

MANEJO DO ESTRESSE SALINO EM MILHO VERDE COM ADUBAÇÃO ORGÂNICA E *TRICHODERMA HARZIANUM* EM SISTEMA AGROECOLÓGICO

Maria Vanessa Pires de Souza¹, Rosana de Paula Jerônimo², Geocleber Gomes de Sousa³,
Alexsandro Oliveira da Silva⁴, Emitério Ernesto Macaringuê⁵, Dênis dos Santos Hilário⁶

RESUMO: O experimento foi conduzido entre agosto e novembro de 2023 na fazenda experimental da UNILAB, em Redenção-CE. Utilizou-se delineamento em blocos ao acaso com esquema de parcelas subdivididas e quatro repetições, avaliando dois níveis de salinidade da água (0,3 e 3,0 dS m⁻¹), três doses de esterco bovino (0, 10 e 20 t ha⁻¹) e a aplicação ou não de *Trichoderma harzianum* (4 L ha⁻¹, em quatro parcelas). A cultura utilizada foi o milho BRS Caatingueiro, irrigado por gotejamento com base na evapotranspiração de referência (ET_o). Amostras de solo foram analisadas, e a irrigação salina foi preparada com sais específicos em proporção 7:2:1. As variáveis avaliadas aos 42 dias após a semeadura foram: altura de planta, diâmetro do colmo e área foliar. Os resultados obtidos mostraram que a interação entre salinidade, adubação orgânica e *Trichoderma harzianum* resultou em maiores alturas, área foliar e diâmetro do colmo das plantas, especialmente em condições de baixa salinidade e maiores doses de adubo. O *Trichoderma* melhorou a tolerância ao estresse salino e potencializou os efeitos da adubação, promovendo melhor desenvolvimento vegetal.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, água salina, microrganismo.

MANAGING SALT STRESS IN GREEN CORN WITH ORGANIC FERTILIZER AND *TRICHODERMA HARZIANUM* IN AN AGROECOLOGICAL SYSTEM

ABSTRACT: The experiment was conducted between August and November 2023 at the UNILAB experimental farm in Redenção-CE. A randomized block design was used with subdivided plots and four replications, evaluating two levels of water salinity (0.3 and 3.0 dS

¹ Msc. Depto de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

² Engenheira Agrônoma, Universidade Federal do Ceará, (85) 991777886, rosanadepaula@alu.ufc.br

³ Prof. Dr. Depto de Ciências do Solo, UNILAB, Redenção, CE.

⁴ Prof. Dr. Depto de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

⁵ Graduando em Agronomia, UNILAB, Redenção, CE.

⁶ Geógrafo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.

m⁻¹), three doses of cattle manure (0, 10 and 20 t ha⁻¹) and the application or not of *Trichoderma harzianum* (4 L ha⁻¹, in four plots). The crop used was BRS Caatingueiro corn, irrigated by drip based on reference evapotranspiration (ET_o). Soil samples were analyzed, and saline irrigation was prepared with specific salts in a 7:2:1 ratio. The variables assessed at 42 days after sowing were: plant height, stem diameter and leaf area. The results obtained were that the interaction between salinity, organic fertilizer and *Trichoderma harzianum* resulted in greater plant heights, leaf area and stem diameter, especially in conditions of low salinity and higher doses of fertilizer. *Trichoderma* improved tolerance to salt stress and enhanced the effects of fertilization, promoting better plant development.

