétrons (ETR), por meio do analisador
194 de gás por infravermelho (IRGA), modelo LI-6800 (LI-COR, Lincon, NE, USA), utilizando
195 fonte de luz artificial de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 3.1). A partir daí, foram obtidos dados de
196 EUA - eficiência do uso de água (A/E); EiUA - eficiência intrínseca do uso de água (A/gsw);
197 EiC - eficiência de carboxilação (A/Ci); e Ci/Ca - relação da concentração intercelular de CO₂
198 no mesófilo com a concentração de CO₂ externa atual.

199 O medidor portátil de clorofila SPAD-502® (Minolta) foi utilizado para avaliar os valores
200 de clorofila em folhas completamente expandidas, no terço superior de plantas saudáveis,
201 inoculadas com nematoides aos 40 DAI. O valor SPAD utilizado foi resultante da média de 10
202 leituras feitas logo após a medição das trocas gasosas (Fig. 3.4).

203



204
205 Figura 3.4 - (A) Leitura de planta com IRGA (B) Leitura de planta com SPAD. Itumbiara, Estado de Goiás (GO),
206 Brasil (2021)
207

208 Para quantificar a reprodução do nematoide, os ovos (NO) de *M. javanica* foram extraídos
209 pelo método de Boneti *et al.* (1981) e o fator de reprodução (FR) do nematoide foi calculado
210 pela razão População final (Pf)/População inicial (Pi) (Pi) (OOSTENBRINK, 1966).

211 Os dados foram analisados e submetidos a Análise de Variância, os fatores a) PLANTA
212 - com e sem inoculação e b) ÁGUA - irrigação com água tratada e não tratada tiveram suas
213 médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, já o fator c) LÂMINA - lâminas
214 com 50% e 100% da evapotranspiração (ETc) foi submetido à Análise de Regressão, usando o
215 Programa Sisvar (SILVA, N.; SANTOS, 2018).

216

217 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

218

219 As variáveis fisiológicas estão discriminadas na Tabela 1. Foi observado aumento geral
220 de 81,05% em A (fotossíntese), 30,48% em Ca (assimilação de CO₂), 38,77% em Ci
221 (assimilação de CO₂ interno, 24,64% em gsw, 91,57% em ETR (taxa de transporte de elétrons),
222 246,44% em EUA (eficiência do uso de água), 28,57% em EiC (eficiência de carboxilação) e
223 7,74% em Ci/Ca (relação da concentração intercelular de CO₂ no mesófilo com a concentração
224 de CO₂ externa atual), enquanto em E (transpiração) houve diminuição de 28% e, embora EiUA
225 tenha apresentado aumento de 54,57% de acordo com a Análise de Variância feita. Esse

226 aumento só foi significativo ($p \leq 0,05$) considerando a aplicação do tratamento fator Planta
227 (sadia/inoculada; o fator isolado Lâmina (100% e 50% ETc).

228 Para as variáveis Ca e EUA, não foi significativo ($p > 0,05$), a interação entre Planta e
229 Água (Eletromagnetizada/Sem Tratamento Eletromagnético) não foi significativa para E, gsw
230 e ETR. Já a interação entre Planta e Lâmina não foi significativa para E, gsw, EiC e Ci/Ca. A
231 interação entre Planta, Lâmina e Água não foi significativa ($p > 0,05$) para A, Ci, EiC e Ci/Ca.
232 O valor de Ci para interação entre Planta e Água e a interação Planta e Lâmina foram
233 significativas ($p \leq 0,05$) a 5%. A interação Planta e Lâmina também foi significativa a 5%. Com
234 exceção dos casos mencionados, todas as variáveis de trocas gasosas obtiveram significância
235 de 1% quando avaliadas dentro da condição da planta (sadia/inoculada), tipo de água
236 (eletromagnetizada ou não), lâmina (50% ETc e 100%ETc), interação entre planta e água,
237 planta e lâmina, água e lâmina e na interação tripla, para verificar a contribuição de cada fator
238 entre planta, água e lâmina.

239 Durante a primeira medição, feita antes do início dos tratamentos (0 DAI), não houve
240 diferenças significativas ($p > 0,05$) para transpiração (E), fotossíntese (A), assimilação de CO₂
241 (Ca), assimilação de CO₂ interno (Ci), condutância estomática (gsw) e taxa de transporte de
242 elétrons (ETR). Essa condição mudou completamente na segunda e terceira análises feitas aos
243 15 e 40 dias após inoculação com *M. javanica*, respectivamente. Os valores obtidos nas trocas
244 gasosas dentro da folha refletiram o desempenho da tecnologia eletromagnética de forma
245 positiva ($p \leq 0,05$) com base nas médias (Tabela 3.1).

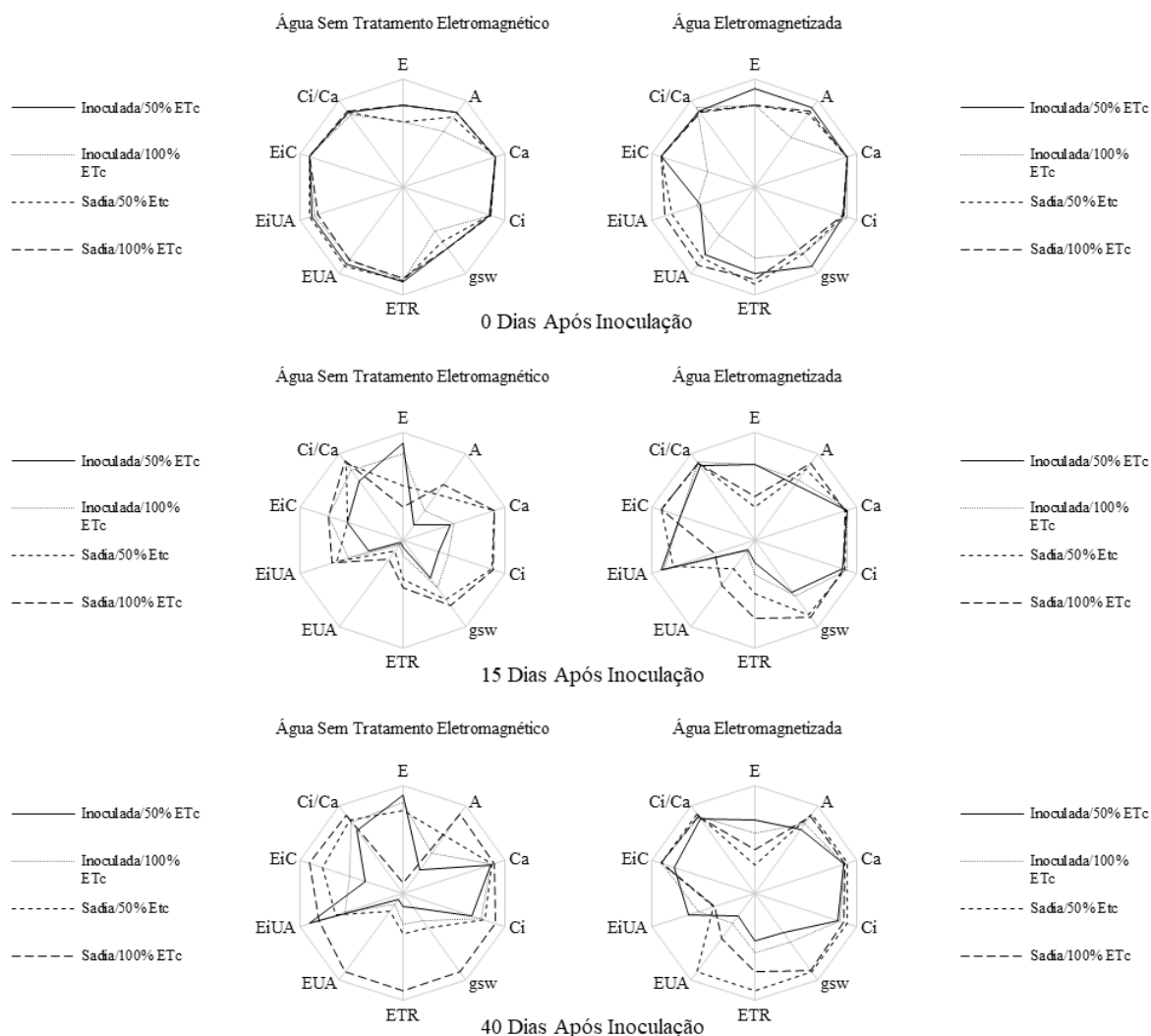
246
247 Tabela 3.1 - Resumo de análises de variância (Quadrados Médios) de características avaliadas em tomateiro: (E),
248 taxa de transpiração ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); (A), taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); (Ca), concentração externa
249 atual de CO₂ ($\mu\text{mol mol}^{-1}$); (Ci), concentração interna subestomática de CO₂ ($\mu\text{mol mol}^{-1}$); (gsw),
250 condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), (ETR), taxa de transporte de elétrons ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); (EUA),
251 eficiência do uso de água (A/E); (EiUA), eficiência intrínseca do uso de água (A/gsw); (EiC),
252 eficiência de carboxilação (A/Ci); (Ci/Ca), relação da concentração intercelular de CO₂ no mesófilo
253 com a concentração de CO₂ externa atual e índice do SPAD aos 40 DAI, em função da inoculação
254 com 5000 ovos de *Meloidogyne javanica*, tratamento de água e estresse hídrico. Itumbiara, Estado de
255 Goiás (GO), Brasil (2021)

(continua...)

Fonte de Variação	GL	Parâmetros Avaliados										
		E	A	Ca	Ci	gsw	ETR	EUA	EiUA	EiC	Ci/Ca	SPAD
Planta	1	0.000191**	415.21**	531.34**	7375.07**	10.197**	12792.05**	27928259.52**	1098.54*	0.002865**	0.0316**	394.10**
Água	1	0.000217**	453.69**	520.43**	7933.89**	0.89**	13172.31**	27092408.20**	655.79 ^{NS}	0.003176**	0.0350**	315.63**
Lâmina	1	0.000016**	47.72**	0.06 ^{NS}	1481.96**	0.20**	1005.94**	46032.04 ^{NS}	779.83 ^{NS}	0.000354**	0.0107**	38.94**
Planta*Água	1	0.0000008 ^{NS}	81.57**	79.21**	600.10*	0.01 ^{NS}	29.28 ^{NS}	3147316.95**	1.64 ^{NS}	0.000983**	0.0076**	3.44 ^{NS}
Planta*Lâmina	1	0.0000006 ^{NS}	5.49*	24.16**	717.11*	0.001 ^{NS}	348.42**	1975676.80**	89.61 ^{NS}	0.000032 ^{NS}	0.0037 ^{NS}	9.57 ^{NS}
Água*Lâmina	1	0.000024**	43.21**	78.07**	1978.30**	0.09**	1897.90**	5749304.35**	357.14 ^{NS}	0.000252**	0.0098**	39.83**
Planta*Água*Lâmina	1	0.000040**	2.44 ^{NS}	86.78**	20.68 ^{NS}	0.07**	1244.16**	6679139.69**	5.49 ^{NS}	0.0000001 ^{NS}	0.00009 ^{NS}	10.24**
Bloco	3	0.0000003 ^{NS}	0.95 ^{NS}	2.40 ^{NS}	93.79 ^{NS}	0.004 ^{NS}	17.89 ^{NS}	343027.30 ^{NS}	253.53 ^{NS}	0.000009 ^{NS}	0.0008 ^{NS}	0.31 ^{NS}
Resíduo	21	0.0000004	1.14	2.8	133.68	0.004	43.41	244326.27	189.08	0.000009	0.0008	1.22
CV:		5.69	5.74	0.44	3.84	10.19	9.88	23.10	39.38	4.93	3.73	3.02

259 GL - Graus de liberdade
 260 NS - Não significativo pelo teste de F
 261 ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F
 262 * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F

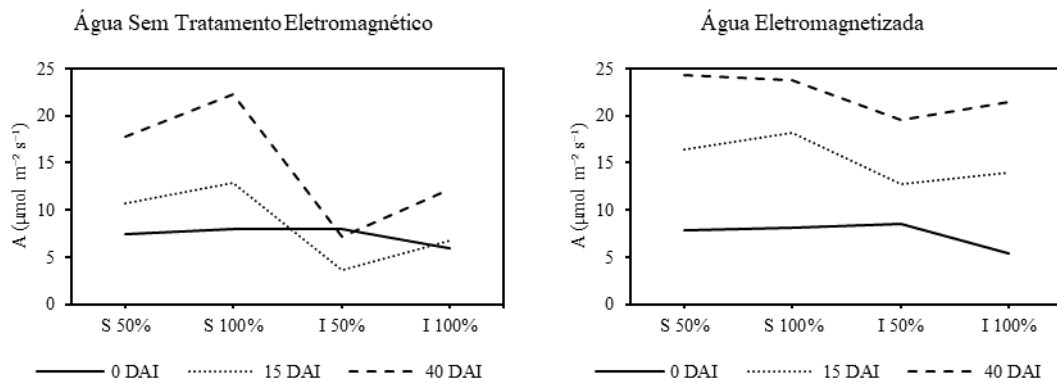
263
 264 A Figura 3.5 mostra uma visível mudança de padrão nos gráficos plotados aos 0 DAI, 15
 265 DAI e 40 DAI, onde antes tínhamos uma maior uniformidade entre os resultados, agora temos
 266 a resposta fisiológica da planta, que foi expressa em variáveis de crescimento vegetativo e
 267 trocas gasosas nos tratamentos. As variações de percentual das variáveis revelaram sua
 268 discrepância entre os tratamentos expressos em linhas com diferentes continuidades.
 269



