

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
THAÍSSA DIAS CARDOSO NUNES

ÁGUA ELETROMAGNETIZADA NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO  
MILHO IRRIGADO EM AMBIENTE PROTEGIDO

Monte Carmelo

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
THAÍSSA DIAS CARDOSO NUNES

ÁGUA ELETROMAGNETIZADA NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO  
MILHO IRRIGADO EM AMBIENTE PROTEGIDO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior.

Monte Carmelo  
2022

THAÍSSA DIAS CARDOSO NUNES

ÁGUA ELETROMAGNETIZADA NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO  
MILHO IRRIGADO EM AMBIENTE PROTEGIDO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Monte Carmelo, 22 de Março de 2022

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior  
Orientador

---

Prof. Dr. Odair José Marques  
Membro da Banca

---

Prof. Dr. Osvaldo Rettore Neto  
Membro da Banca

Monte Carmelo  
2022

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>8</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>16</b>

## AGRADECIMENTOS

Pelo apoio de minha família, especialmente do meu Padrinho Emerson que sempre acompanhou de longe e incentivando os trabalhos de Iniciação Científica durante minha graduação e também ao meu pai, Antônio Cardoso, por sempre conversar comigo durante a trajetória das idas e vindas para o campus.

Também quero agradecer as orações dos irmãos e irmãs da Igreja Presbiteriana Central de Monte Carmelo e pelos sábios conselhos do Reverendo Cristian Hueb Dib Assunção.

Ao grupo CinCi, especialmente ao Daniel, por ajudar na parte técnica, ao Ms. Juliano Marques, este que me acompanhou praticamente todas as manhãs deixando tudo mais leve e ao Professor Dr. Eusímio F. Fraga Junior, que se dispôs a me orientar desde os primórdios da graduação.

À Universidade Federal de Uberlândia, que me proporcionou tal experiência e conhecimento.

*Soli Deo Gloria*

## RESUMO

Vêm se buscando novas tecnologias e ferramentas para um uso mais consciente e sustentável da água. Vários estudos indicam que a técnica da eletromagnetização da água, capaz de reorganizar suas moléculas, pode facilitar a absorção de água pelas plantas, promovendo economia de água na irrigação. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da água eletromagnetizada na cultura do milho submetido à diferentes reposições hídricas. O experimento foi realizado no campus Monte Carmelo da Universidade Federal de Uberlândia, em casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x4 dispostos em 4 repetições, totalizando 32 parcelas experimentais. No final do ensaio, foram avaliados os caracteres vegetativos e reprodutivos da cultura do milho. Além disso, a estratégia de reposição na ordem de 90% reposição hídrica de irrigação para retornar a umidade à capacidade de campo maximizou a massa seca da parte aérea e o diâmetro das espigas de milho.

**Palavras-Chave:** Sustentabilidade, Tecnologia, Irrigação

## ABSTRACT

New Technologies and tools have been sought for a more conscious and sustainable use of water. Several studies indicate that the technique of electromagnetization of water by plants, promoting water savings in irrigation. Thus the present study aimed to evaluate the influence of electromagnetized water on corn submitted to different water replacements. The experiment was carried out at the Monte Carmelo campus of the Federal University of Uberlândia, in a greenhouse. The experimental design used was completely randomized (DIC) in a 2x4 factorial scheme arranged in 4 repetitions, totaling 32 experimental plots. At the end of the trial, the vegetative and reproductive traits of the maize crop were evaluated. In addition, the replenishment strategy in the order of 90% irrigation water replenishment to return moisture to field capacity maximized shoot dry mass and corn cob diameter.

**Keywords:** Sustainability, Technology, Irrigation.

## INTRODUÇÃO

As atividades da agricultura consomem 70% da água disponível pelo fato de que água é um fator determinante na fisiologia, nutrição e crescimento das plantas. A absorção de nutrientes pelas plantas normalmente ocorre entre o sistema de raízes por um fluxo de massa, difusão e interceptação, o que é praticamente e inteiramente dependente de água (PUTTI et al., 2015).

O milho (*Zea Mays*L.) representa um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matéria-prima para indústria, principalmente em função da quantidade e da natureza das reservas energéticas acumuladas nos grãos (WEILAND 2006; SCHITTENHELM, 2008).