KEYWORDS: *Zea mays*, saline water, microorganism.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal de importância econômica mundial devido ao valor nutricional de seus grãos, utilizados na alimentação humana e animal (Erenstein et al., 2022), porém, essa cultivar é sensível ao sal (Farooq et al., 2015). A presença de excesso de sais no solo desencadeia vários distúrbios fisiológicos nas plantas, incluindo absorção de água prejudicada, absorção desequilibrada de nutrientes, eficiência fotossintética reduzida, reduções substanciais na produtividade das culturas e perturbações fisiológicas e bioquímicas (Mahara et al., 2022). Como forma de atenuação da salinidade, diferentes estratégias estão sendo usadas, como utilização de fontes de fertilizantes orgânicos, essas substâncias orgânicas são usadas para manter a saúde e a fertilidade do solo (Bolan et al., 2003). Os fertilizantes orgânicos atuam como os melhores fertilizantes para aumentar a produtividade das culturas do que os fertilizantes químicos, melhorando a qualidade do solo (Cai et al., 2019). Além do uso de fertilizantes, alguns microrganismos como o *Trichoderma* spp. pode colonizar a rizosfera da planta ou penetrar nas raízes da planta e formar relações simbióticas com seus hospedeiros (Del Carmen et al., 2021), melhorando assim a absorção de nutrientes e a qualidade geral da planta (Morcuende et al., 2024). Portanto, esse estudo tem como foco analisar o uso do *Trichoderma* spp e a adubação orgânica na cultura do milho sob estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de agosto a novembro de 2023, na fazenda experimental da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), localizada em Redenção-CE. O clima da região é do tipo BSh' com temperaturas muito quentes e chuvas predominantes nas estações do verão e do outono (ALVARES et al., 2013).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de duas condutividades elétricas da água de irrigação (CEa): (A1 – 0,3 dSm⁻¹ e A2 – 3,0 dSm⁻¹). As subparcelas corresponderam a três doses de esterco bovino curtido, 0, 10 e 20 t ha⁻¹, correspondendo a D0 = 0, D50 = 50% e D100 = 100% da dose recomendada, segundo a metodologia de (Nascimento, 2022). Já as subparcelas foram constituídas pela presença e ausência da inoculação via solo do *Trichoderma harzianum* (CEPA ESALQ 1306) na forma de suspensão concentrada com concentração de 2,0 x 10⁹ conídios viáveis/mL. A dose aplicada foi de 4 L ha⁻¹ parcelada em 4 vezes durante o ciclo de cultivo.

Foram realizadas coletas de amostras de solo na camada de 0-20 cm de profundidade e enviadas para análise. As análises químicas e físicas seguiram a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental

MO	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ + AL ³⁺	SB	PST	CEes	pH (H ₂ O)
g kg ⁻¹		mg dm ⁻³							%	dS m ⁻¹	
16,07	0,99	21	0,19	5,90	0,70	0,12	1,82	6,9	1,0	0,56	6,4

MO: Matéria orgânica; SB: Soma de bases; PST: Porcentagem de sódio trocável; CEes: Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo.

O solo da área é classificado como Argissolo, de textura franco-arenosa. A cultura utilizada foi o milho (*Zea mays* L.), cultivar BRS Caatingueiro, cultivada em espaçamento de 0,8 x 0,2 m entre linhas de plantio e entre plantas, respectivamente.

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi por gotejamento, com emissores de vazão correspondente a 8 L h⁻¹. A irrigação ocorreu com frequência diária, com base na evapotranspiração máxima da cultura (ETc), que foi estimada multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ETo) pelo coeficiente de cultura (Kc), conforme método proposto pela FAO 56 (ALLEN et al., 2006). A ETo foi estimada diariamente, utilizando um

tanque evaporímetro de tipo classe “A” localizado próximo da área experimental, pertencente a Fazenda experimental da Universidade.

Os coeficientes de cultura utilizados foram: 0,86 (até 40 dias após a semeadura, DAS), 1,23 (de 41 a 53 DAS), 0,97 (de 54 a 73 DAS) e 0,52 (de 74 DAS até o final do ciclo), com turno de irrigação de dois dias. Uma fração de lixiviação de 15% foi adicionada à lâmina de irrigação aplicada. O tempo de irrigação foi obtido usando a Equação (1):

$$It = \frac{ETc \times Ee \times El}{Ea \times q} \times 60 \quad (1)$$

Em que,

It - Tempo de irrigação (min);

ETc - Evapotranspiração da cultura do período (mm);

El - Espaçamento entre linhas (m);

Ee - Espaçamento entre emissores (m);

Ea - Eficiência de aplicação (0,92);

q - Vazão (L h⁻¹)

A preparação das águas utilizadas na irrigação ocorreu da seguinte forma: a de menor salinidade foi proveniente de abastecimento local, já a de maior teor salino foi obtida através da adição dos sais cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂.2H₂O) e cloreto de magnésio (MgCl₂.6H₂O) mantendo proporção equivalente de 7:2:1 (MEDEIROS, 1992). Sendo as condutividades monitoradas por meio de condutivímetro portátil.

Para a adubação orgânica, foi utilizado esterco curtido, que foi aplicado em covas laterais próximas as linhas de plantio, em dois períodos (fundação e cobertura). As doses foram divididas em 0, 50 e 100% da recomendação de adubação para a cultura do milho (Nascimento, 2022), calculadas conforme a análise do material.

Tabela 2. Características químicas do esterco bovino curtido utilizado nos tratamentos.

Esterco bovino curtido							
N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn
-----g/kg-----							
19,60	4,95	0,67	1,38	3,85	0,55	0,04	0,10

O microrganismo utilizado no experimento foi o *Trichoderma harzianum* (CEPA ESALQ 1306), produto comercial. A aplicação ocorreu de forma manual, via solo, sendo realizadas

quatro vezes, a dose total aplicada foi de 4 L ha⁻¹. A primeira aplicação ocorreu no dia do plantio, as demais ocorreram a cada 15 dias.