270
 271 Figura 3.5 - Comparativo da influência da Inoculação do tomateiro com 5000 ovos de *Meloidogyne javanica* e
 272 estresse hídrico (lâminas de 50% ETc) entre plantas que receberam água com e sem tratamento
 273 eletromagnético sobre parâmetros de trocas gasosas em folhas de tomateiro considerando o percentual
 274 das médias observadas, ao longo de 3 avaliações (0 DAI; 15 DAI e 40 DAI). Variáveis observadas:
 275 (E), taxa de transpiração ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); (A), taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); (Ca), concentração
 276 externa atual de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$); (Ci), concentração interna subestomática de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$);
 277 (gsw), condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), (ETR), taxa de transporte de elétrons ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$);
 278 (EUA), eficiência do uso de água (A/E); (EiUA), eficiência intrínseca do uso de água (A/gsw); (EiC),
 279 eficiência de carboxilação (A/Ci); e (Ci/Ca), relação da concentração intercelular de CO_2 no mesófilo
 280 com a concentração de CO_2 externa atual. As variáveis foram avaliadas pelo teste de Tukey, a 0,05 de
 281 significância. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)
 282

283 A taxa fotossintética (A) foi a variável que mais apresentou disparidade entre os períodos
 284 analisados, com mínima de $3,59 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em T7 e máxima de $24,3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em T5.
 285 Em plantas sem o tratamento eletromagnético, o declínio fotossintético provocado pela infecção
 286 do tomateiro por *M. javanica* foi de 45,44% no T3 em relação a T4, relativamente maior que o
 287 declínio de 20,16% no T8 em relação a T4 advindo do estresse hídrico. As plantas inoculadas

288 que receberam água tratada com o eletromagnetizador, todavia foram capazes de manter sua
 289 eficiência fotossintética com variação entre 24,3 (T6) e 19,6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (T5) em condição
 290 de infecção e estresse hídrico de 50% aos 40 DAI. O que demonstra que a irrigação com a água
 291 magnetizada torna as plantas mais tolerantes ao parasitismo de *M. javanica* (Fig. 3.6).
 292



293
 294 Figura 3.6 - Médias das taxas fotossintéticas de plantas de tomateiro aos 0, 15 e 40 dias após a inoculação com
 295 5000 ovos de *M. javanica*, tratamento de água, e estresse hídrico. S=planta sadia; I=planta inoculada.
 296 Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)

297
 298 Vale salientar que os aumentos pronunciados nas variáveis A, gsw, ETR e EiC foram
 299 capazes de suprimir os danos causados pela infecção (hipertrofia e hiperplasia na maioria das
 300 raízes) e se desenvolver a ponto de serem categorizadas como iguais às plantas sadias que não
 301 receberam tratamento eletromagnético e expressar tal desenvolvimento de maneira visível na
 302 parte aérea (SHABRANGY; MAJD, 2009; VASHISTH; NOGARAJAN, 2008).

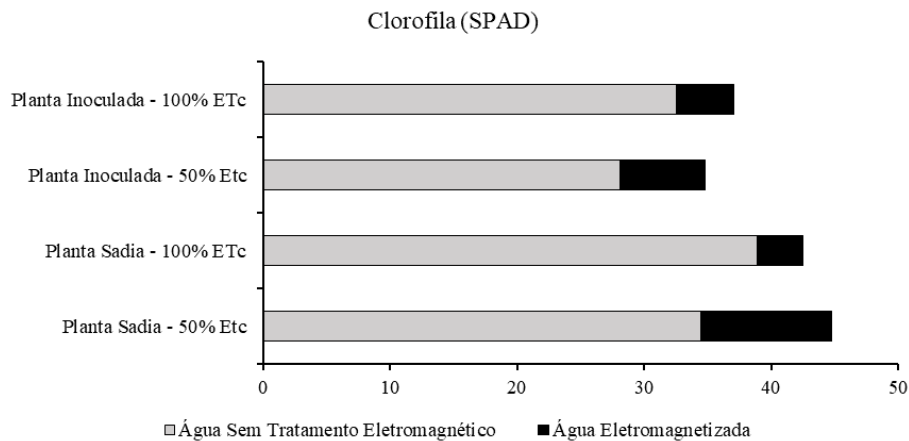
303 A redução da taxa de transpiração (E) influenciou no aumento da EUA, comparando 0,
 304 15 e 40 DAI, respondendo à infecção por *M. javanica* e estresse hídrico. Contudo, a redução da
 305 variável E interfere diretamente na homeostase da planta, permitindo que ela tivesse se
 306 mostrado tolerante ao estresse hídrico aplicado (PIMENTEL, 2004). O que foi comprovado nas
 307 variáveis de crescimento e desenvolvimento da parte aérea da planta. A transpiração interfere
 308 na absorção de CO_2 e de fotossíntese, pois se reflete na diminuição significativa da utilização
 309 de água, já que a transpiração consome mais de 95% da água absorvida pela planta, a qual
 310 destina o restante de água para produção de frutos e crescimento vegetativo (COMSTOCK,

311 2002). O aumento nas trocas gasosas no tomateiro cereja advindo da utilização da água
312 eletromagnetizada também foi observado na cultura do tomate (TORRES *et al.*, 2020) na
313 cultura do milho (ANAND *et al.*, 2012) e na cultura da moringa (HASAN *et al.*, 2019),
314 indicando que o fechamento dos estômatos contribuiu para otimizar a eficiência no uso da água
315 nas plantas sob estresse, como pode ser observado em *Cocos nucifera* (GOMES *et al.*, 2002;
316 ROZA, 2010).

317 O pH da água sem o tratamento eletromagnético ficou em torno de 6,6 e a CE –
318 condutividade elétrica, em 1,8 mS cm⁻¹. Houve aumento de 0,9, elevando o pH a 7,5 e 0,2 mS
319 cm⁻¹ em CE, que passou a ter o valor de 2,0 mS cm⁻¹, confirmando que a água eletromagnetizada
320 altera as propriedades químicas e físicas do solo, aumentando o pH e a condutividade elétrica
321 (BALIEIRO NETO *et al.*, 2013; ZHOU *et al.*, 2000).

322 Houve aumento percentual nos valores de clorofila obtidos nas avaliações com o SPAD
323 – Soil Plant Analysis Development (Fig. 8): de 9,18% nas plantas sadias com ETc de 100% e
324 de 29,87% com ETc de 50% nas plantas inoculadas com *M. javanica*, o que significou aumento
325 de 13,91% para lâmina de 100% ETc e 21,32% com 50% da ETc. As plantas de tomate que
326 melhor responderam ao tratamento eletromagnético da água referente aos valores do SPAD
327 foram as do T6 (Planta Sadia/Água Eletromagnetizada/50 % ETc), submetidas ao déficit hídrico
328 com uma lâmina de 50% ETc, seguindo a sequência
329 44,72>42,47>38,9>37,02>34,82>34,42>32,5>28,1, que corresponde, respectivamente, a
330 T6>T2>T4>T1>T5>T8>T3>T7. Os maiores valores de clorofila obtidos a partir do SPAD
331 evidenciam o melhor desenvolvimento das plantas de tomateiro irrigadas com água
332 eletromagnetizada, tanto para plantas sadias quanto inoculadas e em relação ao déficit hídrico
333 de 50% ETc. Esses valores tiveram uma correlação positiva com os valores de
334 crescimento/desenvolvimento e trocas gasosas da planta obtidos neste estudo, confirmando o
335 efeito da água magnetizada no controle de nematoides, além do melhor desenvolvimento da

336 planta frente ao estresse hídrico, atenuado pelo efeito magnético da água (Fig, 3.7).



337
338 Figura 3.7 - Valores do teor de clorofila (SPAD) de plantas tomateiro aos 40 dias após a inoculação com 5000
339 ovos de *Meloidogyne javanica*, em função do tratamento de água magnetizada, e estresse hídrico.
340 Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)
341

342 Os valores do analisador SPAD são relativos ao do teor de clorofila a+b, carotenoides e
343 disponibilidade de nitrogênio da planta (GIL *et al.*, 2002; ROCHA *et al.*, 2010; SILVA, M., *et*
344 *al.*, 2014). A molécula de clorofila é composta por nitrogênio, o que explica o uso do SPAD
345 como medidor de nitrogênio nas culturas (AMINIFARD *et al.*, 2012), e seu maior índice sugere
346 uma rápida mineralização do nutriente, o que proporciona também maior disponibilidade de
347 água (ZAMAN; CHANG, 2004), além de maior acúmulo de biomassa pelo tomateiro, em razão
348 de proporcionar maior taxa fotossintética.

349 Técnicas promissoras, a exemplo do tratamento eletromagnético de água, usadas na
350 melhoria da agricultura, precisam de pesquisas mais extensas nessa e em diferentes culturas. O
351 tratamento eletromagnético da água possibilitou um melhor desenvolvimento vegetativo do
352 tomateiro, mesmo sob infecção de *M. javanica*. Este fato provavelmente foi devido ao melhor
353 arranjo das moléculas água, o que possibilitou uma melhor solubilização de nutrientes e assim
354 facilitou sua absorção, promovendo uma nutrição mais eficiente da planta. Esse foi um dos
355 efeitos fisiológicos em resposta à relação do nematoide com a água.

356 Embora os sistemas comerciais de eletromagnetização ainda tenham alto custo, em torno
357 de meio milhão de reais para sua instalação em um pivô, o equipamento adquirido não tem

358 validade, necessitando apenas de manutenção no controlador, que é um equipamento eletrônico.
359 Por ser uma tecnologia inovadora para esse fim, sua difusão depende do desenvolvimento de
360 mais pesquisas e criação de novas empresas, mas, que, sem dúvida, tem viabilidade para tornar
361 essa solução acessível à maioria dos agricultores.

362

363 3.4 CONCLUSÕES

364

365 O nematoide de galhas é um fator de impedimento ao desenvolvimento do tomate cereja,
366 *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, mas a utilização do tratamento eletromagnético da
367 água possibilitou maior tolerância das plantas em função de maiores taxas gasosas,
368 fotossintéticas, melhor desenvolvimento das plantas e menor reprodução de *M. javanica*,
369 viabilizando o cultivo em solo infestado.

370

371 3.5 REFERÊNCIAS

372

373 ABOBATTA, W. Overview of Role of Magnetizing Treated Water in Agricultural Sector
374 Development. **Advances in Agricultural Technology & Plant Sciences**, v.2, n.1, p.1-7, 2019.
375 Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Kamel-Nagaz/post/what_is_the_effect_of_irrigate_plant_under_salinity_stress_by_magnetic_water/attachment/5e92dad94f9a520001df49a3/AS%3A879424656384001%401586682585790/download/AATPS180023. Acesso em: ago. 2019.

379

380 AMINIFARD, M.; AROIEE, H.; ATEFE, A. S. Effect of plant density and nitrogen fertilizer
381 on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). **African Journal of**
382 **Agricultural Research**, v.7, n.6, p.859-866, 2012. Disponível em:

383 [https://www.researchgate.net/publication/305316813_Effect_of_plant_density_and_nitrogen_](https://www.researchgate.net/publication/305316813_Effect_of_plant_density_and_nitrogen_fertilizer_on_growth_yield_and_fruit_quality_of_sweet_pepper_Capsicum_annum_L)
384 [fertilizer_on_growth_yield_and_fruit_quality_of_sweet_pepper_Capsicum_annum_L](https://www.researchgate.net/publication/305316813_Effect_of_plant_density_and_nitrogen_fertilizer_on_growth_yield_and_fruit_quality_of_sweet_pepper_Capsicum_annum_L) Acesso
385 em: ago. 2019.

386

387 ANAND, A. *et al.* Pre-treatment of seeds with static magnetic field ameliorates soil water stress
388 in seedlings of maize (*Zea mays* L). **Indian Journal of Biochemistry and Biophysics**, v.49,
389 n.1, p.63-70, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22435146/>. Acesso em:
390 ago. 2019.

391

392 BALIEIRO NETO, G. *et al.* Efeito do tratamento da água por campo magnético sobre os
393 parâmetros séricos e espessura de gordura subcutânea. **Boletim de Indústria Animal**, v.70,
394 n.2, p.158-166, fev. 2013. DOI: <https://doi.org/10.17523/bia.v70n2p158>. Disponível em:
395 <http://www.iz.sp.gov.br/bia/index.php/bia/article/view/1017/1011> Acesso em: ago. 2019.

396

397 BARANKEVICZ, G. B. *et al.* Características físicas e químicas da polpa de híbridos de
398 tomateiro, durante o armazenamento congelado. **Horticultura Brasileira**, v.33, n.1, p.7-11,
399 jan.-mar. 2015. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000100002>. Disponível em:
400 <https://www.scielo.br/j/hb/a/cFgRS5F4Z7bNJjqBnyqHbD/?lang=pt> Acesso em: ago. 2019.

401

402 BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Manejo integrado de doenças. In AMORIM, L. *et al.*
403 (ed.). Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos. **Agronômica Ceres**, Ouro Fino, 5.ed.,
404 v.1, n.5, p.303-309, 2018, 573p. ISBN: 9788531800566. Disponível em:
405 <https://www.editoraufv.com.br/produto/manual-de-fitopatologia-vol-1-5-edicao->

406 2018/1109832 Acesso em: ago. 2019.

407

408 BONETI, J. I. S.; FERRAZ, S.; FERRAZ, J. Modificação do método de Hussey & Barker para
409 extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**,
410 Brasília, v.6, n.3, p.553, 1981. Disponível em: [https://www.scienceopen.com/document?vid=](https://www.scienceopen.com/document?vid=cc9d7d8b-0d6c-4077-af7d-07694e88a8a7)
411 [cc9d7d8b-0d6c-4077-af7d-07694e88a8a7](https://www.scienceopen.com/document?vid=cc9d7d8b-0d6c-4077-af7d-07694e88a8a7). Acesso em: ago. 2019.