Salienta-se que o milho, possui desenvolvimento influenciado pelas condições de umidade do solo. A deficiência hídrica é, normalmente, o fator mais limitante à obtenção de produtividades elevadas e produtos de boa qualidade, mas o excesso também pode ser prejudicial, sendo que a reposição de água ao solo por irrigação, na quantidade e no momento oportuno, é decisiva para obter maximização da produção (MAROUELLI & SILVA, 2006; MATOS et al., 2012).

O déficit hídrico na cultura do milho provoca uma diminuição considerável na produção de sementes, nos componentes de produção e no enchimento de grãos (BERGAMASCHI et al., 2004). Devido a isto, a cultura de milho responde à disponibilidade hídrica do solo em decorrência da irrigação, o qual uma lâmina de irrigação de 80% da evaporação da cultura (ETc) do milho doce, proporcionou liitações de diâmetro de colo e a massa seca do colmo (BRITO et al., 2013).

Segundo Putti et al. (2015) vários estudos para a evidência de que a água exposta a um campo magnético tem diferentes propriedade de uma água não tratada. As maiores mudanças observadas e pesquisas remetem a adsorção da água na superfície da mesma (OZEKI et al. 1996), cristalização e precipitação de sal (KRONENBERG, 1985; KATSUKI et al., 1996), a solubilização de minerais (HASSON e BRAMSON, 1985; HERZOG et al., 1989; GEHR et al., 1995; BOGATIN et al., 1999) e tensão superficial (JOSHI e KAMAT, 1996; BOGATIN et al., 1999). Quando sujeita ao campo magnético, a água observada perde o gás, aumentando assim sua permeabilidade no solo, o que conseqüentemente aumenta a eficiência da irrigação.

O solo tem a capacidade de estocar água em seus poros e disponibiliza parte disto para as necessidades das plantas. Atraves do monitoramento da capacidade de campo no solo é possível determinar a quantidade de água necessária a ser resposta na irrigação para as

plantas. A irrigação apropriada pode reduzir significativamente a quantidade de água aplicada, também minimizar a perda de água e solo, aumentando a produção e reduzindo custos. O principal trabalho é baseado no balanço entre a força da capilaridade e a adsorção que ocorre por causa da interação entre água e partículas sólidas do solo.

O uso de um tensiômetro proporciona uma vantagem, pois indica a hora e a quantidade de água a ser aplicada no solo, o que requer conhecimento da curva de retenção de água no solo (BERALDO, CORA e FERNANDES, 2012). O sistema de leitura pode ser indicado por um manômetro na forma de U com água ou mercúrio, ou um mecânico ou indicador elétrico (REICHARD; TIMM 2004).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da água eletromagnetizada na cultura do milho submetido a diferentes lâminas de irrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo (latitude 18°43'36''S, longitude 47°31'29''W e 902 metros de altitude média) em casa de vegetação coberta por filme plástico de polietileno transparente, de 150 µm de espessura, com laterais fechadas com tela antiafideos de 50 mesh. A região possui clima tropical com estação seca classificada como Aw segundo Köppen. O solo utilizado é classificado como Latossolo-Vermelho distrófico, de textura argilosa.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial de 2x4, sendo fator água com dois níveis – eletromagnetizada (EM) e sem tratamento eletromagnético, ou seja, o controle (C) da água de irrigação e fator lâmina com quatro lâminas de reposição da necessidade hídrica da cultura.

Para cada interação dos fatores houve 4 repetições, totalizando 32 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por um vaso, com capacidade de 20 litros e um raio de 20 centímetros. O solo utilizado foi molhado para que os torrões se desmanchassem e em seguida colocado em cada vaso. Para adubar foi utilizado 50 gramas de ureia, 15 gramas de super simples e 89 gramas de cloreto de potássio fracionados entre os 32 vasos, dia 18 de novembro de 2019.

O semeio foi realizado em 19 de Novembro de 2019, utilizando sementes de híbrido de milho SHS 4080 de Santa Helena Sementes. Foram testadas 4 lâminas de irrigação, L50-50%, L75 – 75%, L100 – 100%, L125 – 125%, em relação à capacidade de campo. A irrigação foi realizada por balanço de água no solo utilizando medidas tensiométricas com um mínimo de 15 Kpa, em seguida feitos os cálculos de acordo com van Genuchten (1980). Cada lâmina possuía 5 parcelas, dentre estas parcelas 3 eram referência para o monitoramento da irrigação, a qual era feita nos próprios vasos. O tensiômetro utilizado foi de punção de tamanho 40 centímetros, com ponta de cerâmica ultra-resistente e tubo transparente para visualização do nível da água. O sistema utilizado para a irrigação foi gotejamento tipo botão conectado a microtubos e estacas gotejadoras, o aparelho era utilizado na função manual após ser feita a leitura tensiométrica e o cálculo da lâmina a ser aplicada no dia. Metade da lâmina aplicada às 8 horas e a outra metade às 18 horas.