Aos 42 dias após a semeadura (DAS) as plantas foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de planta (AP) – utilizando trena métrica graduada em centímetros, diâmetro do colmo (DC) - com auxílio de um paquímetro digital e área foliar (AF, cm²) - foi obtida por meio da fórmula $A = C * L * 0,75$ em que C representa o comprimento, e L, a largura da folha e 0,75 é um coeficiente de correção (PEREIRA, 1987).

Após a obtenção dos dados, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) e quando significativos pelo teste F, os dados foram submetidos ao teste de Tukey com nível de probabilidade de 0,05, utilizando o software Assisat 7.7 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação tripla entre os tratamentos, e as maiores alturas de plantas (90 e 87,5 cm) foram obtidas no menor nível salino associado as doses de 10 e 20 t ha⁻¹, na presença do *Trichoderma*. A interação positiva entre adubação orgânica e microorganismos no crescimento de plantas, pode ser explicada pelo fato desse insumo favorecer a obtenção de nutrientes importantes para microrganismos, regular propriedades físico-químicas do solo e criar condições favoráveis para microrganismos. Um exemplo é a mineralização do N, que é acelerada uma vez que o microrganismo aumenta a degradação de materiais orgânicos e como resultado tem-se a liberação de nutrientes mineralizados (Asghar e Kataoka, 2021).

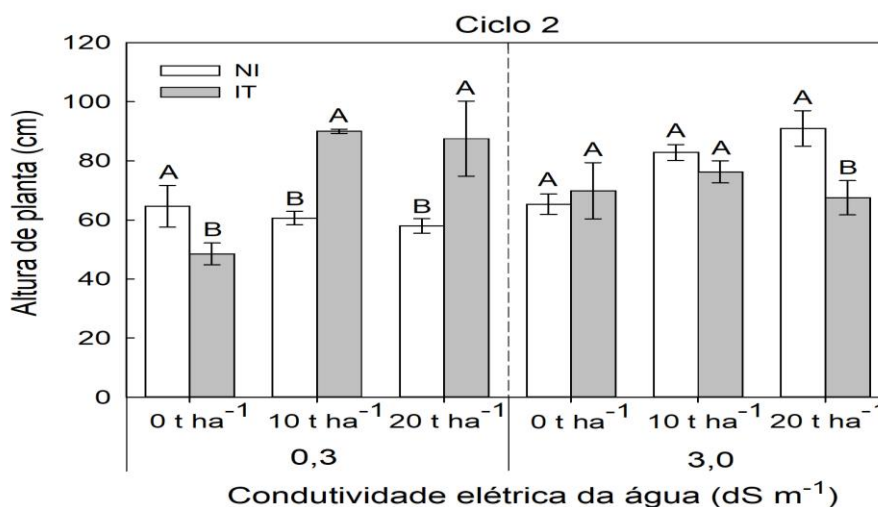


Figura 1. Altura de plantas de milho sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), doses de adubação, em solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT).

Letras maiúsculas comparam médias entre plantas em solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT) em uma mesma condutividade elétrica e dose de adubação pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Como mostra na Figura 2A no tratamento IT, a área foliar foi maior estatisticamente quando submetida ao menor nível salino. Já para o maior nível salino, as médias dos tratamentos NI e IT não diferiram entre si. Os tratamentos com *Trichoderma* (IT) promoveram um aumento significativo na área foliar, indicando que o *Trichoderma* pode melhorar a tolerância das plantas em meio salino ao estimular a atividade de enzimas antioxidantes e a expressão gênica, promovendo um melhor desenvolvimento radicular e melhorando a absorção de água e nutrientes. Além disso, ele eleva os teores de prolina, modula os níveis de fitohormônios e auxilia na remoção de sais, reduzindo os efeitos do estresse salino (Zhang et al, 2019; Daliakopoulos et al, 2019).

É possível observar na figura 2B, nos tratamentos com IT as doses 10 e 20 t ha⁻¹ foram as que contribuíram para uma maior área foliar. O *Trichoderma* mostrou maior eficácia em condições de maior adubação, especialmente no segundo ciclo, demonstrando que tem potencial para melhorar a resposta das plantas à adubação orgânica.

Em conformidade com o presente estudo, Kumar et al., (2017) observaram redução na área foliar, quando submetida a salinidade da água, porém quando inoculadas com isolados de *Trichoderma*, observaram as maiores médias para área foliar. Worlu et al., (2022) também constataram uma maior área foliar em plantas de milho cultivadas em solo contendo *Trichoderma hazianum*, em relação as cultivadas sem o microrganismo.