412

413 CARRILLO-RODRÍGUEZ, J. C. *et al.* Phenotypic divergence on growth and productivity of
414 wild and semi-domesticated cherry tomato grown under greenhouse conditions. **Acta**
415 **Horticulturae**, v. 947, p.375-380, ago. 2012. DOI: [https://doi.org/10.17660/](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.947.48)
416 [ActaHortic.2012.947.48](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.947.48) Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/](https://www.researchgate.net/publication/234054383_Phenotypic_divergence_on_growth_and_productivity_of_wild_and_semi-domesticated_cherry_tomato_grown_under_greenhouse_conditions)
417 [234054383_Phenotypic_divergence_on_growth_](https://www.researchgate.net/publication/234054383_Phenotypic_divergence_on_growth_and_productivity_of_wild_and_semi-domesticated_cherry_tomato_grown_under_greenhouse_conditions)
418 [and_productivity_of_wild_and_semi-](https://www.researchgate.net/publication/234054383_Phenotypic_divergence_on_growth_and_productivity_of_wild_and_semi-domesticated_cherry_tomato_grown_under_greenhouse_conditions)
[domesticated_cherry_tomato_grown_under_](https://www.researchgate.net/publication/234054383_Phenotypic_divergence_on_growth_and_productivity_of_wild_and_semi-domesticated_cherry_tomato_grown_under_greenhouse_conditions)
[greenhouse_conditions](https://www.researchgate.net/publication/234054383_Phenotypic_divergence_on_growth_and_productivity_of_wild_and_semi-domesticated_cherry_tomato_grown_under_greenhouse_conditions). Acesso em: ago. 2019.

419

420 COMSTOCK, J. Hydraulic and chemical signalling in the control of stomataln conductance
421 and transpiration. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 367, p. 195-200, 2002. DOI:
422 <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.367.195> Disponível em: [https://www.researchgate.net/](https://www.researchgate.net/publication/11552345_Hydraulic_and_chemical_signalling_in_the_control_of_stomatal_cond)
423 [publication/11552345_Hydraulic_and_chemical_signalling_in_the_control_of_stomatal_cond](https://www.researchgate.net/publication/11552345_Hydraulic_and_chemical_signalling_in_the_control_of_stomatal_cond)
424 [uctance_and_transpiration](https://www.researchgate.net/publication/11552345_Hydraulic_and_chemical_signalling_in_the_control_of_stomatal_cond). Acesso em: ago. 2019.

425

426 CORTADA, L. *et al.* Patrones de tomate resistentes a *Meloidogyne*: variabilidad de la respuesta
427 de resistencia en función de la población del nematodo. **Horticultura Global**, v.288, p.40-45,
428 fev. 2010. Disponível em

429 <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/7834/Patrones%20de%20tomate%20Horticultura%20global%20288.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: ago. 2019.

431

432 DONATO, S. L. R. *et al.* Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira. *In: XX*
433 REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO EM
434 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO INTEGRAL DAS MUSÁCEAS (BANANAS E
435 PLÁTANOS). **Acrobat**, Fortaleza, CE, 15p., 9-13 set. 2013. Disponível em:
436 [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90168/1/ECOFISIOLOGIA-E-](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90168/1/ECOFISIOLOGIA-E-EFICIENCIA-DE-USO.pdf)
437 [EFICIENCIA-DE-USO.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90168/1/ECOFISIOLOGIA-E-EFICIENCIA-DE-USO.pdf) Acesso em: ago. 2019.

438

439 FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. (org.). **Nematologia de plantas: fundamentos e**
440 **importância**. Manaus: Norma Editora, n.251, 268p.:II. 2016. Sociedade Brasileira de
441 Nematologia/SBN. Disponível em: <http://www.nematologia.com.br/files/livros/1>. Acesso em:
442 ago. 2019.

443

444 FREITAS, L. G. *et al.* Métodos em nematologia vegetal. *In: ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.*
445 *(ed.). Métodos em Fitopatologia*. BIOAGRO/UFV, Editora UFRV, Viçosa, MG, 2.ed., p.257-
446 296, 2016.

447

448 GIL, P. T. de *et al.* Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico
449 da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.611- 615, dez. 2002.
450 <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000400020>. Disponível em:
451 <https://www.scielo.br/j/hb/a/M4sZ3HCbfGJN9FCF89bkHhN/?lang=pt> Acesso em: ago. 2019.

452 GOMES, F. P.; MIELKE, M. S.; ALMEIDA, A-A. F. de. Leaf gas exchange of green dwarf
453 coconut (*Cocos nucifera* L. var. *nana*) in two contrasting environments of the Brazilian north-
454 east region. **Journal Horticultural Science Biotechnology**, v.77, n.6, p.766-772, set. 2002.
455 Online nov. 2015. Disponível em [https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/](https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/14620316.2002.11511570?scroll=top&needAccess=true)
456 14620316.2002.11511570?scroll=top&needAccess=true Acesso em: ago. 2019.

457 GUALBERTO, R.; RESENDE, F. V.; BRAZ, L. T. Competição de cultivares de alface sob
458 cultivo hidropônico "NFT" em três diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, v.17,
459 n.2, p.155-158, jul. 1999. Disponível em: [https://www.scielo.br/j/hb/a/](https://www.scielo.br/j/hb/a/DxLgPDFwfnXq5qB7xmC5k5P/?format=pdf&lang=pt)
460 DxLgPDFwfnXq5qB7xmC5k5P/?format=pdf&lang=pt Acesso em: ago. 2019.

461

462 HASAN, M. M. *et al.* The Effect of Magnetized Water on the Growth and Physiological
463 Conditions of Moringa Species under Drought Stress. **Polish Journal of Environmental**
464 **Studies**, v.28, n.3, p.1145-1155, mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/85879>
465 Disponível em: [http://www.pjoes.com/pdf-85879-34358?filename=The%20Effect%](http://www.pjoes.com/pdf-85879-34358?filename=The%20Effect%20of%20Magnetized)
466 [20of%20Magnetized](http://www.pjoes.com/pdf-85879-34358?filename=The%20Effect%20of%20Magnetized). Acesso em: ago. 2019.

467

468 KOTTEK, M. *et al.* World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated.
469 **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, Stuttgart v.15, n.3, p.259-263, maio 2006. DOI:
470 <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130> Disponível em:
471 <https://www.schweizerbart.de/content/papers/download/55034> Acesso em: ago. 2019.

472

473 LIMA, I. de M. *et al.* Gerenciamento de nematoides no sistema de produção do cafeeiro
474 'Conilon'. In: PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C. (org.). **Café Conilon**: conhecimento para

475 superar desafios, 178p. Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo
476 (CAUFES), Alegre, ES, Cap.4, p.61-74, 2019. Disponível em:
477 <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3749/1/nematoide-inobert->
478 2019.pdf Acesso em: ago. 2019.

479

480 LIU, X. *et al.* The effects of magnetic treatment on nitrogen absorption and distribution in
481 seedlings of *Populus × euramericana* ‘Neva’ under NaCl stress. **Scientific Reports**, v.9,
482 n.10025, jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45719-6> Disponível em:
483 [https://www.researchgate.net/publication/334403453_The_effects_of_magnetic_treatment_on](https://www.researchgate.net/publication/334403453_The_effects_of_magnetic_treatment_on_nitrogen_absorption_and_distribution_in_seedlings_of_Populus_euramericana_'Neva'_under_NaCl_stress)
484 [_nitrogen_absorption_and_distribution_in_seedlings_of_Populus_euramericana_'Neva'_unde](https://www.researchgate.net/publication/334403453_The_effects_of_magnetic_treatment_on_nitrogen_absorption_and_distribution_in_seedlings_of_Populus_euramericana_'Neva'_under_NaCl_stress)
485 [r_NaCl_stress](https://www.researchgate.net/publication/334403453_The_effects_of_magnetic_treatment_on_nitrogen_absorption_and_distribution_in_seedlings_of_Populus_euramericana_'Neva'_under_NaCl_stress). Acesso em: ago. 2019.

486

487 OLIVEIRA, C. M. G.; ROSA, J. M. O. Nematoides que atacam a cultura do tomate no Brasil.
488 *In*: PAPA, G.; FURIATTI, R. S.; SPADER, V. (org.) Tomate: Desafios fitossanitários e manejo
489 sustentável. Maria de Lourdes Brandel-ME, Jaboticabal, 261 p., 2014. Boletim Técnico, 3.

490

491 OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants.
492 **Mededelingen Landbouwhogeschool, Wageningen**, v. 66, n. 4, p.1-46, 1966. Disponível em:
493 <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19670801714> Acesso em: ago. 2019.

494

495 PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. Departamento de Fitotecnia - Instituto de
496 Agronomia Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica - RJ

497 Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Edur), 2004. 191p.:il. ISBN: 85-85720-
498 45-X Disponível em: [http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/mini/A-Rela--o-da-](http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/mini/A-Rela--o-da-Planta-com-a-Agua-by-Carlos-Pimentel--2004-)
499 [Planta-com-a-Agua-by-Carlos-Pimentel--2004-](http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/mini/A-Rela--o-da-Planta-com-a-Agua-by-Carlos-Pimentel--2004-). Acesso em: ago. 2019.

500

501 PINHEIRO, J. B. Nematoides em hortaliças. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF. 194p.:Il. Color.,
502 2017. ISBN 978-85-7035-685-7 Disponível em:
503 [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212747/1/NEMATOIDES-EM-](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212747/1/NEMATOIDES-EM-HORTALICAS)
504 [HORTALICAS](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212747/1/NEMATOIDES-EM-HORTALICAS). Acesso em: ago. 2019.

505

506 RANC, N. *et al.* A clarified position for *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* in the
507 evolutionary history of tomatoes (solanaceae). **BMC Plant Biology**, v.8, n.130, p.1-16, dez.
508 2008. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-8-130>. Disponível em: [https://bmcplantbiol.](https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2229-8-130)
509 [biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2229-8-130](https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2229-8-130) Acesso em: ago. 2019.

510

511 ROCHA, R. N. C. da *et al.* Relação do índice SPAD, determinado pelo clorofilômetro, com
512 teor de nitrogênio na folha e rendimento de grãos em três genótipos de milho. **Revista**
513 **Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.161-171, 2010. DOI: [https://doi.org/10.18512/1980-](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v4n02p%25p)
514 [6477/rbms.v4n02p%25p](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v4n02p%25p). Disponível em: [http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/](http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/137/135)
515 [article/view/137/135](http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/137/135) Acesso em: ago. 2019.

516

517 ROTHAN, C.; DIOUF, I.; CAUSSE, M. Trait Discovery and Editing in Tomato. **The Plant**
518 **Journal**, v.97, n.1, p.73-90, jan. 2019. <https://doi.org/10.1111/tpj.14152> Disponível em:
519 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/tpj.14152>. Acesso em: ago. 2019.

520

521 ROZA, F. A. Alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha*
522 *curcas* L. submetidas a deficiência hídrica / Francisvaldo Amaral Roza. Universidade Estadual
523 de Santa Cruz (UESC), Ilheus, BA, 2010. xi, 67f.:il. Disponível em:
524 [https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-81548/alteracoes-morfofisiologicas](https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-81548/alteracoes-morfofisiologicas-e-eficiencia-de-uso-da-agua-em-plantas-de-jatropha-curcas-l-submetidas-a-deficiencia-hidrica)
525 [-e-eficiencia-de-uso-da-agua-em-plantas-de-jatropha-curcas-l-submetidas-a-deficiencia-hidrica](https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-81548/alteracoes-morfofisiologicas-e-eficiencia-de-uso-da-agua-em-plantas-de-jatropha-curcas-l-submetidas-a-deficiencia-hidrica).
526 Acesso em: ago. 2019.

527

528 RUDNICK, V. A. de S. Estratégias de manejo para o nematoide das galhas no cafeeiro, 90p.
529 Tese (Doutorado em Biodiversidade e Conservação) - **Fundação Universidade Federal de**
530 **Rondônia**, Porto Velho, 2020. Disponível em: [https://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/](https://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/3085/1/Tese_Vaneide_Araujo_de_Sousa_Rudnick.pdf)
531 [123456789/3085/1/Tese_Vaneide_Araujo_de_Sousa_Rudnick.pdf](https://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/3085/1/Tese_Vaneide_Araujo_de_Sousa_Rudnick.pdf) Acesso em: ago. 2019.

532

533 SANTOS, H. G. dos *et al.* Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), 5.ed. rev. e
534 ampl., 356p.:il. color. ISBN 978-85-7035-800-4 Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2018.
535 Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso
536 em: ago. 2019.

537

538 SHABRANGY, A.; MAJD, A. Effect of Magnetic Fields on Growth and Antioxidant Systems
539 in Agricultural Plants. Progress in Electromagnetics Research Symposium, v.2, janeiro 2009.
540 Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/264889774_Effect_of_Magnetic_](https://www.researchgate.net/publication/264889774_Effect_of_Magnetic_Fields_on_Growth_and_Antioxidant_Systems_in_Agricultural_Plants)
541 [Fields_on_Growth_and_Antioxidant_Systems_in_Agricultural_Plants](https://www.researchgate.net/publication/264889774_Effect_of_Magnetic_Fields_on_Growth_and_Antioxidant_Systems_in_Agricultural_Plants). Acesso em: ago. 2019.

542

543 SILVA, J. B. C. da; GIORDANO, L. de B. Tomate para processamento industrial. Brasília:
544 Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, 168p.:il., 2000.
545 Disponível em: [https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/941866/1/
546 PRODUCAO-DE-TOMATE-PARA-PROCESSAMENTO-INDUSTRIAL.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/941866/1/PRODUCAO-DE-TOMATE-PARA-PROCESSAMENTO-INDUSTRIAL.pdf) Acesso em:
547 ago. 2019.

548

549 SILVA, J. C. P. da; FIGUEIREDO, Y. F. Avanços na Biotecnologia aplicada ao controle de
550 fotnematoides, cap 8. *In*: SOUZA, J. T. de *et al.* (ed.). Simpósio de Manejo de doenças de planta
551 [Anais...] XVIII SIMPÓSIO DE MANEJO DE DOENÇAS DE PLANTAS:
552 BIOTECNOLOGIA APLICADA À FITOPATOLOGIA/organizado pelo Núcleo de Estudos
553 em Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, p.143-159, 2018. Disponível
554 em: <http://www.nucleoestudo.ufla.br/nefit/livros/livro-2018.pdf> Acesso em: ago. 2019.

