PRESENÇA DE METAIS PESADOS EM SOLOS AFETADOS POR SAIS DO PERÍMETRO IRRIGADO JACARÉ-CURITUBA

Anairam Piedade de Souza Melo[1]; Airon José da Silva[2]& Milton Marques Fernandes[3], Ana Victória Vasconcellos Guimarães[4], Lúcia Calumby Barreto de Macedo[5].

RESUMO – A salinidade e a sodicidade do solo são duas condições que podem ocorrer de forma frequente nos perímetros irrigados do semiárido brasileiro. Além da presença de sais, a presença de metais pesados nos solos pode ser uma realidade, indicando que o problema ambiental é mais complexo e grave do que se imagina, com áreas afetadas simultaneamente pelos dois problemas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a presença de metais pesados em solo afetados por sais do perímetro irrigado Jacaré-Curitiba, visando oferecer subsídios técnicos para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável, com foco na recuperação e conservação dos solos afetados por sais e por metais pesados. Os resultados indicam a presença de metais pesados acima dos limites permissíveis pelos órgãos de controle, com destaque para o elemento níquel, que está presente acima do valore de referência na maioria dos lotes estudados e para as duas camadas. Os resultados obtidos no presente estudo indicam uma necessidade de investigação da origem dos metais pesados observados próximos ou acima dos valores de referências, e caso se confirme a contaminação de lotes por metais pesados, que seja feita um plano de remediação dos solos, a partir de politicas públicas efetivas no perímetro irrigado Jacaré-Curituba.

ABSTRACT– Soil salinity and sodicity are two conditions that can frequently occur in irrigated areas of the Brazilian semi-arid region. In addition to the presence of salts, the presence of heavy metals in soils can be a reality, indicating that the environmental problem is more complex and serious than imagined, with areas simultaneously affected by both problems. The objective of this work was to evaluate the presence of heavy metals in salt-affected soils in the Jacaré-Curitiba irrigated area, aiming to provide technical support for the development of sustainable management strategies, focusing on the recovery and conservation of soils affected by salts and heavy metals. The results indicate the presence of heavy metals above the limits permitted by control agencies, with particular emphasis on the element nickel, which is present above the reference value in most of the studied plots and in both layers. The results obtained in this study indicate a need to investigate the origin of the heavy metals observed near or above the reference values, and if contamination of plots by heavy metals is confirmed, a soil remediation plan should be implemented, based on effective public policies in the Jacaré-Curituba irrigated perimeter.

Palavras-Chave – Elementos tóxicos, elementos poluentes, salinidade do solo.

[1]) Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe, Laboratório de Solos, Rua Campo do Brito, 371 - Bairro São José - CEP: 49020-380 Aracaju/SE, (79) 9 9996-3286, anairampitie@gmail.com.
[2]) Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Agronômica, Avenida Marcelo Deda Chagas, s/n, Jardim Rosa Elze, CEP: 49.100-000 - São Cristóvão/S, (79) 9 9112-8586, aironjs@academico.ufs.br.
[23]) Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Ciências Florestais, Avenida Marcelo Deda Chagas, s/n, Jardim Rosa Elze, CEP: 49.100-000 - São Cristóvão/S, (79) 9 9100-2326, miltonmf@gmail.com.

1 - INTRODUÇÃO

A salinidade do solo é uma realidade presente nos perímetros irrigados do semiárido brasileiro, afetando, diretamente, a química e a física do solo, além de comprometer a produção agrícola e causar danos ambientais difíceis de serem remediados. E os parâmetros do solo associados com a salinidade contribuíram para explicar as concentrações de metais pesados presentes nos solos dos quatro perímetros irrigados do Estado do Ceará, quando analisados em conjunto (CUNHA et al., 2014).

Em contra partida, o solo, enquanto recurso natural essencial, vem sendo rapidamente degradado em escala global devido à contaminação por metais pesados, comprometendo a fertilidade, a fisiologia das plantas, a segurança alimentar e a saúde humana, além de causar impactos severos ao meio ambiente (HOU et al., 2020; ALLOWAY, 2013).

Considerando a presença de sais no perímetro irrigado Jacaré-Curituba, temos como hipótese a presença de metais pesados em solos afetados por sais, deste perímetro. O objetivo deste trabalho foi avaliar a presença de metais pesados em solo afetados por sais do perímetro irrigado Jacaré-Curitiba, visando oferecer subsídios técnicos para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável, com foco na recuperação e conservação dos solos afetados por sais e por metais pesados.

