

EFEITOS DE DOSES DE SALINIDADE NO PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO E DA ÁGUA

HERMENEGILDA ANDRÉA CARLA MACHADO; LUIS GONZAGA PINHEIRO NETO¹, INGRID SOLEDADE JERONIMO DE ARAUJO², EDUARDO SOUSA COSTA², FRANCISCO MATEUS DO NASCIMENTO FERREIRA².

¹ Doutor, Instituto Federal do Ceará-IFCE/ *Campus* Sobral, Sobral – CE. E-mail: luis.neto@ifce.edu;

² Graduandos em Eng. agrônoma, Instituto Federal do Ceará/ *Campus* Sobral.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
06 a 09 de outubro de 2025

RESUMO: Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da salinidade no pH e na CE do solo e da água. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo quatro tratamentos. As parcelas foram compostas por 4 níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa de 1,6; 3,2; 4,8 e 6,4 dS m⁻¹) com quatro repetições. As variáveis analisadas foram a condutividade elétrica do solo (CEs), pH do solo (pHs), condutividade elétrica da água (CEa), e pH da água (pHa). Os dados obtidos foram avaliados mediante a análise de variância (ANOVA) pelo teste de F (P<0,05). Em sequência, as variáveis que apresentaram efeito significativo foram submetidas a análise de regressão e teste de tukey, ambos com nível de significância de 0,05, conforme a natureza da variável analisada. O aumento da salinidade elevou os valores de condutividade elétrica do solo e da água. Apesar disso, o pH do solo e da água permaneceram praticamente constante. A salinidade alterou a concentração de sais, mas não afetou o pH.

Palavra-chave: sais, irrigação, parâmetros químicos.

EFFECTS OF SALINITY LEVELS ON SOIL AND WATER PH AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of salinity on the pH and electrical conductivity (EC) of soil and water. The experimental design used was completely randomized (CRD), with four treatments. The plots consisted of four levels of electrical conductivity of irrigation water (ECw: 1.6, 3.2, 4.8, and 6.4 dS/m) with four replications. The analyzed variables were soil electrical conductivity (ECs), soil pH (pHs), water electrical conductivity (ECw), and water pH (pHw). The data obtained were evaluated by analysis of variance (ANOVA) using the F test (P<0.05). Subsequently, the variables that showed a significant effect were subjected to regression analysis and Tukey's test, both at a significance level of 0.05, according to the nature of the variable analyzed. The increase in salinity raised the values of soil and water electrical conductivity. Despite this, the pH of soil and water remained practically constant. Salinity alters the salt concentration but does not affect pH.

Keywords: salts, irrigation, chemical parameters.

INTRODUÇÃO

O processo de salinização decorre de características ambientais e/ou ações antrópicas (Daliakopoulos et al., 2016). Dentre as características naturais destacam-se transportes de sedimentos com sais para locais não salinizados; ações da ascensão por capilaridade dos solos para superfície; altas taxas de evapotranspiração (Walter et al., 2018). As ações humanas a contribuirão ao acúmulo de sais são variadas: utilização de água contendo elevados quantitativos de sais (Daliakopoulos et al., 2016); prática de irrigação sem sistema de drenagem; aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas com alta concentração de sais (Salvati; Ferrara, 2015). A salinização natural tem origem nas relações entre as condições hidrológicas, climáticas e geológicas (ANA, 2005), ao passo que as causas

antrópicas se originam principalmente das águas salobras em sistemas irrigados de produção agrícola (Cordeiro, 2003). Segundo Barroso et al. (2011), a salinização dos solos e corpos hídricos é frequente nas zonas áridas e semiáridas do mundo, seja por causas naturais (salinização primária) ou antrópicas (salinização secundária). A salinização natural decorre do acúmulo de sais que derivam diretamente de processos relacionados ao intemperismo das rochas e/ou dos movimentos das águas oceânicas, ao passo que a salinização antrópica (secundária) ocorre quando os sais acumulados derivam de adições artificiais, em atividades de natureza humana (Daliakopoulos et al., 2016). Diante o exposto objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da salinidade no pH e na CE do solo e da água.