O cultivo findou-se em 19 de Fevereiro de 2020. Foi avaliado em cada tratamento as alturas das plantas (AP) em centímetros, a inserção das espigas (IE) em centímetros considerando a distância entre a superfície do solo até a base do pendão e da primeira espiga,

respectivamente. O diâmetro do colmo (DC) em milímetros foi mensurado entre o primeiro e o segundo nó.

Todas as plantas e espigas foram colhidas e avaliou-se a massa fresca da parte aérea (MFPA) em gramas, a massa fresca da espiga com palha (MFEP) em gramas, a massa fresca da espiga despalhada (MFED) em gramas, o comprimento da espiga (CE) em centímetros, o diâmetro da espiga (DE) em milímetros e o número de grãos/espiga (NGE).

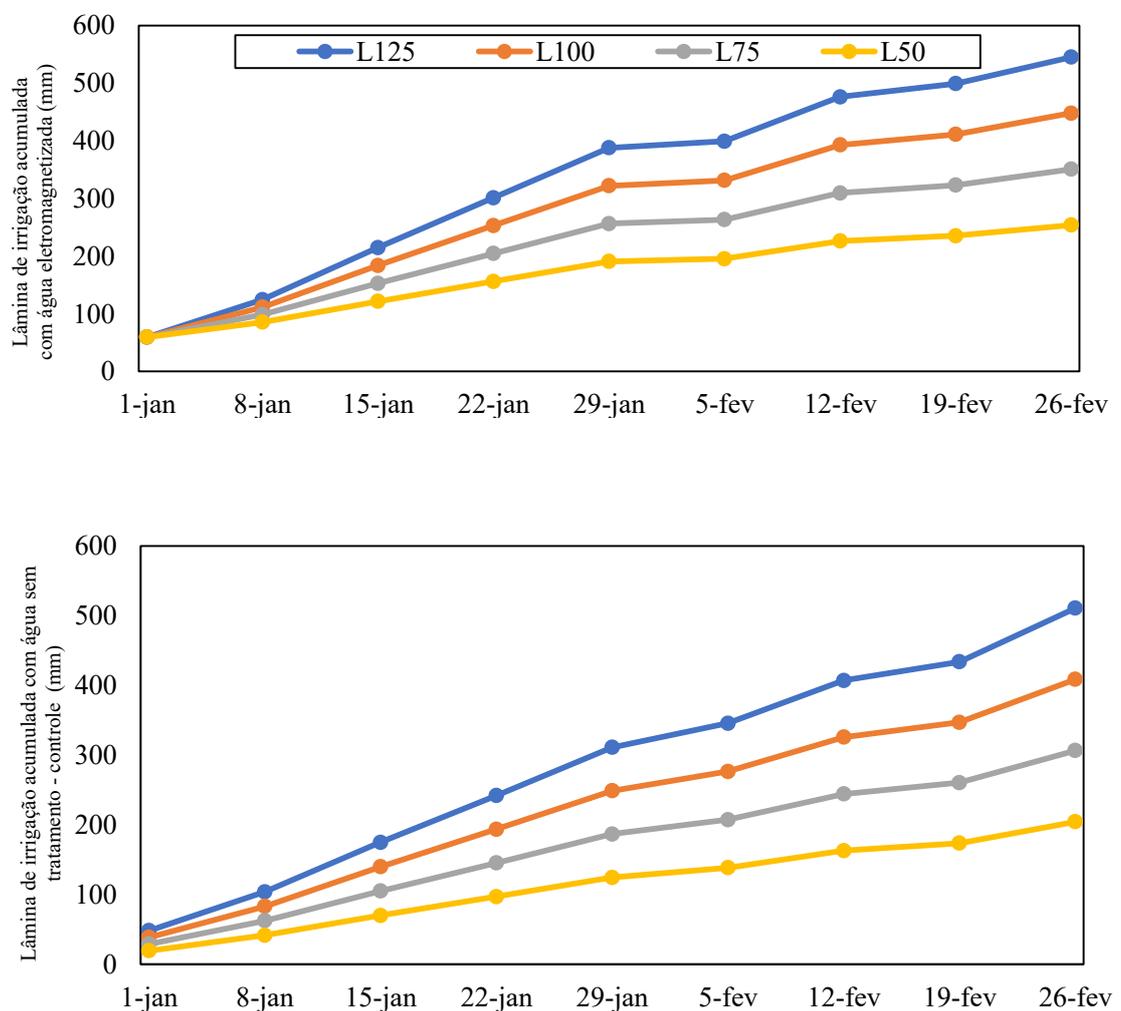
Por fim, as plantas e as espigas com suas respectivas palhas foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar durante 72 horas na temperatura de 65°C. Em seguida obteve-se a massa seca da espiga despalhada (MSED) em gramas, a massa seca da espiga com palha (MSEP) em gramas, e a massa seca da parte aérea (MSPA) em gramas.