2 – METERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi o Perímetro Irrigado Jacaré-Curituba, no semiárido do estado de Sergipe, na região do baixo São Francisco, ocupando uma área de 3.105 hectares entre os municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo (CODEVASF, 2024). A área total irrigada é 1.860 hectares, distribuídos em 750 lotes, estes com dimensões variando entre 2,5 a 3 hectares, configurando assim, o maior perímetro irrigado da América Latina destinado à agricultura familiar, com cerca de 750 famílias beneficiadas.

A escolha da área foi motivada por dois fatores principais, a ausência de estudos prévios sobre poluição por metais pesados nos solos e a necessidade de monitorar a segurança alimentar, verificando se os solos são adequados para cultivo.

As coletas das amostras de solo foram realizadas de agosto a dezembro de 2025. Para cada lote foram coletadas 10 amostras simples para compor uma amostra composta, com auxílio de um trado holandês inox.

Os procedimentos após o recebimento pelo laboratório de solos do ITPS incluíram secagem em estufa (40°C), desagregação manual, peneiramento (malha de 2 mm). Para a análise química

utilizou-se a metodologia analítica USEPA 3051, com a extração das substâncias inorgânicas, através da digestão das amostras por Micro-ondas Multiwave GO Plus (Anton Paar), utilizando ácido nítrico P.A. Após este procedimento foi realizado a leitura dos metais pesados (Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Manganês, Ferro, Molibdênio, Níquel, Selênio, Vanâdio, Zinco e Prata) no ICP-OES 5800 espectrometria de emissão ica com plasma indutivamente acoplado (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) (Agilent). O controle de qualidade seguiu com o uso de padrões multe elementares, calibração do equipamento e testes com branco a cada 10 amostras.

Os valores obtidos para metais pesados e salinidade foram comparados com os valores de referência da literatura, seguindo as resoluções do CONAMA (BRASIL,2009), CEMA (SERGIPE,2019) e Richads, (1954).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicam a presença de metais pesados em dez lotes do perímetro irrigado Jacaré-Curituba, no Alto Sertão Sergipano, nas camadas de 0-15 cm (Tabela 01) e na camada de 15-30 cm (Tabela 02). As concentrações de metais pesados Ni, Cr, Co, Ba e Cd nos solos agrícolas do perímetro irrigado Jacaré-Curituba apresentaram uma distribuição heterogenia em relação aos lotes estudados. No geral, as concentrações de metais pesados apresentaram valores inferiores às resoluções do CONAMA 420/2009 e a CEMA/2019, apesar desses médios baixos, alguns lotes apresentam concentrações preocupantes, com valores de metais pesados acima dos limites permissíveis para solos na profundidade de 0-15 e 15-30 cm, indicando potencial risco ambiental de contaminação por metais pesados no perímetro irrigado Jacaré-Curituba (tabelas 01 e 02). Com maior destaque para o Ni, com valores bem acima dos valores de referência do CONAMA (BRASIL,2009) e da CEMA(SERGIPE,2019).

Os níveis elevados de Níquel (Ni) podem estar associados a atividades antrópicas, como aplicação de insumos agrícolas e práticas de irrigação, que favorecem a entrada e redistribuição de metais pesados no solo (LI et al., 2024; WEI et al., 2024). Esse elemento destacou-se como o elemento mais crítico, apresentando concentrações superiores ao valor de prevenção em diversas áreas e profundidades. Além disso, a presença de Ni em camadas mais profundas sugere mobilidade moderada e potencial lixiviação, aumentando o risco de contaminação de águas subterrâneas (FRONTIERS, 2026).

Tabela 1 - Concentração de metais pesados em solos de lotes do perímetro irrigado Jacaré-Curituba na profundidade de 0,0 a 15,0 cm

Áreas	Metais pesados presentes nos solos ($mg.kg^{-1}$)				
	Ba	Cd	Co	Cr	Ni
A3	73,3	ND	20,1	49,5	103,2
A4	72,1	ND	21,2	50,0	104,2
A9	112,7	ND	30,7	63,5	44,1
A10	59,8	ND	23,7	63,2	148,7
A15	60,44	ND	19,5	90,6	89,9
A20	88,34	ND	24,7	118,4	108,9
A35	107,6	3,0	40,6	78,1	146,8
A40	94,3	1,9	27,5	74,0	89,7
A45	364,1	1,7	18,1	22,5	21,4
A46	119,0	2,2	38,9	230,7	219,7
Resoluções					
Conama 420/2009	300,0	3,0	35,0	150,0	70,0
CEMA	300,0	3,0	35,0	150,0	70,0

Tabela 2 - Concentração de metais pesados em solos de lotes do perímetro irrigado Jacaré-Curituba na profundidade de 15,0 a 30,0 cm