MATERIAL E MÉTODOS

A irrigação dos vasos foi realizada manualmente de acordo com tratamentos pré-estabelecidos diariamente. O volume de água aplicado diariamente por vaso foi quantificado a partir de microlisímetros de drenagem. Para isso, foi utilizado um vaso de cada tratamento como padrão para quantificar a quantidade de água a ser aplicada. Para mensurar a irrigação embaixo de cada vaso foi utilizado um recipiente de plástico para que o excesso drenado fosse quantificado diariamente. As irrigações foram feitas com soluções de condutividade elétrica da água de irrigação de acordo com cada tratamento. E para atingir os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) desejados será utilizado a quantidade necessária de cloreto de sódio (NaCl), aplicando a metodologia de Rhoades (2000), respeitando a relação entre CEa e sua concentração molar ($\text{mmol L}^{-1} = \text{CE} \times 10$) de (Richards, 1954). A preparação das soluções foi feita em um reservatório com cerca de 250 L cada, um medidor de condutividade foi usado para calibrar a corrente e os valores de CE desejados.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo quatro tratamentos. As parcelas foram compostas por 4 níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa de 1,6; 3,2; 4,8 e 6,4 dS m^{-1}) com quatro repetições. O ensaio foi realizado em ambiente aberto e em vasos com volume de 10 L. As variáveis analisadas foram a condutividade elétrica do solo (CEs), pH do solo (pHse), condutividade elétrica da água (CEa), e pH da água (pHa).

As análises de pH e condutividade elétrica do solo (CEs) foram avaliadas, de acordo com metodologia recomendada pela Embrapa (2017). A preparação para as análises de CEs das amostras de solo seguiu o método de obtenção do extrato da pasta de saturação, inicialmente, foram pesados de 150g de solo previamente seco e passado em peneira de 2 mm, sendo a amostra transferida para béquer de plástico com capacidade de 400 mL. A seguir, a pasta saturada foi transferida para funil de Büchner contendo papel de filtro e acoplado a kitasato de 500 mL. A sucção foi realizada com bomba de vácuo até a obtenção do extrato de saturação. A condutividade elétrica (CE) do extrato foi determinada utilizando condutivímetro de leitura direta, devidamente aferido com solução padrão de KCl $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ($\text{CE} = 1,41 \text{ mS cm}^{-1}$).

Para a análise de pH do solo foi utilizando a suspensão solo: solução na proporção 1:2,5. Foram pesados exatamente 10 g de solo em balança analítica de precisão e transferidos para copos plásticos de 50 mL. Em seguida, foram adicionados 25 mL de água destilada. A suspensão deixada em repouso por 1 hora em temperatura ambiente. Após o período de repouso, a suspensão foi novamente homogeneizada com leve agitação e, em seguida, procedeu-se à leitura do pH utilizando potenciômetro digital equipado com eletrodo combinado de vidro. O equipamento foi previamente ligado com 30 minutos de antecedência para estabilização eletrônica, sendo calibrado com soluções padrão de pH 4,00 e 7,00 conforme recomendação do fabricante.

A determinação do pH da água (pHa) e da condutividade elétrica da água (CEa) foi realizada em amostras coletadas em recipientes limpos, devidamente identificados e sem contaminantes. As análises seguiram protocolos recomendados para soluções aquosas, utilizando equipamentos previamente calibrados.

Para a leitura do pH da água, utilizou-se um potenciômetro digital equipado com eletrodo combinado de vidro. O eletrodo foi imerso diretamente na amostra e a leitura foi registrada após estabilização do valor, evitando interferência de variações de temperatura e flutuações momentâneas.

A condutividade elétrica da água foi determinada por meio de condutímetro de leitura direta, previamente aferido com solução padrão de cloreto de potássio (KCl) 0,01 mol L⁻¹, cuja condutividade é de aproximadamente 1,41 mS cm⁻¹ a 25 °C. O sensor foi imerso na amostra e a leitura foi realizada com correção automática para a temperatura da solução

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativo para os dados qualitativos foi usado o teste de Tukey, enquanto para aqueles quantitativos foi utilizada a análise de regressão. As análises foram realizadas com auxílio do software R: A Language and Environment for Statistical Computing, R version 4,2,3 (R Core Team, 2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 pode ser visualizado os resultados da análise de variância (ANOVA) para as variáveis condutividade elétrica do solo (CEes), pH do solo (pHes), condutividade elétrica da água (CEa) e pH da água (pHa). Os resultados indicam que houve efeito significativo dos tratamentos sobre a condutividade elétrica do solo e da água ($p < 0,01$), resultados semelhantes aos de Pessoa et al. (2011) que estudou a condutividade elétrica da água lixiviada no cultivo da cebola, no qual afirma que independentemente do período de coleta, ou seja, o uso de águas de irrigação mais salinas promoveu elevação na salinidade dos lixiviados, detectados pelos maiores valores de condutividade elétrica evidenciando que os tratamentos influenciaram de forma expressiva a concentração de sais presentes no solo e na água lixiviada. Por outro lado, o pH do solo e da água não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$), o que demonstra que, embora tenha havido alteração na condutividade elétrica, o potencial hidrogeniônico do sistema não foi afetado de forma estatisticamente relevante.