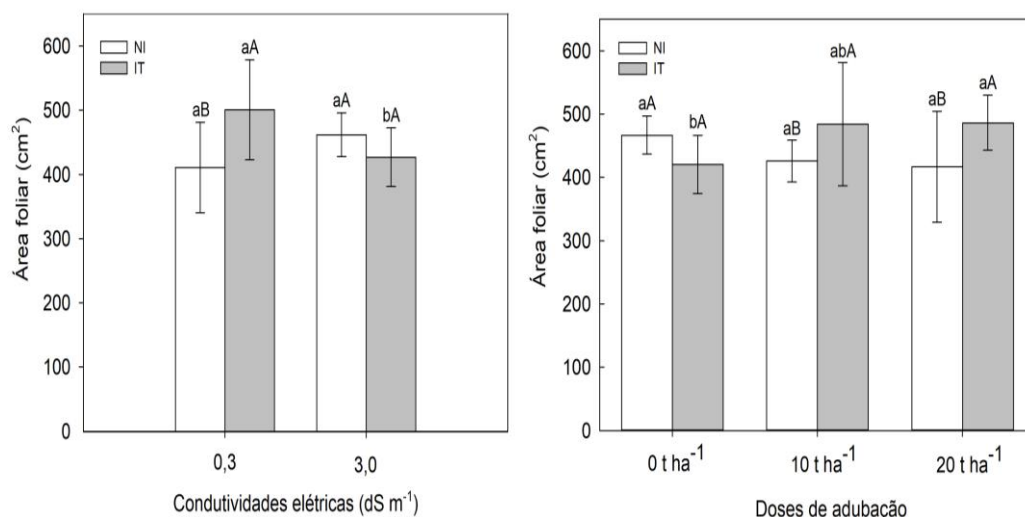


Figura 2. Área foliar de plantas de milho submetidas a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) em solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT) (A). Área foliar de plantas de milho submetidas a doses de adubação, em solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT) (B).

A: Letras minúsculas comparam as médias entre solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT) para cada nível de CEa, letras maiúsculas comparam as médias de NI e IT dentro de cada CEa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

B: Letras minúsculas comparam valores médios entre as doses de adubação dentro de solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT), letras maiúsculas comparam as médias entre solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT) dentro de cada dose de adubação pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

De acordo com a figura 3 a inoculação (IT) estimulou um maior diâmetro do colmo em relação aos tratamentos NI, independente das doses de adubação. Mesmo sob irrigação de maior nível salino, o *Trichoderma* atenuou os efeitos negativos, mantendo o crescimento do colmo. A matéria orgânica funciona como um condicionador de solo, melhora não só a fertilidade mas também a agregação, ciclagem de nutrientes e fonte de alimento para a microbiota do solo (MAO et al., 2022). Por sua vez o *Trichoderma* atua sintetizando fitohormônios que atuam na expansão da parede celular e no aumento da produção de biomassa, consequentemente plantas terão um diâmetro maior (STEFFEN et al., 2021;).

Wei et al., (2023) trabalhando com a cultura do sorgo doce (variedade Aertuo326) e inoculação via semente de *Trichoderma harzianum*, constataram efeito significativo do microrganismo e aumento de 32,09% no diâmetro do colmo em relação ao tratamento controle. Já Araújo et al., (2023) trabalhando com doses de *T. harzianum* na cultura do milho, também encontraram aumento nessa variável de até 34%, em relação a testemunha.