Áreas	Metais pesados presentes nos solos ($mg.kg^{-1}$)				
	Ba	Cd	Co	Cr	Ni
A3	73,2	ND	20,0	49,4	101,5
A4	82,2	ND	17,1	82,3	49,3
A9	107,8	ND	17,5	58,6	44,2
A10	58,6	ND	23,1	61,2	141,5
A15	58,9	ND	22,5	102,8	98,2
A20	84,0	ND	26,2	110,3	106,0
A35	94,8	2,9	38,4	79,2	145,7
A40	56,9	1,6	22,9	72,6	72,6
A45	193,2	2,2	21,0	52,7	31,8
A46	61,8	2,2	39,4	235,9	228,6
Resoluções					
Conama 420/2009	300,0	3,0	35,0	150,0	70,0
CEMA	300,0	3,0	35,0	150,0	70,0

O cromo (Cr) apresentou concentrações elevadas em áreas específicas, indicando possíveis fontes pontuais ou de intemperismos químico das rochas. A baixa mobilidade observada é consistente com estudos recentes, que apontam forte retenção do Cr no solo devido à sua associação com óxidos de ferro e interações geoquímicas estáveis (ZHOU et al., 2022).

O cobalto (Co) apresentou concentrações próximas aos valores de referência em algumas áreas, sugerindo enriquecimento moderado. Esse comportamento pode estar associado tanto ao material de origem quanto ao manejo agrícola contínuo, sendo compatível com resultados reportados por WEI et al. (2024).

O bário (Ba), embora presente em concentrações elevadas em algumas áreas, permaneceu abaixo dos limites legais, indicando predominância de material de origem. A variabilidade observada pode ser explicada pela heterogeneidade mineralógica dos solos agrícolas (YU et al., 2023).

O cádmio (Cd), apesar de apresentar baixos níveis, merece atenção devido à sua elevada toxicidade e alta mobilidade, podendo ser absorvido pelas plantas e transferido para a cadeia alimentar (LI et al., 2024). Além disso, níveis moderados de poluição não devem ser negligenciados, uma vez que a acumulação contínua pode levar à degradação do solo a longo prazo e ao aumento dos riscos ecológicos.

Nas figuras 1 e 2 é possível observar parâmetros de salinidade do solo para os lotes onde foi observada a presença de metais pesados, indicando no contexto geral, forte associação dos metais pesados com a salinidade e a sodicidade dos solos estudados. É possível inferir que a sodicidade dos solos é um problema mais grave do que a salinidade, por ser uma condição mais difícil e cara de remediação.

Quanto à sodicidade, é possível observar que 80% dos lotes estudados apresentam valores de PST acima de 15%, indicando solos sódicos, para ambas as camadas estudadas. Enquanto que 50% dos solos apresentaram condutividade elétrica (CE) acima de 4 $dS.m^{-1}$, indicado solos salinos (RICHARDS, 1954). Tem-se conhecimento de que a salinidade e a sodicidade dos solos do perímetro irrigado Jacaré-Curituba têm sua origem antrópica (SANTOS, 2015; SILVA et al., 2020), podendo a contaminação por metais pesados também ser origem antrópica.

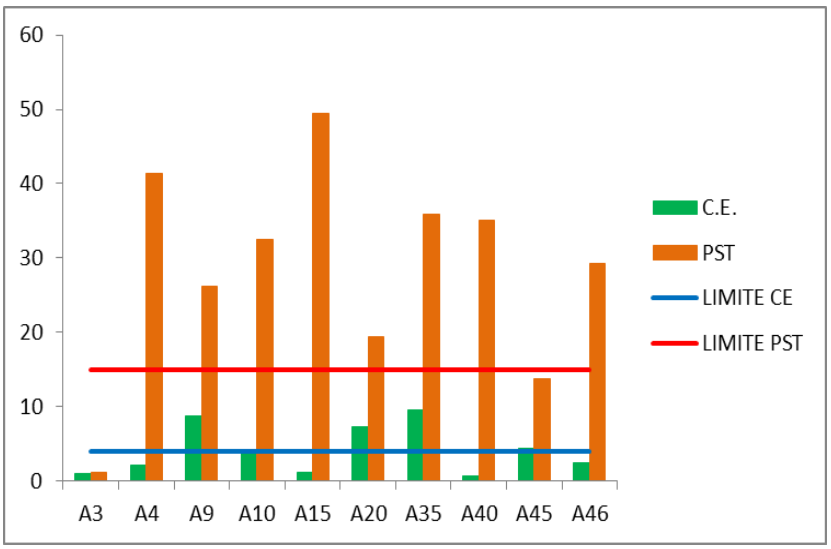


Figura 01 – Ocorrência de salinidade e sodicidade do solo nos lotes onde foi observada a presença de metais pesados (camada 0,0 – 15,0 cm).