Estudo realizado por Rodrigues et al., (2018) a condutividade elétrica do solo aumentou significativamente com o teor salino da água de irrigação, o que melhor representou os dados desta variável. Em estudo sobre salinização/sodificação do solo e dinâmica fisiológica de girassol, Ashraf et al., (2016) relataram que a irrigação com água salina sódica levou ao acúmulo de sais no solo e causou um aumento de 165% da CE no solo. Resultados semelhantes são apresentados por Gonçalves et al. (2011), Silva et al., (2011), Linhares et al. (2013) e Hassanli e Ebrahimian, (2016), ao verificarem que houve aumento da condutividade elétrica do solo com o aumento da concentração de sais na água de irrigação. Almaroi et al. (2014) também verificaram aumento nos valores de CEes com a irrigação de água salina em comparação com a água deionizada.

Rodrigues et al., (2018) observaram que o pH da solução do solo não foram influenciados pelo aumento da salinidade da água até a condutividade elétrica de 5 dS m⁻¹, o que pode acarretar em dificuldades para que a planta se desenvolva.

Tabela 1. Resumo da ANOVA com os valores do Quadrado Médio (QM) e Grau de Liberdade (GL), condutividade elétrica do solo (CEes), pH do solo (pHes), condutividade elétrica da água (CEa), e pH da água (pHa).

Fontes Variação	GL	QM			
		CEes	pHes	CEa	pHa
Tratamento	3	24,6881**	0,0127 ^{ns}	17,7244**	0,0572 ^{ns}
Erro	12	0,3242	0,0468	0,25871	0,0548
CV (%)		14,91	3,36	11,62	3,82

* Valor F significativo ao nível de 5 % de probabilidade ($P < 0,05$)

** Valor F significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($P < 0,01$)

^{ns} – Valor de F não significativo ($P > 0,05$)

Com base na Tabela 2, observa-se que o aumento da salinidade influenciou significativamente a condutividade elétrica tanto do solo (CEes) quanto da água (CEa), enquanto não provocou alterações estatísticas significativas no pH do solo (pHes) e da água (pHa).

Segundo Teixeira et al. (2013), a salinidade do solo se intensifica de acordo com o aumento da salinidade da água de irrigação. Os valores de CEes aumentaram progressivamente com o incremento da salinidade aplicada resultados semelhantes foram obtidos por Ximenes et al., (2019) e por Teixeira et al., (2013) onde a CEes do material lixiviado apresentou resultados estatisticamente significativos para os diferentes níveis salinos utilizados no experimento, isto é, um aumento proporcional ao aumento dos níveis de sais testados. Esses resultados confirmam que o aumento da salinidade interfere diretamente na concentração de íons dissolvidos (refletido pela CE), mas não altera o pH.

Apesar da elevação na concentração de sais, o pH da água e do solo permaneceu estável, o que pode ser explicado pelo efeito tampão da matéria orgânica e dos colóides do solo. Segundo a Embrapa (2024), a maioria dos solos apresenta capacidade de resistir a variações bruscas de pH, especialmente quando os sais adicionados não possuem caráter ácido ou básico marcante. Resultados semelhantes foram observados por Ximenes et al. (2021), que relataram estabilidade no pH mesmo com diferentes níveis de CEa.

Tabela 2. Teste de médias das relações condutividade elétrica do solo (CEes), pH do solo (pHes), condutividade elétrica da água (CEa), e pH da água (pHa), em função da salinidade.

Salinidade	CEes**	pHes ^{ns}	CEa**	pHa ^{ns}
CE – 1,6 dS m ⁻¹	1,32 c	6,38 a	2,03 c	6,08 a
CE – 3,2 dS m ⁻¹	2,16 c	6,41 a	3,98 b	6,06 a
CE – 4,8 dS m ⁻¹	5,23 b	6,51 a	4,37 b	6,30 a
CE – 6,4 dS m ⁻¹	6,56 a	6,42 a	7,14 a	6,05 a
CV (%)	14,91	3,36	11,62	6,82

**Valor de F significativo ao nível de 1% de probabilidade ($P < 0,01$);

^{ns} Valor de F não significativo ($P > 0,05$);

Médias dos tratamentos nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem entre si ($P < 0,05$);

CEes – Condutividade elétrica do solo; CEa – Condutividade elétrica da água; pHes – pH do solo; pHa – pH da água.

Os valores médios da condutividade elétrica do solo são inferiores à condutividade elétrica da água com exceção da CE – 4,8 dS m⁻¹, o que difere dos resultados obtidos por Teixeira et al., (2013) em que condutividade elétrica da solução do solo aumentou com o incremento da salinidade da água de irrigação, ficando com valores acima da CE da água.

CONCLUSÃO

O aumento da salinidade da água elevou os valores de condutividade elétrica do solo e da água. Apesar disso, o pH do solo e da água permaneceu praticamente constante. A salinidade altera a concentração de sais, mas não afetou o pH.