555

556 SILVA, M. de A. *et al.* Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de
557 intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**,
558 Uberlândia, MG, v.30, n.1, p.173-181, jan.-fev. 2014. Disponível em:
559 <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/15057> Acesso em: ago. 2019.

560

561 SILVA, N. N. da; SANTOS, E. N. F. Tutorial de utilização do Sisvar para análises em esquema
562 fatorial na área de avicultura. Relato de Experiência, Boletim Técnico IFTM, Uberaba-MG, ano
563 4, n.1, p.22-25, 2018. Disponível em: [https://www.scribd.com/document/484135180/362-
564 6535-2-PB](https://www.scribd.com/document/484135180/362-6535-2-PB). Acesso em: ago. 2019.

565

566 SOUSA, C. da S. *et al.* Fungos micorrízicos arbusculares no controle de *Meloidogyne incognita*
567 em mudas de tomateiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.23, n.1, p.15-20, jan.-mar. 2010.
568 Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1336>. Acesso
569 em: ago. 2019.

570

571 TORRES, A. de S. *et al.* Extremely low frequency non-uniform magnetic fields induce changes
572 in water relations, photosynthesis, and tomato plant growth. **International Journal of**
573 **Radiation Biology**, v.96, n.7, p. 951-957, jul. 2020. DOI: [https://doi.org/10.1080/](https://doi.org/10.1080/09553002.2020.1748912)
574 [09553002.2020.1748912](https://doi.org/10.1080/09553002.2020.1748912) Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32369405/>. Acesso
575 em: ago. 2019.

576 VASHISTH, A.; NAGARAJAN, S. A. Exposure of seeds to static magnetic field enhances
577 germination and early growth characteristics in chickpea (*Cicer arietinum L.*).
578 **Bioelectromagnetics**, v.29, n.7, p.571-578, 2008. <https://doi.org/10.1002/bem.20426>
579 Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bem.20426>. Acesso em: ago.
580 2019.

581

582 ZAMAN, M.; CHANG, S. X. Substrate type, temperature, and moisture content affect gross
583 and net N mineralization and nitrification rates in agroforestry systems. **Biology and Fertility**
584 **of Soils**, v.39, n.4, p.269-279, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0716-0>
585 Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/225640303_Substrate_type_](https://www.researchgate.net/publication/225640303_Substrate_type_temperature_and_moisture_content_affect_gross_and_net_N_mineralization_and_nitrification_rates_in_agroforestry_systems)
586 [temperature_and_moisture_content_affect_gross_and_net_N_mineralization_and_nitrificatio](https://www.researchgate.net/publication/225640303_Substrate_type_temperature_and_moisture_content_affect_gross_and_net_N_mineralization_and_nitrification_rates_in_agroforestry_systems)
587 [n_rates_in_agroforestry_systems](https://www.researchgate.net/publication/225640303_Substrate_type_temperature_and_moisture_content_affect_gross_and_net_N_mineralization_and_nitrification_rates_in_agroforestry_systems). Acesso em: ago. 2019.

588

589 ZHOU, K. *et al.* Monte Carlo simulation of liquid water in a magnetic field. **Journal of**
590 **Applied Physics**, v.88, n.4, p.1802-1805, 2000. <https://doi.org/10.1063/1.1305324>. Disponível
591 em: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.1305324> Acesso em: ago. 2019.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

4 CAPÍTULO II

(Normas de acordo com a Revista Brasileira de Ciências Agrárias)

Água eletromagnetizada no controle de *Meloidogyne javanica* e estresse hídrico em tomateiro

Resumo: O gênero *Meloidogyne* causa alterações fisiológicas que variam em função do nível de infecção da cultura do tomateiro. O uso da tecnologia eletromagnética diminui o efeito deletério do parasitismo devido à desorientação dos nematoides e um aumento na absorção de água e nutrientes pela planta. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito da água de irrigação eletromagnetizada no controle de *M. javanica*, no desenvolvimento e na condição de estresse hídrico do tomateiro cereja. O delineamento experimental foi em DBC, dispostos em um fatorial 2x2x2: plantas com e sem inoculação; irrigação com água tratada e não tratada; e lâminas com 50% e 100% da ETc, com sete repetições. Foram avaliadas as variáveis relacionadas ao crescimento de planta e reprodução dos nematoides aos 60 DAI. Dados foram submetidos a Análise de Variância, Tukey a 5% de significância e à Análise de Regressão. A água eletromagnetizada possibilitou uma maior tolerância do tomateiro a infecção por *M. javanica*, exibindo FR menor que 1, aumento de 154,48% em altura de planta, 423,52 % em massa fresca da parte aérea, 240,19 % em massa seca da parte aérea e 212,24 % em área foliar nas plantas inoculadas. Portanto, a tecnologia apresenta eficiência no manejo de *M. javanica* na cultura do tomateiro.

32 Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; controle alternativo; crescimento de planta; fator
33 de reprodução; nematoide de galhas.

34

35 **Electromagnetized water to control *Meloidogyne javanica* and water stress in**
36 **tomato crop**

37

38 Abstract: Nematodes of the *Meloidogyne* genus is one of the main pathogens in tomato
39 crops, causing physiological changes that vary depending on the plant infection level. The
40 use of strategies minimizing its effects is of great importance; in this sense, the
41 electromagnetic technology applied in irrigation can be a viable alternative, characterized
42 by a decrease in the harmful effect of parasitism due to the nematode disorientation and
43 an increase in the water and nutrients absorption. This paper aimed to evaluate the effect
44 of magnetic treatment of irrigation water on the *M. javanica* control on cherry tomato
45 plant, on its development, and on the water stress condition. The experimental design was
46 in randomized blocks arranged in a 2x2x2 factorial scheme, consisting of plants with and
47 without inoculation irrigated with treated and untreated water with blades with 50% and
48 100% evapotranspiration and seven replicates. Variables related to plant growth and
49 nematode reproduction (knots and eggs) were evaluated at the sixtieth day after
50 inoculation (DAI). Data were subjected to Analysis of Variance; qualitative factors had
51 their means compared by Tukey test at 5% significance and quantitative factors were
52 subjected to Regression Analysis. Irrigation with electromagnetized water allowed a
53 greater tolerance of tomato to *M. javanica* infection, showing RF less than 1, increasing
54 154.48% in plant height, 423.52% in fresh mass of aerial part, 240.19% in shoot dry mass,
55 and 212.24% in leaf area in inoculated plants. Therefore, this technology has the potential
56 to be used in the management of *M. javanica* in tomato crop.

57

58 Keywords: *Solanum lycopersicum*; alternative control; plant growth; reproduction factor;
59 root-knot nematode

60

61

4.1 INTRODUÇÃO

62 O tomateiro, *Solanum lycopersicum* L., é uma das principais hortaliças cultivadas e
63 consumidas no mundo (Rothan *et al.*, 2019). Comercialmente, o tipo cereja *S.*
64 *lycopersicum* var. *cerasiforme* se destaca no mercado gourmet, em função do tamanho
65 reduzido, valor nutricional e sabor adocicado, o que possibilita ser utilizado em diversos

66 pratos e preparos na culinária gourmet (Barankevicz *et al.*, 2015). O tomate cereja é uma
67 variedade mais rústica em relação ao tomateiro tradicional (Ramya *et al.*, 2016;
68 Rodríguez *et al.*, 2013), o que possibilitou sua adaptação (Ranc *et al.*, 2008) e cultivo em
69 áreas com diferentes condições climáticas ao redor do mundo (Carrillo-Rodríguez *et al.*,
70 2012). A produção total de tomate na safra de 2020, segundo dados do IBGE (2021),
71 ultrapassou a casa das 3,9 milhões de toneladas.

72 Os nematoides do gênero *Meloidogyne* causam grandes prejuízos em áreas de cultivo
73 de tomate (Sousa *et al.*, 2010). Merecem destaque as espécies *M. javanica* e *M. incognita*,
74 as mais disseminadas em áreas de cultivo de tomate no Brasil (Pinheiro, J. B., 2017). Os
75 nematoides fitoparasitas geram prejuízos tanto no rendimento da produção quanto nos
76 aspectos relacionados à qualidade dos frutos, causando perdas médias de 15% a 20%, mas
77 que podem atingir até 100% em razão dos altos níveis de infestação já no início do plantio.
78 Como consequência do parasitismo dos nematoide de galhas, que reduz a absorção de
79 água e nutrientes do solo, as plantas apresentam porte reduzido, menor número de folhas
80 e amarelecimento, intensa murcha nas horas mais quentes do dia (Cortada *et al.*, 2010;
81 Oliveira, C. & Rosa, 2014).

82 Para obter sucesso no controle de fitonematoides, faz-se necessária a utilização do
83 manejo integrado, composto pela associação dos controles químico, genético, cultural,
84 físico e biológico. Na maioria das culturas, a prática é dispendiosa por se tratar de um
85 patógeno de solo, uma vez a área infestada, dificilmente se consegue sua erradicação.
86 Para ter êxito no controle, são utilizadas aplicações constantes de nematicidas, o que
87 resulta em alto custo, econômico e ambiental (Bergamin Filho & Amorim, 2018; Ferraz
88 & Brown, 2016; Lima *et al.*, 2019; Silva, J. C. & Figueiredo, 2018). Considerando o custo
89 na implantação e o difícil controle de nematoides em solos infestados, estratégias de
90 controle que proporcionem aumento de rendimento, menor custo e proteção ambiental
91 são expectativas desejáveis para os produtores, assim como estudos visando a testar estas
92 estratégias são imprescindíveis (Rudnick, 2020).

93 A irrigação com água tratada por eletromagnetização no controle de fitonematoides é
94 um aspecto inovador do uso de campos magnéticos, além dessa vertente, a tecnologia
95 apresenta resultados positivos no desenvolvimento, conteúdo mineral de sementes, frutos
96 e produtividade de diversas plantas cultivadas (Liu *et al.*, 2019). Vale ressaltar que o uso
97 de dispositivos magnéticos no tratamento de água para irrigação aumenta a eficiência do
98 uso da água e tem efeito positivo na mobilidade e captação de micronutrientes pela planta
99 (Abobatta, 2019; Donato *et al.*, 2013).

100 A existência de poucos trabalhos de caráter científico relacionando a tecnologia
101 eletromagnética ao controle de fitonematoides motivou este estudo. A procura e a seleção
102 de métodos mais sustentáveis e eficazes no controle de nematoides devem ser priorizadas
103 em pesquisas científicas, em decorrência dos prejuízos que esse patógeno pode causar às
104 lavouras de tomate. Essa tecnologia deve ser analisada na interação *Meloidogyne* x
105 tomateiro, de modo a gerar informações a respeito deste patossistema, além das variáveis
106 fisiológicas no cultivo do tomateiro e, conseqüentemente, disponibilizar informações
107 essenciais sobre a eficiência da água magnetizada com o sistema Aqua-4D.

108 Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da utilização do
109 tratamento magnético da água de irrigação no controle de *Meloidogyne javanica* e
110 desenvolvimento do tomateiro cereja, utilizando uma lâmina de 100% e 50% da ETC.

111

112

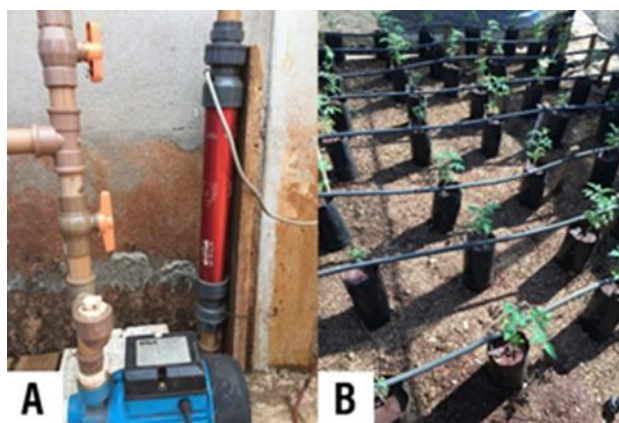
4.2 MATERIAL E MÉTODOS

113 O ensaio foi conduzido entre os meses de setembro e dezembro de 2020. O
114 experimento foi instalado em Itumbiara, Goiás, a 18°24'58.6"S e 49°15'12.8"W, altitude
115 de aproximadamente 885 m. A classificação climática dos trechos é Aw, de acordo com
116 Kottek *et al.* (2006), apresentando um clima equatorial com estação seca de inverno,
117 característico de regiões tropicais, com temperaturas médias mínimas de 21,25 °C e
118 máximas de 34,30 °C, segundo dados da estação ITUMBIARA (A035) do Instituto
119 Nacional de Meteorologia (INMET).

120 A casa de vegetação com cobertura plástica foi projetada com 4 m de comprimento, 4
121 m de largura e 2,2 m de altura, com tela de proteção (sombrite 50%) em todas as suas
122 faces, já que, no primeiro ensaio teste, as plantas morreram por insolação, visto que as
123 temperaturas máximas, no mês de outubro, atingiram 40 °C por vários dias consecutivos.

124 Um sistema modular Aqua-4D® (Water Solutions) usado para eletromagnetizar a água
125 que passa pelo seu duto de 32 mm, com vazão de 33 L.min⁻¹ e pressão de 25 mca foi
126 instalado no local de condução do experimento, composto por um controlador e uma
127 unidade de tratamento, por onde a água passa antes de ser conduzida às plantas (Fig. 4.1).