Para análise dos dados foi utilizado a análise de variância, modelos de regressão e comparação das médias, em software R.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período do experimento a lâmina total de irrigação foi variável em função do tipo de água estudado. Em média, foram aplicados 399,5 mm quando realizado o tratamento eletromagnetizado da água de irrigação e 357,5 mm para o nível de controle como podemos observar na figura 1, a seguir.

**Figura 1** – Lâminas de irrigação acumuladas aplicadas nos dois níveis de tipo de água estudados



No nível água com tratamento eletromagnético, foram irrigados 448 mm, 545 mm, 351 mm, 254 mm para as reposições hídricas L100, L125, L75 e L50, respectivamente. Já na água sem tratamento, isto é, o nível controle para o tipo de água, foram aplicados 409 mm, 511 mm, 306 mm e 204 mm para as reposições hídricas de L100, L125, L75 e L50, respectivamente.

Na Tabela 1 apresentam-se as médias dos resultados obtidos das avaliações realizadas no final do ciclo da cultura, para o fator água. Para este fator, o tipo de água eletromagnetizada e o controle, isto é, água sem tratamento, não foram observadas diferenças significativas na análise de variância. Assim, não houve diferenças significativas para os níveis estudados neste fator para nenhuma das variáveis respostas (Tabela 1).

**Tabela 1** – Teste de médias das respostas agrônômicas avaliadas em dois níveis no fator tipo de água

Respostas biométricas/produativas	Tipo de água	
	EM	C
AP (cm)	188.750a	185.875a
CE (cm)	14.5625a	14.4062a
DC (mm)	14.4800a	15.0925a
DE (mm)	40.0369a	39.9831a
IE (cm)	71.8125a	68.5000a
MFED (g)	99.8125a	108.6250a
MFEP (g)	147.6875a	155.9375a
MFPA (g)	198.6875a	183.6875a
MSED (g)	38.3750a	44.9375a
MSEP (g)	51.000a	57.625a
MSPA (g)	81.2681a	74.9000a
NGE	242.125a	260.250a

\* Médias com a mesma letra não diferem pelo Teste de F à 5% de probabilidade

Na tabela 2 observam-se as médias de cada variável estudada com o efeito simples dos níveis dos fatores de reposição hídrica.