REFERÊNCIAS

- Almaroai, Y. A.; Usman, A. R. A.; Ahmad, M., Moon, D. H.; Cho, J. S.; Joo, Y. K.; Ok, Y. S. Effects of biochar, cow bone, and eggshell on Pb availability to maize in contaminated soil irrigated with saline water. **Environmental Earth Sciences**, v. 71, n.3, p. 1289–1296, 2014.
- ANA-Agência Nacional de Águas. **Caderno de recursos hídricos: panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, MMA, 2005. 74 p
- Ashraf, M., Shahzad, S. M., N. Akhtar, M. Imtiaz, A. Ali. Salinization/sodification of physiological dynamics of soil and sunflower irrigated with saline-sodic water amending by potassium and farm yard manure. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 7, n. 4, p. 476-487, 2016.
- Barroso, A. A. F.; Gomes, G. E.; Lima, A. E. O.; Palácio, H. A. Q. Lima.; C. A. D. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15, n. 6, p. 588-593, 2011.

- Cordeiro, G. G. **Salinidade em áreas irrigadas**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2003. 32 p., Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/155537>>. Acesso em: 20 de jun. 2024.
- Daliakopoulos, I. N.; Tsanis, I. K.; Koutroulis, A.; Kourgialas, N. N.; A E Varouchakis, G, P. Karatzas, C, J. Ritsema. The threat of soil salinity: A European scale review. **Science of the Total Environment**, n. 573, p. 727-739, 2016.
- EMBRAPA. Salinidade em áreas irrigadas. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2003. 32 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/155537/salinidade-em-areas-irrigadas>. Acesso em: 21 jun. 2025.
- Gonçalves, I. V. C.; Freire, M. B. G. Dos S.; Santos, M. A. Dos; Santos, E. R. Dos; Freire, F. J. Alterações químicas de um Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 589-596, 2011.
- Hassanli, M.; Ebrahimian, H. Cyclic use of saline and non-saline water to 20 increase water use efficiency and soil sustainability on drip irrigated maize. **Spanish Journal of 21 Agricultural Research**, Volume 14, n. 4, e12xx, 2016.
- Linhares, P. S. F.; Alves, R. C.; Medeiros, A. M. A.; Lima, L. A.; Bezerra F. M. S.; Cavalcante, A. L. G.; Oliveira F. A. Alterações químicas no Argissolo cultivado com berinjela irrigada com águas salinas. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.3, p. 07-19, 2012.
- Pessoa, L. G. M.; Oliveira, E. E. M.; Freire, M. B. G. S.; Freire, F. J.; Miranda, M. A.; Santos, R. L. Composição química e salinidade do lixiviado em dois solos cultivados com cebola irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n. 3, p. 406-412, 2010.
- R Core Team (2025). **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
- Rhoades, J. D.; Kandiah, A.; Mashali, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Trad. Gheyi, H. R.; Sousa, J. R. De.; Queiroz, J. E. Campina Grande: UFPB, 2000.
- Richards, L. A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1954. 160p.
- Rodrigues, V. D. S., Sousa, G. D., Saraiva, S. E. L., Cardoso, E. D. C., Pereira Filho, J. V., & Viana, T. D. A. Atributos Químicos Do Solo Em Área Cultivada Com Milho Sob Irrigação Com Água Salina. **Revista Brasileira De Agricultura Irrigada**, vol. 12, n. 7, p. 3129-3138, 2018.
- Salvati, L.; Ferrara, C. The local-scale impact of soil salinization on the socioeconomic context: An exploratory analysis in Italy. **Catena**, v. 127, p. 312–322, 2015.
- Silva, F. L. B.; Lacerda, C. F.; Sousa, G. G.; Neves, A. L. R.; Silva, G. L.; Ousa, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p.383-389, 2011.
- Teixeira, M. V., de Sousa Lima, R. M., de Medeiros, J. F., de Medeiros, A. M. A., Silva, N. K. C., & de Oliveira, F. L. Evolução da salinidade do solo em função de diferentes doses de nitrogênio e salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 126-136, 2013.
- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. Manual de métodos de análise de solo, Brasília, DF: **Embrapa**, 3. ed. rev. 574 p. 2017.
- Walter, J.; Lück, E.; Bauriegel, A.; Facklam, M.; Zeitz, J. Seasonal dynamics of soil salinity in peatlands: A geophysical approach. **Geoderma**, v.310, p.1-11, 2018.
- Ximenes, S, A. I.; Silva, Menezes, A.; N. Barrozo, Y. S.; Martins R. De Souza, M. C. Ph e ces em solo sob irrigação com água salina no cultivo de tomate em ambiente protegido. **Revista GeoUECE**, v. 8, n. 14, p. 46–61, 2021.