128



129

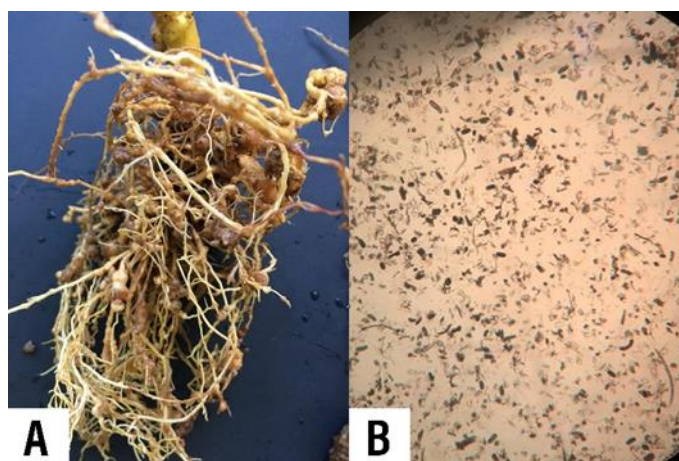
130 Figura 4.1 - Instalação do experimento. (A) - Módulo eletromagnético e conjunto motobomba. (B) - Interior
 131 da casa de vegetação. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)

132

133 A população do nematoide foi identificada previamente como *Meloidogyne javanica*
 134 por meio de caracterização bioquímica, pela enzima esterase (EST= J3), utilizando a
 135 técnica de eletroforese vertical em sistema descontínuo (Freitas *et al.* 2016).

136 Foi feita a extração dos ovos de *M. javanica* de raízes de jiloeiro pelo método de Boneti
 137 *et al.* (1981). A multiplicação do inóculo do nematoide foi feita em vasos de 2 L, contendo
 138 uma mistura de solo:areia (2:1, v/v) previamente esterilizada e uma planta de tomateiro,
 139 com 3 pares de folhas, por 60 dias em casa de vegetação do Instituto Federal Goiano -
 140 Campus Morrinhos. (Figura 4.2)

141



142

143 Figura 4.2 - Multiplicação do inóculo de *Meloidogyne javanica*. (A) Raízes com galha portando o inóculo.
 144 (B) Inóculo observado em microscópio fotônico. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil
 145 (2021)

146

147 Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, dispostos em um
 148 esquema fatorial (2x2x2): a) plantas com e sem inoculação; b) irrigação com água tratada
 149 e não tratada; e c) lâminas com 50% e 100% da evapotranspiração (ET_c). Cada bloco foi

150 composto por 8 tratamentos, com sete repetições, totalizando 56 unidades experimentais.
151 A aplicação das lâminas de irrigação teve início aos 7 dias após a inoculação (DAI) com
152 *M. javanica*.

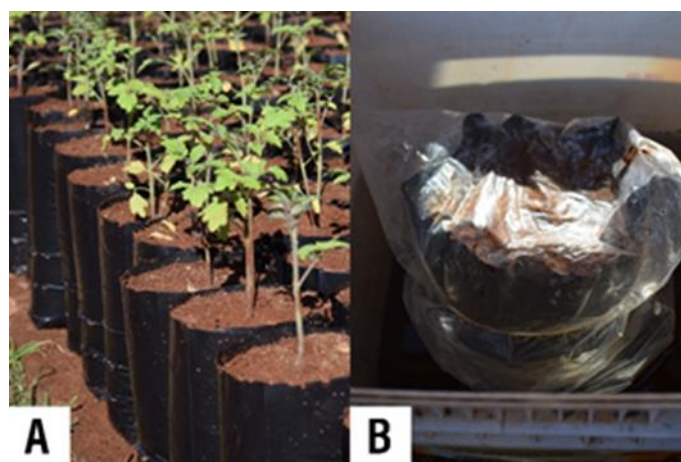
153 Os tratamentos foram distribuídos da seguinte forma: T1 – Planta Inoculada com *M.*
154 *javanica*/Água Eletromagnetizada/100% ETc; T2 – Planta Sadia/Água
155 Eletromagnetizada/100% ETc; T3 – Planta Inoculada/Água Sem Tratamento
156 Eletromagnético/100% ETc; T4 – Planta Sadia/Água Sem Tratamento
157 Eletromagnético/100% ETc; T5 – Planta Inoculada/Água Eletromagnetizada/50% ETc; T6
158 – Planta Sadia/Água Eletromagnetizada/50% ETc; T7 – Planta Inoculada/Água Sem
159 Tratamento Eletromagnético/50% ETc; e T8 – Planta Sadia/Água Sem Tratamento
160 Eletromagnético/50% ETc.

161 As mudas de tomate cereja *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* utilizadas foram
162 da cultivar Yubi, da Feltrin Sementes, em casa de vegetação, utilizando bandeja de 120
163 células com o substrato comercial FORTH Condicionador SOLOS (Casca de Pinus
164 decomposta naturalmente e Cinzas).

165 Para instalação do experimento, foram utilizadas mudas de tomateiro com 2 a 3
166 semanas após a sementeira, apresentando-se no estágio de 3 a 4 pares de folhas. Estas
167 mudas foram transplantadas para sacos de polietileno de 20 x 35 cm e 0,2 mm de
168 espessura, com capacidade 3,5 L, contendo uma mistura de duas partes de latossolo
169 vermelho distrófico (Santos, H. *et al.*, 2018) e uma parte de areia (2:1), esterilizados em
170 autoclave vertical a 120 °C por duas horas e mantidos em casa de vegetação por 3 dias e,
171 a seguir, foi feito o transplante. Após 10 dias do transplante (DAT), cada planta de
172 tomate nos sacos de cultivo foi inoculada com 5.000 ovos + juvenis de segundo estágio
173 (J2) de *M. javanica*. As adubações e o controle de pragas e doenças da parte aérea foram
174 feitos de acordo com as necessidades da cultura.

175 Em intervalos de 10 dias, foram feitas adubações utilizando uma solução hidropônica
176 convencional composta por uma mistura de macro e micronutrientes essenciais. A
177 solução hidropônica convencional foi preparada conforme Gualberto *et al.* (1999),
178 aplicando por litro 236,3 mg de N; 39,0 mg de P; 224,9 mg de K; 228,0 mg de Ca; 33,7
179 mg de Mg; 46,3 mg de S; 0,24 mg de B; 0,02 mg de Cu; 5,0 mg de Fe; 0,23 mg de Mn;
180 0,03 mg de Mo; e 0,05 mg de Zn, Para determinar a condutividade elétrica (CE) de 1,8
181 mS cm⁻¹, estabeleceu-se o pH entre 6,4 e 6,8, no entanto, quando eletromagnetizada, a
182 água passava a apresentar um valor médio de pH de 7,5 e CE (condutividade elétrica) de
183 2,0 mS cm⁻¹. Não foram feitos nem o tutoramento nem a eliminação dos ramos laterais.

184 A irrigação foi manual, utilizando um becker graduado de polipropileno de 1 L. O
185 volume aplicado por irrigação promovia a drenagem dos vasos, de acordo com o critério
186 visual. A saturação dos vasos foi utilizada para garantir a uniformidade na distribuição de
187 água nos solos acondicionados nos vasos. Durante o cultivo, o volume de água aplicado
188 foi, em média, de 1 L dia⁻¹ para 100% ETc, a metade era aplicada às 8 h e o restante às
189 17 h, sendo que a irrigação variou de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura
190 e com o aumento da temperatura, principalmente nas horas mais quentes do dia, seguindo
191 o critério de saturação por meio da pesagem dos vasos (Figura 4.3).
192



193
194 Figura 4.3 - (A) Plantas Transplantadas. (B) Inoculação. (E) Saturação de vaso (saco) por capilaridade. Itumbiara,
195 Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)
196

197 Sessenta dias após a inoculação (DAI), foram avaliadas as variáveis AP - altura da
198 planta (cm), AF - área foliar (cm²) e CR - comprimento de raiz (cm) com fita graduada,
199 MFPA - massa da matéria fresca da parte aérea (g), MSPA - massa da matéria seca da
200 parte aérea e MFR - massa da matéria fresca da raiz (g) com balança de precisão. O índice
201 de galha (IG) foi determinado pela contagem da escala de Taylor & Sasser (1978), que
202 varia de 0 a 5, em que 0 = 0 galhas; 1 = 1 a 2 galhas; 2 = 3 a 10 galhas; 3 = 11 a 30 galhas;
203 4 = 31 a 100 galhas; e 5 = acima de 100 galhas por sistema radicular. A reprodução de *M.*
204 *javanica* foi determinada pela quantificação de ovos+J2 g⁻¹ de raiz em microscópio
205 fotônico em aumento de 100 X com auxílio de uma câmara de Peters. Estes dados foram
206 utilizados para o cálculo do fator de reprodução (FR) pela relação (Pf) População final /
207 (Pi) População inicial (Oostenbrink, 1966).

208 Os dados foram analisados e submetidos à Análise de Variância. Os fatores a)
209 PLANTA - com e sem inoculação e b) ÁGUA - irrigação com água tratada e não tratada
210 tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância; já o fator c)

211 LÂMINA - lâminas com 50% e 100% da evapotranspiração (ETc) foi submetido à
 212 Análise de Regressão, utilizando o Programa Sisvar (Silva, N. & Santos, E., 2018).

213

214

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

215 As variáveis relacionadas ao desenvolvimento vegetativo de planta analisadas
 216 apresentaram resposta significativa ($p \leq 0,05$) à condição da planta (inoculada/não
 217 inoculada com *M. javanica*), tanto para o tratamento eletromagnético da água quanto para
 218 o estresse hídrico induzido pela lâmina de irrigação (50% da ETc), havendo interação
 219 entre esses três fatores: a) plantas com e sem inoculação; b) irrigação com água tratada e
 220 não tratada; e c) lâminas com 50% e 100% da evapotranspiração (ETc) a um nível de
 221 significância de 1% (Tabela 4.1). No tratamento de interação entre planta e lâmina, a
 222 MSPA, AF e MR não se diferenciaram ($p > 0,05$). O CR também não foi significativo
 223 ($P > 0,05$) dentro da interação entre água e lâmina. Todos os demais tratamentos e
 224 interações das variáveis analisadas foram significativos ($p \leq 0,05$) a um nível de 5% de
 225 probabilidade.

226 .

227 Tabela 4.1 - Resumo de análises de variância (Quadrados Médios) de características avaliadas em
 228 tomateiro: Altura de planta (AP), Massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA), Massa da
 229 matéria seca da parte aérea (MSPA), Área foliar (AF), Massa da matéria fresca da raiz (MFR)
 230 e Comprimento de raiz (CR) aos 60 dias após a inoculação com 5000 ovos de *M. javanica*,
 231 tratamento de água e disponibilidade hídrica (% ETc). Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil
 232 (2021)

Fonte de Variação	GL	Variáveis Analisadas					
		AP (cm)	MFPA (g)	MSPA (g)	AF (cm)	MFR (g)	CR (cm)
Planta	1	26144.64**	1677062.16**	14432.16**	6.65**	264.31**	2125.45**
Água	1	90080.64**	8468530.87**	88881.45**	60.28**	291.93**	3664.45**
Lâmina	1	1501.78**	242749.45**	3568.02**	15.33**	6.96**	840.87**
Planta*Água	1	1225.78**	1658424.45**	15411.45**	2.36**	41.73*	5740.87**
Planta*Lâmina	1	6557.78**	47038.02**	129.02 ^{NS}	0.06 ^{NS}	0.07 ^{NS}	189.45**
Água*Lâmina	1	2137.78**	159111.16**	2076.45**	5.10**	4.72**	0.45 ^{NS}
Planta*Água*Lâmina	1	11371.50**	674743.02**	7708.02**	0.27**	0.42**	175.02**
Bloco	6	45.06 ^{NS}	138.98 ^{NS}	86.45 ^{NS}	0.04 ^{NS}	0.02 ^{NS}	7.74 ^{NS}
Resíduo	42	25.60	152.07	63.74	0.05	0.05	3.95
	Coefficiente de Variação	3,99	1,25	8,24	7,62	4,52	4,07

233

GL - Graus de liberdade

234

NS - Não significativo pelo teste de F

235

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F

236

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F

237

238

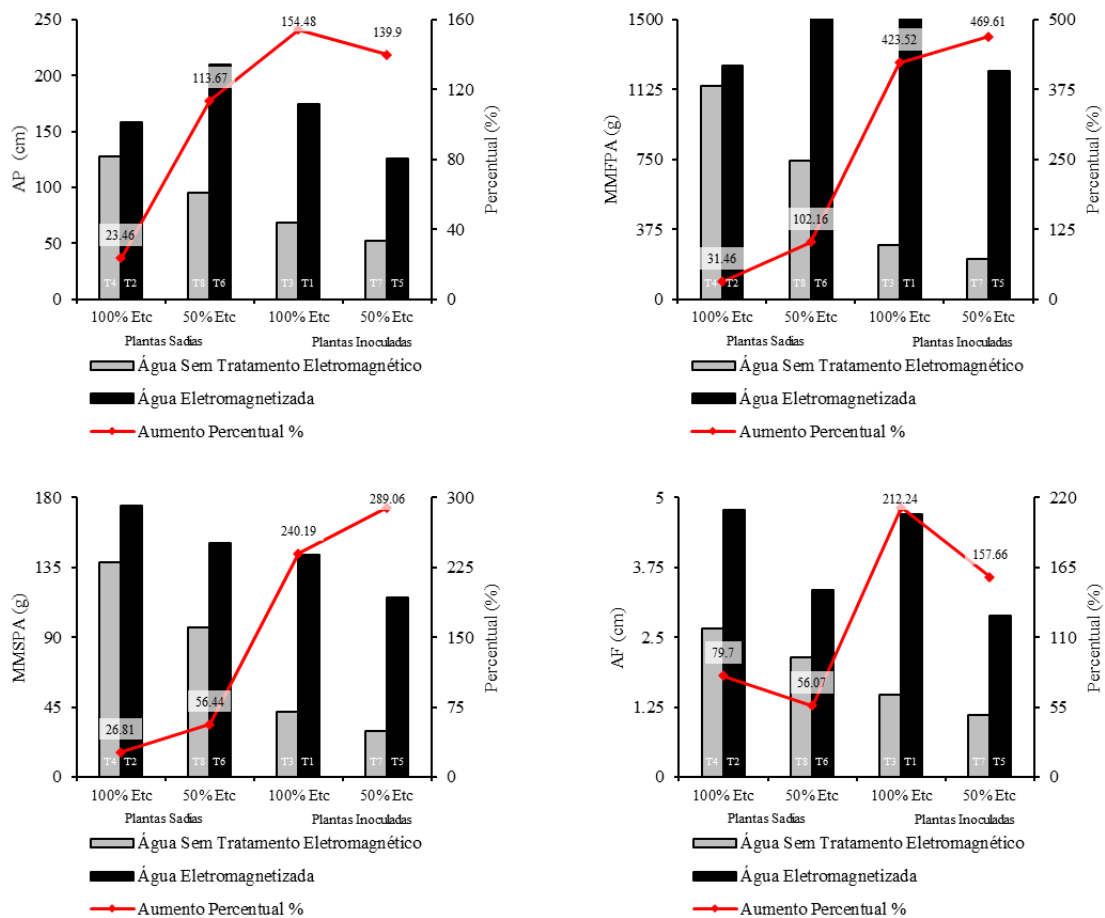
As médias das variáveis relacionadas ao desenvolvimento vegetativo da parte aérea do