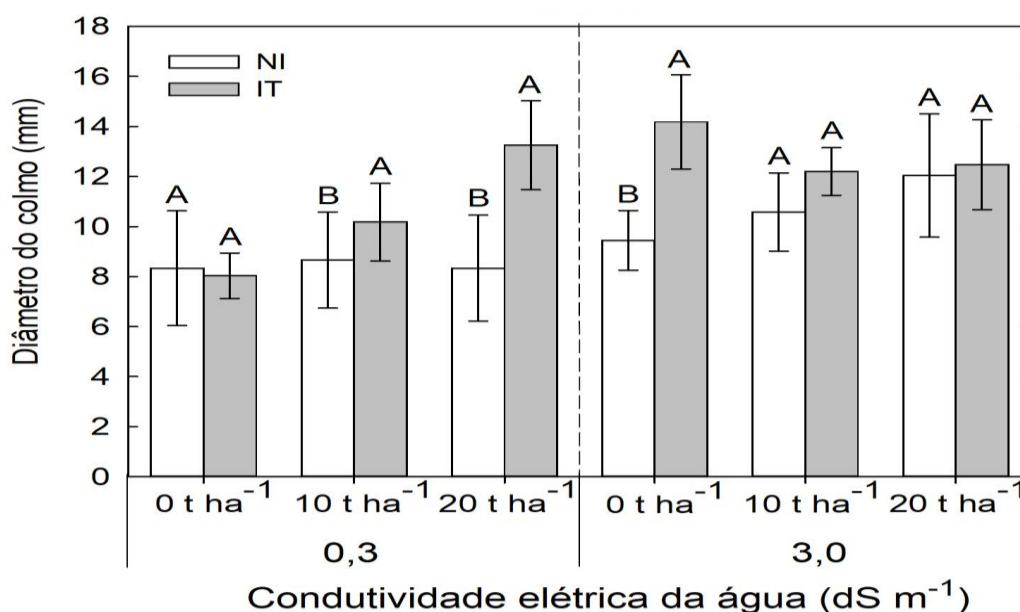


Figura 3. Diâmetro do colmo de plantas de milho sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e doses de adubação, em solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT), ciclo 2 (B).

Letras maiúsculas comparam médias entre plantas em solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT) em uma mesma condutividade elétrica e dose de adubação pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

CONCLUSÕES

A inoculação com o *Trichoderma harzianum* demonstrou eficácia na melhoria do desempenho agrônômico das plantas, principalmente sob condições de menor salinidade da água de irrigação. Irrigação com água salobra afetou o crescimento das plantas de milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Moraes Gonçalves, J. L., Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Araújo, TB de, Schuelter, AR, Souza, IRP de, Coelho, SRM, & Christ, D. (2023). promoção de crescimento em milho inoculado com *Trichoderma harzianum*. **REVISTA BRASILEIRA DE MILHO E SORGO**, 22 . <https://doi.org/10.18512/rbms2023v22e1269>
- WEI, Yanli et al. A inoculação de *Trichoderma harzianum* promove o crescimento do sorgo doce em solo salino modulando os nutrientes disponíveis na rizosfera e a comunidade bacteriana. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1258131, 2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1258131>
- Steffen, G. P. K., Tomazzi, D. J., Steffen, R. B., Gabe, N. L., da Silva, R. F., Mortari, J. L. M., Maldaner, J., & dos Santos, G. F. P. (2021). Incremento da produtividade de milho pela inoculação de *Trichoderma Harzianum* / Increase in maize productivity through by *Trichoderma Harzianum* inoculation. **Brazilian Journal of Development**, 7(1), 4455–4468. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-301>
- Worlu, C. W., Nwauzoma, A. B., Chuku, E. C., & Ajuru, M. G. Comparative effects of *Trichoderma* species on Growth Parameters and Yield of *Zea mays* (L.). **GPH-International Journal of Biological & Medicine Science**, v. 5, n. 02, p. 01-09, 2022. <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.6844414>
- Kumar, K.; Manigundan, K.; Amaresan, N. Incremento da produtividade de milho pela inoculação de *Trichoderma Harzianum* / Increase in maize productivity through by *Trichoderma Harzianum* inoculation. **Journal of basic microbiology**, v. 57, n. 2, p. 141-150, 2017. <https://doi.org/10.1002/jobm.201600369>
- Asghar, W.; Kataoka, R. Effect of co-application of *Trichoderma* spp. with organic composts on plant growth enhancement, soil enzymes and fungal community in soil. **Archives of microbiology**, v. 203, n. 7, p. 4281-4291, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02413-4>
- MAO, Xiaoxi et al. Remediation of organic amendments on soil salinization: Focusing on the relationship between soil salts and microbial communities. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 239, p. 113616, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113616>

Nascimento, L. S. Uso do *Trichoderma* e da adubação orgânica no cultivo do milho verde. 2022. 15p. Trabalho de conclusão de curso. **Curso de Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Rural (IDR)**. Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. Redenção-CE, 2022.

Teixeira, P. C., Donagema, G. K., Fontana, A., Teixeira, W.G. **Manual de métodos de análise do solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 573 p, 2017.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiración del cultivo, 298pp., **Guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos**, Estudio FAO Riego y Drenaje, No. 56, Roma, Italia, 2006.

Medeiros, J. F. **Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos**. 1992. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola: Área de Concentração Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 1992.

PEREIRA, Antonio Roberto. Estimativa da área foliar em milharal. **Bragantia**, v. 46, p. 147-150, 1987.

Silva, F.D.A.S., Azevedo, C.A.V.D. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, 3733–3740, 2016. [Google Scholar]