**Tabela 2** – Teste de médias das respostas agrônômicas avaliadas em dois níveis no fator reposição hídrica

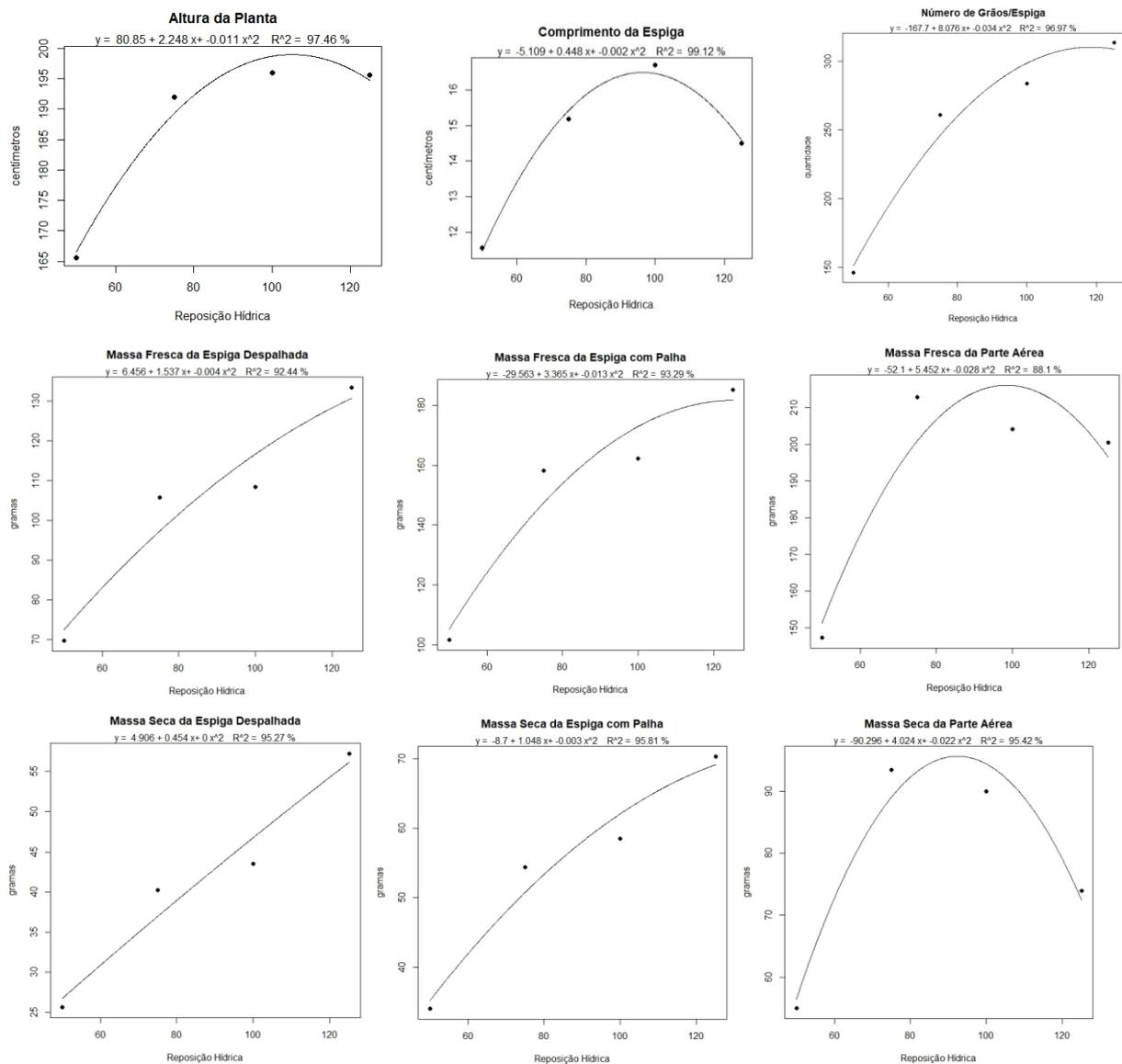
Respostas biométricas/produativas	Reposição hídrica (%)			
	L1	L2	L3	L4
AP (cm)	165,6a	192,0ab	196,0a	195,6a
CE (cm)	11,6b	15,2ab	16,7a	14,5ab
DC (mm)	14,0a	15,4a	14,8a	14,9a
DE (mm)	35,5a	39,6a	42,0a	43,0a
IE (cm)	61,0a	71,5a	72,8a	75,4a
MFED (g)	69,6b	105,6a	108,3a	133,4a
MFEP (g)	101,6b	158,1a	162,3a	185,3a
MFPA (g)	147,3b	212,9a	204,1a	200,5ab
MSED (g)	25,6b	40,3ab	43,5ab	57,3a
MSEP (g)	34,0b	54,4ab	58,5a	70,4a
MSPA (g)	55,0b	93,4a	90,0a	73,9ab
NGE	145,9b	261,0a	284,0a	313,9a

\* Médias com a mesma letra não diferem pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade

As variáveis AP, CE, NGE, MFED, MFEP, MFPA, MSED, MSEP e MSPA apresentaram diferenças significativas à 5% de probabilidade.

Na figura 2 observa-se a regressão polinomial de 2º grau que representa a relação entre a resposta biométricas/produativas e a reposição hídrica.