239

tomateiro (Figura 4.4) mostram efeito positivo na utilização do tratamento

240 eletromagnético da água na AP, MFPA, MFPA e AF de no mínimo 23%, nas plantas que
 241 não foram inoculadas (T2 e T6). Uma percentagem inferior às obtidas nas plantas
 242 inoculadas (T5 e T6), que apresentaram uma variação percentual que chegou à ordem de
 243 mais de 400% na MFPA com tratamentos de 100% da ETc T2 e estresse hídrico de 50%
 244 T6. Esse valor elevado provavelmente ocorreu pelo fato de as plantas inoculadas sem o
 245 tratamento da água desenvolveram sintomas severos da infecção causada pelo *M.*
 246 *javanica*, diferentemente das plantas irrigadas com água eletromagnetizada, que foram
 247 capazes de tolerar melhor o parasitismo do nematoide (Figura 4.4).

248



249

250 Figura 4.4 - Altura de planta (AP), Massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA), Massa da matéria fresca
 251 da parte aérea (MSPA), Área foliar (AF), Massa da matéria fresca da raiz (MFR) e
 252 Comprimento de raiz (CR) aos 60 dias após a inoculação com 5000 ovos de *M. javanica*,
 253 tratamento de água, disponibilidade hídrica (% ETc) e percentual de vantagem do tratamento
 254 eletromagnético. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021)

255

256 No tratamento eletromagnético da água de irrigação T6, o desenvolvimento do
 257 tomateiro foi superior a 56% nas variáveis AP, MFPA, MSPA e AF ao do tratamento
 258 controle T8, que não passou pelo tratamento eletromagnético e não foi submetido à
 259 inoculação com o nematoide, embora ambos tivessem sido colocados em condição de

260 déficit hídrico de 50% ETc. O estresse hídrico é conhecido por afetar a fisiologia e a
261 fenologia do tomateiro (Canavar *et al.*; 2014; Pal *et al.*, 2016). O efeito do déficit hídrico,
262 ou seja, pela aplicação da Lâmina de 50% da ETc, foi observado também nas variáveis
263 vegetativas AP, MFPA, MSPA e AF em trabalhos conduzidos por outros pesquisadores
264 (Hozayn *et al.*, 2013, 2014, 2017; Pradela *et al.*, 2018; Surendran *et al.*, 2013, 2016).
265 Segundo Taiz *et al.* (2017), este efeito foi devido provavelmente ao acréscimo de
266 fotoassimilados na planta, que resultou no aumento de biomassa vegetal, sendo que, sob
267 estresse hídrico, as plantas tratadas com água eletromagnetizada obtiveram melhor
268 desempenho, possivelmente advindo do aumento da divisão e da expansão celular, o que
269 pode ser decorrente do aumento da taxa de fotossíntese (Hasan *et al.*, 2019). Aumento
270 das variáveis A, E, gws, Ci e clorofila também foi verificado também em plantas de milho,
271 em que o tratamento magnético da água amenizou os efeitos adversos induzidos pela seca
272 no crescimento da planta (Javed *et al.*, 2011).

273 Os dados relativos de diferença entre as alturas de plantas nos tratamentos T4 e T2
274 apresentaram crescimento médio, variando de 0,3 m, enquanto a diferença entre os
275 tratamentos T8 e T6 gira em torno de 1,15 m em função da utilização da água
276 eletromagnetizada. O aumento de biomassa dos tomateiros em 31,46% no tratamento T2
277 com a lâmina de 100% ETc, sem inoculação, foi provavelmente uma resposta ao
278 tratamento eletromagnético induzido na água, o que facilitou a absorção de água e
279 nutrientes. Resultado semelhante foi observado no tomateiro analisado por Aguilera &
280 Martín (2016), com aumento de 97% na altura de planta, sobretudo por interceptação e
281 difusão (Putti *et al.*, 2015) provocando um estímulo para síntese enzimática e produção
282 hormonal (Hozayn *et al.*, 2013, 2014, 2017; Surendran *et al.*, 2016).

283 Tendo como referência os percentuais apresentados na Figura 4.4, são observados
284 aumentos mínimos de 23,46% em AP, de 31,46% em MFPA, de 26,81% em MSPA e de
285 79,7% em AF para T2 (Planta Sadia/Água Eletromagnetizada/100% ETc) em relação a T4
286 (Planta Sadia/Água Sem Tratamento Eletromagnético/100% ETc), em comparação com
287 os valores gerais das plantas infectadas com *M. javanica*, que variaram de 139,9%,
288 superando a casa dos 400%. Vale destacar o notório valor compensativo mostrado nas
289 plantas inoculadas e irrigadas com água eletromagnetizada (T1 e T5), possivelmente em
290 decorrência do melhor aproveitamento na captação de água e nutrientes, o que
291 potencializou o desenvolvimento dessas plantas.

292 Em relação às variáveis relacionadas à reprodução de *M. javanica*, o IG, nas plantas
293 inoculadas, variou de 2,28 em T1 a 4,71 em T8, com significância de 5% ($p \leq 0,05$),

294 quando comparado à lâmina e à interação entre a condição da planta e a lâmina aplicada.
 295 Os valores nulos de plantas sadias (não inoculadas) das variáveis relacionadas à infecção
 296 por *M. javanica* (Tabela 4.2) são explicados pelo fator Planta, que se refere aos
 297 tratamentos com inoculação (T1, T3, T5 e T7) ou sem inoculação com o nematoide (T2,
 298 T4, T5 e T8) e são responsáveis por aumentar um pouco o coeficiente de variação das
 299 médias. Houve significância de 1% para as variáveis quando comparadas à condição da
 300 planta, tipo de água e na interação entre a condição da planta e tipo de água para os demais
 301 valores.

302

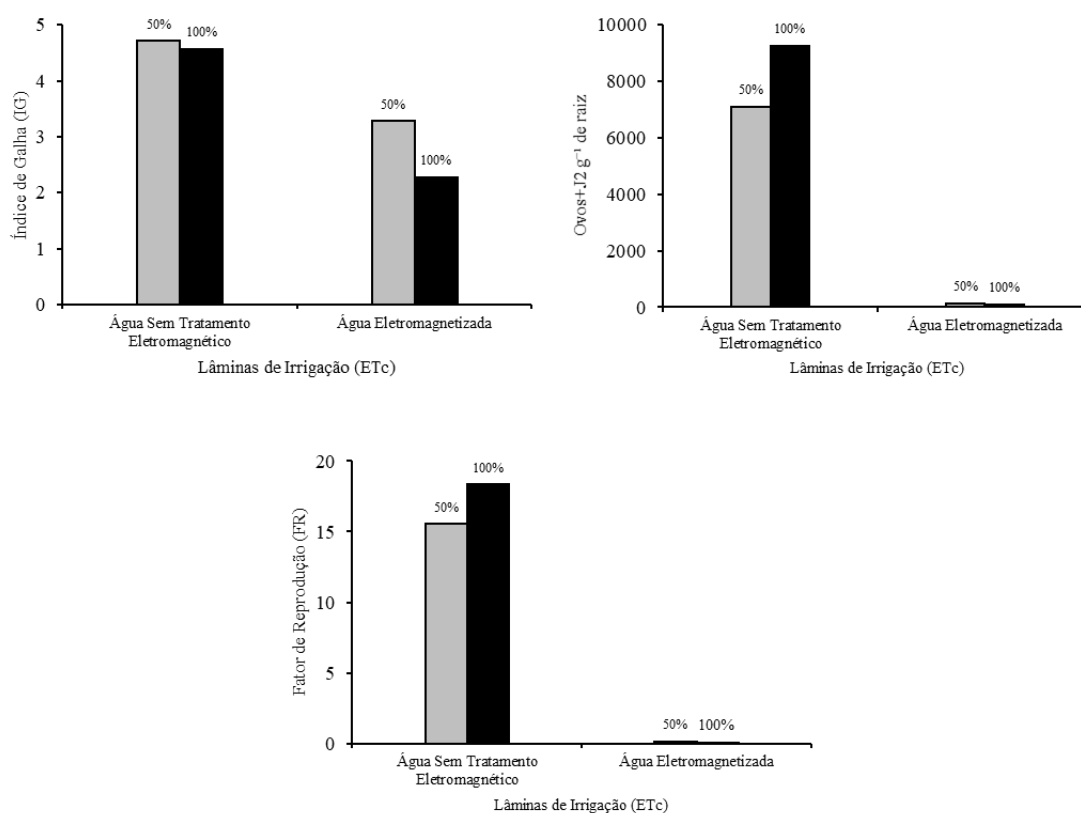
303 Tabela 4.2 - Valores médios do índice de galha (IG), número de nematoides (Ovos+J2 g⁻¹ de raiz) e Fator
 304 de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação com 5000 ovos de *Meloidogyne javanica*,
 305 tratamento de água e disponibilidade hídrica (% ETc). Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil
 306 (2021)

Condição da Planta	Disponibilidade Hídrica (% ETc)	Tipo de Água	Índice de Galha	Ovos+J2 g ⁻¹ de raiz	Fator de Reprodução
Não inoculadas	50	Não Tratada	0,00a	0,00a	0,00a
		Tratada	0,00a	0,00a	0,00a
	100	Não Tratada	0,00a	0,00a	0,00a
		Tratada	0,00a	0,00a	0,00a
Inoculada	50	Não Tratada	4.71a	7088.05a	15.54a
		Tratada	3.28b	147.60b	0.13b
	100	Não Tratada	4.57a	9259.19a	18.34a
		Tratada	2.28b	95.09b	0.08b
CV:			22.59	26.74	125.1

307 Para cada característica avaliada, médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de
 308 Tukey, a 0,05 de significância. CV - Coeficiente de Variação
 309

310 Em relação à reprodução do nematoides no tomate cereja, foram obtidos os seguintes
 311 resultados (Tabela 4.2): os valores de IG apresentaram diminuição de 50,11% em T1, em
 312 comparação com T3 sob lâmina de 100% ETc, e de 30,36% em T5, em comparação com
 313 T7, ao estresse hídrico de 50% ETc, e a quantidade de Ovos+J2⁻¹ na raiz revelou
 314 diminuição de mais de 97% para T1 e T5, em comparação com T3 e T7, respectivamente.
 315 De modo similar, os valores apresentados para o FR foram menores, variando de 0,08
 316 (T1) a 0,13 (T5) no tratamento eletromagnético da água utilizada na irrigação, em
 317 comparação com 15,54 (T7) a 18,34 (T3). Apresentou efeito positivo no controle de *M.*
 318 *javanica* no tomateiro, com valor expresso menor que 1 para ambas as lâminas (T1 e T5),
 319 e comprovou a suscetibilidade da cultivar Yubi de tomate cereja com valor superior a 15
 320 (T3 e T7) quando irrigada com água sem o tratamento eletromagnético, confirmando o
 321 controle efetivo de *M. javanica* a partir da tecnologia eletromagnética, utilizando o
 322 sistema modular Aqua-4D® (Water Solutions).

323 Os resultados de plantas de tomateiro infectadas com nematoides (T1, T3, T5 e T7)
 324 são advindos da condição magnética da água, sobretudo aumentando a tolerância das
 325 plantas às infecções por nematoides e, mesmo independentemente da infecção por
 326 nematoide (T1, T2, T5 e T6), foi obtido maior desenvolvimento vegetativo (Figura 4.5).
 327 Esse incremento no desenvolvimento do tomaterio é atribuído ao efeito estimulador da
 328 água magnetizada no pigmento fotossintético (clorofila) e em promotores de crescimento,
 329 que, neste caso, apresentaram aumento de 9,18% a 29,87% do índice SPAD. Segundo
 330 pesquisadores, a aplicação de água magnetizada ao solo influencia o pH do solo,
 331 alterando-o de ligeiramente ácido para ligeiramente alcalino. Neste trabalho, houve um
 332 aumento de aproximadamente 1,1 na escala de pH, aumentando a solubilidade dos
 333 micronutrientes ao redor das raízes, o que melhora seu estado nutricional (Hozayn *et al.*,
 334 2017; Mosin, 2013), a solubilidade da água no solo, permitindo a lixiviação de exsudatos
 335 radiculares que interferem sutilmente na quimiotaxia, com o acúmulo de cargas
 336 eletromagnéticas no solo que dificultam a localização das raízes pelos fitonematoides
 337 para sua penetração (Putti *et al.*, 2015; Radeideh, 2014; Tawfik *et al.*, 2018; Thomas
 338 2018).



339
 340 Figura 4.5 - Índice de galha (IG), contagem de nematoides (Ovos+J2 g⁻¹ de raiz) e Fator de reprodução (FR) de plantas
 341 inoculadas com 5000 ovos de *Meloidogyne javanica* aos 60 dias após a inoculação, em função do
 342 tratamento de água e estresse hídrico. Itumbiara, Estado de Goiás (GO), Brasil (2021).
 343

344 Os valores observados nos tratamentos (T1, T3, T5 e T7) em relação ao índice de
345 galha, Ovos+J2 g⁻¹ de raiz e fator de reprodução (Tabela 4.2) dessas plantas inoculadas
346 também tiveram influência negativa (Tabela 4.1) sobre os valores de MFR, aumento
347 médio de 143,3% nas plantas inoculadas (PI) em relação às não inoculadas (PNI) com o
348 nematoide (Figura 4.6) e CR com aumento médio de 28,85% nas PI em relação às PNI.
349 Estes resultados foram melhores que os obtidos por Radeideh (2014), que submeteu a
350 plantas ao tratamento eletromagnético antes da inoculação do nematoide (nesta pesquisa
351 o tratamento com as lâminas foi iniciado 7 DAI), razão pela qual as plantas que obtiveram
352 baixos índices de MFR (redução de 60,20%) e CR (redução de 28,43%) sob tratamento
353 eletromagnético mostraram desenvolvimento similar, como apresentado em AP, MFPA,
354 MSPA e AF na Tabela 4.1.
355



356
357 Figura 4.6 - Comparativo entre T1 e T3. T1 - Planta Inoculada/Água Eletromagnetizada/100 % ETc à esquerda x T3 -
358 Planta Inoculada/Água Sem Tratamento Eletromagnético/100 % ETc; à direita. Itumbiara, Estado de Goiás
359 (GO), Brasil (2021).
360

361 O uso do eletromagnetizador para magnetizar a água de irrigação proporcionou maior
362 tolerância das plantas de tomate cereja, mesmo após a infecção por *M. javanica*, agindo
363 na diminuição do FR de 15 para 1, considerado excelente na redução da reprodução do
364 nematoide. A variável métrica de AP mostrou aumento de 0,3 (23,46%) a 1,15 m
365 (113,67%) em T2 e T6, respectivamente, em relação à T4 e T8, nas plantas tratadas com
366 água eletromagnetizada. A tecnologia provavelmente age possibilitando a melhor

367 absorção da água e nutrientes para as plantas, o que as torna mais tolerantes às infecções.
368 Técnicas promissoras como o tratamento eletromagnético de água usadas na melhoria da
369 agricultura precisam de mais pesquisas em diferentes culturas. Entretanto, os resultados
370 obtidos no presente trabalho permitem recomendar a sua utilização para produtores de
371 tomate, visando a melhorar o desenvolvimento e ao aumento da tolerância à nematoides.

372 Embora os sistemas comerciais de eletromagnetização ainda tenham alto custo, o
373 equipamento adquirido não necessita de manutenção, exceto pelo controlador, que é um
374 equipamento eletrônico. Por ser uma tecnologia inovadora para esse fim, sua difusão
375 depende do desenvolvimento de mais pesquisas e da criação de novas empresas, que, sem
376 dúvida, têm escalabilidade para tornar essa solução acessível à maioria dos agricultores.

377

378

4.4 CONCLUSÕES

379 Houve efeito fisiológico positivo do tratamento eletromagnético da água que
380 possibilitou um melhor desenvolvimento vegetativo do tomateiro, mesmo sob infecção
381 por *M. javanica*.

382 A água magnetizada foi eficiente em controlar de *M. javanica* no tomateiro,
383 demonstrado pela redução drástica do FR menor que 1 para as lâminas T1 e T5 nas plantas
384 irrigadas com água magnetizada 100% da ETc, diferentemente das plantas que foram
385 irrigadas com água sem o tratamento eletromagnético, em que o FR foi maior que 15 para
386 T3 e T7.

387

388

4.5 LITERATURA CITADA

389 Abobatta, W. F. Overview of Role of Magnetizing Treated Water in Agricultural Sector
390 Development. *Advances in Agricultural Technology & Plant Sciences*, v.2, n.1,
391 p.1-7, 2019. Disponível em: [https://scholar.google.com/eg/citations?view_op=](https://scholar.google.com/eg/citations?view_op=view_citation&hl=ar&user=Ws1i5t0AAAAJ&citation_for_view=Ws1i5t0AAAAJ:hC7cP41nSMkC)
392 [view_citation&hl=ar&user=Ws1i5t0AAAAJ&citation_for_view=Ws1i5t0AAAA](https://scholar.google.com/eg/citations?view_op=view_citation&hl=ar&user=Ws1i5t0AAAAJ&citation_for_view=Ws1i5t0AAAAJ:hC7cP41nSMkC)
393 [AJ:hC7cP41nSMkC](https://scholar.google.com/eg/citations?view_op=view_citation&hl=ar&user=Ws1i5t0AAAAJ&citation_for_view=Ws1i5t0AAAAJ:hC7cP41nSMkC). Acesso em: ago. 2019.

394

395 Aguilera, J. G.; Martin, R. M. Água tratada magneticamente estimula a germinação e
396 desenvolvimento de mudas de *Solanum lycopersicum* L. *Brasilian Journal Of*
397 *Sustainable Agriculture*, v.6, n.1, p. 47-53, 2016. DOI:
398 <https://doi.org/10.21206/rbas.v6i1.320>. Acesso em: ago. 2019.

399

400 Barankevicz, G. B.; Novello, D.; Resende J. T. V.; Schwarz, K.; Santos, E. F.
401 Características físicas e químicas da polpa de híbridos de tomateiro, durante o
402 armazenamento congelado. *Horticultura Brasileira*, v.33, n.1, p.7-11, jan.-mar.
403 2015. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000100002> Disponível em:
404 <https://www.scielo.br/j/hb/a/cFgRS5F4Z7bNJjqBnyqHbD/?lang=pt>. Acesso em:
405 ago. 2019.

- 406 Bergamin Filho, A.; Amorim, L. Manejo integrado de doenças. *In*: Amorim, L.; Rezende,
407 J. A. M.; Bergamin Filho, A (ed.). Manual de Fitopatologia: princípios e
408 conceitos. Agronômica Ceres, Ouro Fino, 573p., 5.ed., v.1, n.5, p.303-309, 2018,
409 ISBN: 9788531800566 Disponível em: [https://www.editoraufv.com.br/
410 produto/manual-de-fitopatologia-vol-1-5-edicao-2018/1109832](https://www.editoraufv.com.br/produto/manual-de-fitopatologia-vol-1-5-edicao-2018/1109832). Acesso em: ago.
411 2019.
412
- 413 Boneti, J. I. S.; Ferraz, S.; Ferraz, J. Modificação do método de Hussey & Barker para
414 extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. Fitopatologia
415 Brasileira, Brasília, v.6, n.3, p.553, 1981. Disponível em:
416 [https://www.scienceopen.com/document?vid=cc9d7d8b-0d6c-4077-af7d-
417 07694e88a8a7](https://www.scienceopen.com/document?vid=cc9d7d8b-0d6c-4077-af7d-07694e88a8a7). Acesso em: ago. 2019.
418
- 419 Canavar, Ö.; Götz, K.-P.; Ellmer, F.; Chmielewski, F.-M.; Kaynak, M. A. Determination
420 of the relationship between water use efficiency, carbon isotope discrimination
421 and proline in sunflower genotypes under drought stress. Australian Journal of
422 Crop Science, v.8, n.2, p.232-242, 2014. Disponível em:
423 [https://www.researchgate.net/profile/Oener-Canavar/publication/260137108_
424 Determination_of_the_relationship_between_water_use_efficiency_carbon_isot
425 ope_discrimination_and_proline_in_sunflower_genotypes_under_drought_stress
426 /links/55dcdc6308ae591b309abac1/Determination-of-the-relationship-between-
427 water-use-efficiency-carbon-isotope-discrimination-and-proline-in-sunflower-
428 genotypes-under-drought-stress](https://www.researchgate.net/profile/Oener-Canavar/publication/260137108_Determination_of_the_relationship_between_water_use_efficiency_carbon_isotope_discrimination_and_proline_in_sunflower_genotypes_under_drought_stress/links/55dcdc6308ae591b309abac1/Determination-of-the-relationship-between-water-use-efficiency-carbon-isotope-discrimination-and-proline-in-sunflower-genotypes-under-drought-stress). Acesso em: ago. 2019.
429
- 430 Carrillo-Rodríguez, J. C.; López-Mendoza, H.; Chávez-Servia, J. L.; Rodríguez-Guzmán,
431 E.; Sánchez-Peña, P.; Lobato-Ortiz, R. Phenotypic divergence on growth and
432 productivity of wild and semi-domesticated cherry tomato grown under
433 greenhouse conditions. Acta Horticulturae, v.947, p.375-380, ago. 2012.
434 DOI: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.947.48> Disponível em:
435 [https://www.researchgate.net/publication/234054383_Phenotypic_divergence_o
436 n_growth_and_productivity_of_wild_and_semi-domesticated_cherry_tomato_
437 grown_under_greenhouse_conditions](https://www.researchgate.net/publication/234054383_Phenotypic_divergence_on_growth_and_productivity_of_wild_and_semi-domesticated_cherry_tomato_grown_under_greenhouse_conditions). Acesso em: ago. 2019.
438
- 439 Cortada, L.; Sorribas, F. J.; Ornat, C.; Andrés, M. F.; Verdejo-Lucas, S. Patrones de
440 tomate resistentes a *Meloidogyne*: Variabilidad de la respuesta de resistencia en
441 función de la población del nematodo. Horticultura Global, v. 288, p. 40-45, fev.
442 2010. Disponível em: [http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/
443 rhg288/40_45](http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rhg288/40_45). Acesso em: ago. 2019.
444
- 445 Donato, S. L. R.; Coelho, E. F.; Marques, P. R. R.; Arantes, A. de M.; Santos, M. R. dos;
446 Oliveira, P. M. de. Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira. *In*: XX
447 Reunião internacional da associação para a cooperação em pesquisa e
448 desenvolvimento integral das musáceas (bananas e plátanos), Fortaleza, CE, 15p.,
449 9-16 set. 2013. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/
450 bitstream/item/90168/1/ECOFISIOLOGIA-E-EFICIENCIA-DE-USO.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90168/1/ECOFISIOLOGIA-E-EFICIENCIA-DE-USO.pdf)
451 Acesso em: ago. 2019.
452
- 453 Ferraz, L. C. C. B.; Brown, D. J. F. (org.). Nematologia de plantas: fundamentos e
454 importância. Manaus: Norma Editora, n.251, 268p.:Il., 2016. Sociedade Brasileira

455 de Nematologia/SBN. Disponível em:
456 <http://www.nematologia.com.br/files/livros/1.pdf> Acesso em: ago. 2019.
457

458 Freitas, L. G.; Neves, W. S.; Oliveira, R.; D’Arc, L. Métodos em nematologia vegetal. *In*:
459 Alfenas, A. C.; Mafia, R. G. (ed.). Métodos em Fitopatologia. Bioagro/UFV,
460 Editora UFV, Viçosa, MG, 2.ed., p.257-296, 2016.
461

462 Gualberto, R.; Resende, F. V.; Braz, L. T. Competição de cultivares de alface sob cultivo
463 hidropônico "NFT" em três diferentes espaçamentos. *Horticultura Brasileira*, v.
464 17 n.2, p. 155-158, jul. 1999. Disponível em: [https://www.scielo.](https://www.scielo.br/j/hb/a/DxLgPDFwfnXq5qB7xmC5k5P/?format=pdf&lang=pt)
465 [br/j/hb/a/DxLgPDFwfnXq5qB7xmC5k5P/?format=pdf&lang=pt](https://www.scielo.br/j/hb/a/DxLgPDFwfnXq5qB7xmC5k5P/?format=pdf&lang=pt). Acesso em:
466 ago. 2019.
467

468 Hasan, M. M.; Alharby, H. F.; Hajar, A. S; Hakeem, K. R. E.; Alzahrani, Y. The Effect
469 of Magnetized Water on the Growth and Physiological Conditions of Moringa
470 Species under Drought Stress. *Polish Journal of Environmental Studies*, v. 28, n.
471 3, p.1145-1155, mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/85879>
472 Disponível em: [http://www.pjoes.com/pdf-85879-34358?filename=](http://www.pjoes.com/pdf-85879-34358?filename=The%20Effect%20of%20Magnetized)
473 [The%20Effect%20of%20Magnetized](http://www.pjoes.com/pdf-85879-34358?filename=The%20Effect%20of%20Magnetized). Acesso em: ago. 2019.
474

475 Hozayn, M.; Abd el-Monem, A. A.; Abdelraouf, R. E. Magnetic technology, a novel tool
476 for correction ground water and improving crops and water productivity. The first
477 international conference "Water desalination in the Arab world", 26 maio 2013,
478 Cairo, Egypt, 2013.
479

480 Hozayn, M.; Abd El-Monem, A. A; Abd El-Fatah elwia, T.; El-Shatar, M. M. Future of
481 magnetic agriculture in arid and semi-arid regions. *Scientific Papers. Series A.*
482 *Agronomy*, v. 57, p. 197-204, 2014. ISSN 2285-5785; ISSN CD-ROM 2285-
483 5793; ISSN Online 2285-5807; ISSN-L 2285-5785. Disponível em:
484 <http://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2014/art35>. Acesso em: ago. 2019.
485

486 Hozayn, M.; Korayem, A.; Mohamed, M.; Monem, M.; Monem, A. A. E. Effect of
487 magnetic water on growth, yield and quality of groundnut infected with root-knot
488 nematode (*Meloidogyne arenaria*) in sandy soil. *Egyptian Journal of*
489 *Agronomatology*, article 5, v.16, n.2, p.115-126, Summer and Autumn 2017. DOI:
490 <https://doi.org/10.21608/EJAJ.2017.56205>. Disponível em:
491 https://ejaj.journals.ekb.eg/article_56205.html Acesso em: ago. 2019.
492