**Figura 2** – Regressão quadrática das variáveis AP, CE, NGE, MFED, MFEP, MFAP, MSED, MSEP e MSPA para o fator Reposição Hídrica



Com base no modelo quadrático, foi possível estabelecer que a reposição hídrica de 97,41% é a que maximiza o CE, na ordem de 16,71 cm. O modelo matemático estabelecido tem correlação de 99,12% ( $r^2$ ) (Figura 2).

A regressão quadrática apresentou o melhor ajuste para os dados de MFPA de milho nos diferentes níveis de reposição hídrica estudados. Em média, a MFPA foi de 191,2 g, oscilando entre 147,3 até 212,9 g. Assim, foi possível estabelecer que a reposição hídrica de 97,36% foi a que maximizou a MFPA, na ordem de 213,30 gramas. O modelo matemático estabelecido tem correlação de 88,1% ( $r^2$ ), conforme a Figura 2.

O modelo quadrático foi o que melhor apresentou ajustes dos dados de MSPA de milho nos diferentes níveis de reposição hídrica estudados. Em média, a MSPA foi de 78,1 g, oscilando entre 55 até 93,4 g. Com base no modelo quadrático, foi possível estabelecer que a reposição hídrica de 95,42%% é a que maximiza a MSPA, na ordem de 93,71 gramas, conforme a Figura 2.

## CONCLUSÃO

Para as condições do experimento realizadas na pesquisa constatou-se que não houve incremento agronômicos ao adotar o tratamento eletromagnético da água de irrigação para a cultura do milho.

Não obstante, a estratégia de reposição na ordem de 90% lâmina diária de irrigação para retornar à umidade à capacidade de campo maximizou a massa seca da parte aérea e o diâmetro das espigas de milho.

## REFERÊNCIAS

- BERGAMASCHI, H. *et al.* Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.831-839, 2004.
- BERALDO, J. M. G.; CORA, J. F. E.; FERNANDES, E. J. Measurement systems of soil water matric potential and evaluation of soil moisture under different irrigation depths. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 467-478, maio 2012. Bimestral.
- BOGATIN J. *et al.* Magnetic treatment of irrigation water experimental results and application conditions. **Environ. Sci. Technol.** v. 33, p.1280-1285, 1995.
- BRITO, M. E. B. *et al.* Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, v.29, n.5, p.1244-1254, 2013.
- PUTTI, F. F. *et al.* 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.
- GEHR R.Z.A., ZHAI J.A., FINCH S.R.R. Reduction of soluble mineral concentrations in CaSO<sub>4</sub> saturated water using a magnetic field. **Water Res.**, v. 29, n.3, p.933- 940, 1995.
- HASSON D., BRAMSON D. Effectiveness of magnetic water treatment in suppressing CaCO<sub>3</sub> scale deposition. **Ind. Eng. Chem. Proc. Des. Dev.**, v. 24, p.588-592, 1985.
- HERZOG R.E., SHI Q., PATIL J.N., KATZ J.L. Magnetic water treatment - The effect of iron on calcium carbonate nucleation and growth. **Langmuir**, v. 5, p.861-867, 1989.
- JOSHI K.M., KAMAT P.V. Effect of magnetic field on the physical properties of water. **Ch. Soc.**, v. 43, p. 620-622, 1966.
- MATOS, F. M. de *et al.* Produtividade do milho cultivado sob diferentes regimes hídricos, **XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo – Águas de Lindóia**, 2012.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região do cerrado. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.3, p.342-346, 2006.
- KATSUKI A. *et al.* The effect of high magnetic field on the crystal growth of benzophenone. **Ch. Let.**, v. 8, p.607-608, 1996.
- KRONENBERG, K.J. Experimental evidence for effects of magnetic fields on moving water and fuels. **IEEE Trans. Mag.**, v. 21, p.2059-2061, 1985.
- OZEKI, S. *et al.* Water-solid interactions under steady magnetic fields magnetic-field-induced adsorption and desorption of water. **J. Phys. Chem.**, v.100, n.10, p.4205, 1996.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Editora Manole, 2004. 478 p.

SCHITTENHELM, S. Chemical composition and methane yield of maize hybrids with contrasting maturity. **European Journal Agronomy**, Córdoba, v. 29, n. 2, p. 72–79, 2008.

WEILAND, P. Biomass digestion in agriculture: a successful pathway for the energy production and waste treatment in Germany. **Engineering Life Science**, Dresden, v. 6, n. 3, p. 302–309, 2006.