493 IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). LSPA - Levantamento Sistemático
494 da Produção Agrícola. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em:
495 https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2020_dez.pdf
496 Acesso em: jan. 2021.
497

498 Javed, N.; Ashraf, M.; Akram, N. A.; Al-Qurainy, F. Alleviation of adverse effects of
499 drought stress on growth and some potential physiological attributes in maize (*Zea*
500 *mays*) by seed electromagnetic treatment. *Photochemistry and Photobiology*, v.
501 87, n. 6, p.1354-1362, nov.-dez, 2011. DOI: [https://doi.org/10.1111/j.1751-](https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2011.00990.x)
502 [1097.2011.00990.x](https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2011.00990.x) Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21883242/>
503 Acesso em: ago. 2019.
504

- 505 Kottek, M.; Jürgen, G.; Beck, C.; Rudolf, B.; Rubel, F. World Map of the Köppen-Geiger
506 climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, Stuttgart
507 v.15, n.3, p.259-263, maio 2006. DOI: [https://doi.org/10.1127/0941-](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130)
508 2948/2006/0130 Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/](https://www.researchgate.net/publication/51997463_World_Map_of_the_Koppen-Geiger_Climate_Classification_Updated)
509 51997463_World_Map_of_the_Koppen-Geiger_Climate_Classification_
510 Updated. Acesso em: ago. 2019.
511
- 512 Lima, I. de M.; Buonicontro, D.; Arpini, B. D. S.; Teodoro, M.; Costa, N. S.
513 Gerenciamento de nematoides no sistema de produção do cafeeiro 'Conilon'. In:
514 PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C. (org.). Café Conilon: conhecimento para
515 superar desafios, 178p. Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do
516 Espírito Santo (CAUFES), Alegre, ES, Cap.4, p.61-74, 2019.
517 <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1116985>. Disponível
518 em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/123456789/3749>. Acesso
519 em: ago. 2019.
520
- 521 Liu, X.; Zhu, H.; Wang, L.; Bi, S; Zhang, Z.; Meng, S.; Zhang, Y.; Wang, H.; Song, C.;
522 Ma, F. The effects of magnetic treatment on nitrogen absorption and distribution
523 in seedlings of *Populus × euramericana* 'Neva' under NaCl stress. Scientific
524 Reports, v.9, n.10025, jul. 2019. DOI: [https://doi.org/10.1038/s41598-019-45719-](https://doi.org/10.1038/s41598-019-45719-6)
525 6. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-45719-6#citeas>.
526 Acesso em: ago. 2019.
527
- 528 Mosin, O. V. Magnetic water treatment in power heat industry. Voda i vodoochistnye
529 tekhnologii, Russian, v.4, n.1, p.12-26, 2013.
530
- 531 Oliveira, C. M. G.; Rosa, J. M. O. Nematoides que atacam a cultura do tomate no Brasil.
532 In: Papa, G.; Furiatti, R. S.; Spader, V. (org.) Tomate: Desafios fitossanitários e
533 manejo sustentável. Maria de Lourdes Brandel-ME, Jaboticabal, 261p., 2014.
534 Boletim Técnico, 3.
535
- 536 Oostenbrink, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants.
537 Mededelingen van de Landbouwhogeschool, Wageningen, v.66, n.4, 46p., 1966.
538 Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19670801714>.
539 Acesso em: ago. 2019.
540
- 541 Pal, S.; Zhao, J.; Khan, A.; Yadav, N. S.; Batushansky, A.; Barak, S.; Rewald, B.; Fait,
542 A.; Lazarovitch, N.; Rachmilevitch, S. Paclobutrazol induces tolerance in tomato
543 to deficit irrigation through diversified effects on plant morphology, physiology
544 and metabolism. Scientific Reports, v. 6, n. 2, p.167-180, 2016. DOI:
545 <https://doi.org/10.1038/srep39321>. Disponível em:
546 <https://www.nature.com/articles/srep39321>. Acesso em: ago. 2019.
547
- 548 Pinheiro, J. B. Nematoides em hortaliças. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF. 194p.:Il.
549 Color., 2017. ISBN 978-85-7035-685-7. Disponível em: [https://livimagens.sct.](https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00085470)
550 [embrapa.br/amostras/00085470](https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00085470). Acesso em: ago. 2019.
551
- 552 Pradela, V. A.; Yoshida, C. H. P.; Santos, D. C.; Santos, R. C.; Lapaz, A. M. Produção
553 de mudas de alface em resposta ao uso de água tratada magneticamente. Revista
554 Brasileira de Engenharia de Biosistemas, Tupã, São Paulo, Brasil, v.12, n.3,

555 p.299-306, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2018v12n3p299-306>.
556 Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/693>.
557 Acesso em: ago. 2019.
558

559 Putti, F. F.; Gabriel Filho, L. R. A.; Klar, A. E.; Silva Junior, J. F. da; Pires Cremasco, C.
560 P.; Ludwig, R. Response of lettuce crop to magnetically treated irrigation water
561 and different irrigation depths. African Journal of Agricultural Research, v.10,
562 n.22, p.2300-2308, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9616>
563 Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/283869128_Response_
564 of_lettucecrop_to_magnetically_treated_irrigation_water_and_different_irrigati
565 on_depths](https://www.researchgate.net/publication/283869128_Response_of_lettucecrop_to_magnetically_treated_irrigation_water_and_different_irrigati) Acesso em: ago. 2019.
566

567 Radeideh, D. M. D. Effect of using magnetized treated water in irrigation of bell pepper
568 and beans in AL-Jiftlik area/West Bank-Palestine. 72 p., 2014. Dissertação
569 (Mestrado em Ciências Ambientais) - Al-Quds University, Jerusalem, 2014.
570 Disponível em: [https://dspace.alquds.edu/server/api/core/bitstreams/41d7cacb-
571 fd30-41e6-a833-0d21073bf20e/content](https://dspace.alquds.edu/server/api/core/bitstreams/41d7cacb-fd30-41e6-a833-0d21073bf20e/content). Acesso em: ago. 2019.
572

573 Ramya, R.; Ananthan, M.; Krishnamoorthy, V. Evaluation of cherry tomato [*Solanum*
574 *lycopersicum* L. var. *cerasiforme* (Dunnal) A. Gray] genotypes for yield and
575 quality traits. The Asian Journal of Horticulture, v.11, n.2, p.329-334, dez. 2016.
576 <https://doi.org/10.15740/HAS/TAJH/11.2/329-334>. Disponível em:
577 http://researchjournal.co.in/upload/assignments/11_329-334.pdf Acesso em: ago.
578 2019.
579

580 Ranc, N.; Muñoz, S.; Santoni, S.; Causse, M. A clarified position for *Solanum*
581 *lycopersicum* var. *cerasiforme* in the evolutionary history of tomatoes
582 (*solanaceae*). BMC Plant Biology, v.8, n.130, p.1-16, dez. 2008.
583 <https://doi.org/10.1186/1471-2229-8-130>. Disponível em:
584 <https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2229-8-130>.
585 Acesso em: ago. 2019.
586

587 Rodríguez, L. J. A.; Guzmán, E. R.; Parra, J. R.; Ramírez, J. L. M.; Saldaña, H. L.;
588 Martínez, J. S.; Ildefonso, R. L. Evaluación de resistencia a Phytophthora
589 infestans en poblaciones silvestres de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*.
590 Naturaleza y desarrollo, v.5, n.2, p. 753-766, 2013. Disponível em:
591 [https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1173/10
592 25](https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1173/10). Acesso em: ago. 2019.
593

594 Rothan, C.; Diouf, I.; Causse, M. Trait discovery and editing in tomato. The Plant Journal,
595 v.97, n.1, p.73-90, jan. 2019. <https://doi.org/10.1111/tpj.14152> Disponível em:
596 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/tpj.14152>. Acesso em: ago.
597 2019.
598

599 Rudnick, V. A. S. Estratégias de manejo para o nematoide das galhas no cafeeiro, 90p.
600 Tese (Doutorado em Biodiversidade e Conservação) - Fundação Universidade
601 Federal de Rondônia, Porto Velho, 2020. Disponível em: [https://www.ri.unir.br/
602 jspui/bitstream/123456789/3085/1/Tese_Vaneide_Araujo_de_Sousa_Rudnick](https://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/3085/1/Tese_Vaneide_Araujo_de_Sousa_Rudnick).
603 Acesso em: ago. 2019.
604

- 605 Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumbreras, J. F.;
606 Coelho, M. R.; Almeida, J. A.; Araujo Filho, J. C.; Oliveira, J. B.; Cunha, T. J. F.
607 Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). 5.ed. rev. e ampl., 356p.:il.
608 color. ISBN 978-85-7035-800-4 Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2018. Disponível
609 em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>.
610 Acesso em: ago. 2019.
611
- 612 Silva, J. C. P. da; Figueiredo, Y, F. Avanços na Biotecnologia aplicada ao controle de
613 fotnematoides, cap 8. *In*: Souza, J. T. de *et al.* (ed.). Simpósio de Manejo de
614 doenças de planta [Anais...] XVIII simpósio de manejo de doenças de plantas:
615 biotecnologia aplicada à fitopatologia/organizado pelo Núcleo de Estudos em
616 Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, p.143-159, 2018.
617 Disponível em: <http://www.nucleoestudo.ufla.br/nefit/livros/livro-2018>. Acesso
618 em: ago. 2019.
619
- 620 Silva, N. N.; Santos, E. N. F. Tutorial de utilização do Sisvar para análises em esquema
621 fatorial na área de avicultura. Relato de Experiência, Boletim Técnico IFTM,
622 Uberaba-MG, ano 4, n.1, p.22-25, 2018. Disponível em:
623 <https://www.scribd.com/document/484135180/362-6535-2-PB>. Acesso em: ago.
624 2019.
625
- 626 Sousa, C. da S.; Soares, A. C. F.; Coimbra, J. L.; Garrido, M. L. S.; Machado, G. S.
627 Fungos micorrizos arbusculares no controle de *Meloidogyne incognita* em mudas
628 de tomateiro. Revista Caatinga, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 15-20, jan.-mar. 2010.
629 Disponível em: [https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/
630 caatinga/article/view/1336](https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1336). Acesso em: ago. 2019.
631
- 632 Surendran, U. P.; Sandeep, O.; Joseph, E. J. The impacts of magnetic treatment of
633 irrigation water on plant, water, and soil characteristics. Agricultural Water
634 Management, v.178, p.21-29, dez. 2016. DOI:10.1016/j.agwat.2016.08.016
635 Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/308020783_The_
636 impacts_of_magnetic_treatment_of_irrigation_water_on_plant_water_and_soil_
637 characteristics](https://www.researchgate.net/publication/308020783_The_impacts_of_magnetic_treatment_of_irrigation_water_on_plant_water_and_soil_characteristics). Acesso em: ago. 2019.
638
- 639 Surendran, U. P.; Sandeep, O.; Mammen, G.; Joseph, E. J. A Novel technique of magnetic
640 treatment of saline and hard water for irrigation and its impact on cow pea growth
641 and water properties. International Journal of Agriculture, Environment and
642 Biotechnology, v. v. 6, n1, p. 85-92, 2013. Disponível em:
643 [https://www.researchgate.net/publication/284894484_A_novel_technique_of_m
644 agnetic_treatment_of_saline_and_hard_water_for_irrigation_and_its_impact_on
645 _cow_pea_growth_and_water_properties](https://www.researchgate.net/publication/284894484_A_novel_technique_of_magnetic_treatment_of_saline_and_hard_water_for_irrigation_and_its_impact_on_cow_pea_growth_and_water_properties). Acesso em: ago. 2019.
646
- 647 Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal, 6.ed.
648 Porto Alegre: Artmed, 888p., 2017. ISBN 978-85-8271-367-9.
649
- 650 Tawfik, W.; Aziz, W.; Shalaby, M. M. Effect of Magnetic Water on Adult Emergence of
651 *Etiella zinckenella* (Treitschke) Pupa and Root-Knot Nematode (*Meloidogyne*
652 *incognita*) Chitwood. Journal of Plant Protection and Pathology, v.9, n.11, p.751-
653 754, 2018. DOI:10.21608/jppp.2018.44047. Disponível em:
654 https://www.researchgate.net/publication/335359117_Effect_of_Magnetic_Wate

655 r_on_Adult_Emergence_of_Etiella_zinckenella_Treitschke_Pupa_and_Root_-
656 Knot_Nematode_Meloidogyne_incognita_Chitwood. Acesso em: ago. 2019.
657
658 Taylor, A. L.; Sasser, J. N. Biology, identification and control of root-knot nematodes
659 (*Meloidogyne species*). Raleigh: North Carolina State University. 111p. 1978.
660 Disponível em: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAK809. Acesso em: ago.
661 2019.
662
663 Thomas, C. A sustainable, long-lasting nematode solution. **AQUA-4D**. 2018. Disponível
664 em: [https://medium.com/@aqua4d/a-sustainable-long-lasting-nematode-](https://medium.com/@aqua4d/a-sustainable-long-lasting-nematode-solution-279e33fc43e9)
665 [solution-279e33fc43e9](https://medium.com/@aqua4d/a-sustainable-long-lasting-nematode-solution-279e33fc43e9). Acesso em: set. 2018.
666

5 CONCLUSÃO GERAL

O uso da água eletromagnetizada melhorou a fisiologia do tomateiro, permitiu a adaptação da planta sob estresse hídrico e tolerância a infecções por *M. javanica*.

O tratamento eletromagnético foi eficiente no controle de *M. javanica* no tomateiro cereja, proporcionou menor FR de nematoides, maior crescimento de planta, trocas gasosas, teor de clorofila e tolerância ao estresse hídrico.

A utilização do eletromagnetizador na irrigação da cultura do tomateiro pode ser realizada tanto para melhora do desenvolvimento de plantas, abrangendo fatores de crescimento e trocas gasosas, quanto para aumento da tolerância à nematoides e tolerância à déficits hídricos.