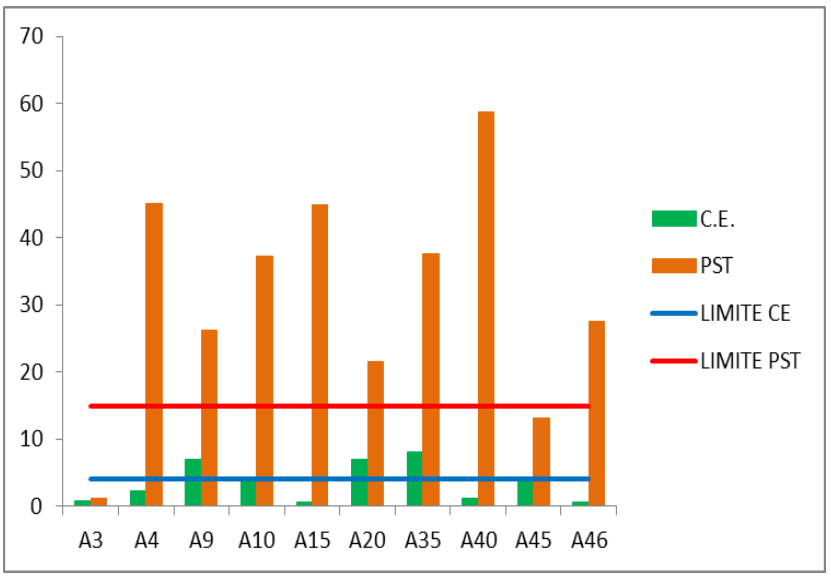


Figura 02 – Ocorrência de salinidade e sodicidade do solo nos lotes onde foi observada a presença de metais pesados (camada 15,0 – 30,0 cm).

A presença de metais pesados com a salinidade do solo foi avaliada em quatro perímetros irrigados do Ceará, e forte correlação foram observadas, indicando que o conjunto de parâmetros analisados indica associação do problema da salinidade do solo com a presença de matais pesados, porém parâmetros de salinidades isolados não apresentaram forte correlação com a presença de metais pesados (CUNHA et al., 2014). Corroborando com os resultados observados no presente estudo.

4 - CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo confirmam a presença de metais pesados em solos afetados por sais no Perímetro Irrigado Jacaré-Curituba, localizado no semiárido sergipano, com presença de bário, cobalto, cromo e níquel acima dos limites previsto para os valores de referência de qualidade para metais pesados em solo agrícolas com destaque para o metal níquel, que apresentou concentrações próximas ou superiores aos valores de referência na maior parte dos lotes avaliados, nas duas profundidades estudadas. Os resultados apresentaram alta correlação entre a presença de sais e a presença de metais pesados, essa condição indica que solos com maiores problemas de salinidade e, principalmente, de sodicidade, tendem a apresentar maior ocorrência de metais pesados, reforçando a hipótese de que há uma correlação entre esses processos.

AGRADECIMENTOS ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento financeiro deste trabalho, e ao Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe – ITPS, pelo apoio técnico e análises das amostras.

REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B. J. (Ed.) (2013). Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. 3. ed. Dordrecht: Springer.

BRASIL,(2009). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009**.** Brasília: MMA, 2009. Disponível em: https://www.conama.mma.gov.br. Acesso em: 03 jun. 2026.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF). Projeto Público de Irrigação Jacaré-Curituba. Brasília, DF: Codevasf, atualização em 2024. Disponível em: Página oficial do Projeto Jacaré-Curituba. Acesso em: 5 jun. 2026.

CUNHA, C.S.M.; HERMADEZ, F.F.F.; SILVA, F.N.; ESCOBAR, M.E.O.; MAGUALHÃES, D.R.; ANJOS, D.C. (2014). Relação entre solos afetados por sais e concentração de metais pesados em quatro perímetros irrigados no Ceará. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.18, (Suplemento), pp. S80–S85.

Frontiers (2026). Advances in modelling transport of heavy metals in agricultural soils. Frontiers in Environmental Science.

HOU, D.; O'Connor, D.; Igalavithana, A.D. (2020). Soil contamination and remediation. Science of the Total Environment, pp. 703.

LI, X., et al. (2024). Heavy metals in agricultural soils: Sources, influencing factors and remediation strategies. *Toxics*, 12, pp. 63.

RICHARDS, L.A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. Dep. Agric. Handbook 60 Washington, U. S. Government Printing, Office, D. C., pp. 160.

SERGIPE,(2019). Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMA). Resolução CEMA nº 01, de 27 de fevereiro de 2019. Dispõe sobre os critérios e valores de referência da qualidade do solo (VRQ) do

Estado de Sergipe quanto à presença de substâncias químicas para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Aracaju: Conselho do Meio Ambiente, 2019. Disponível em: https://docs.sedurbs.se.gov.br/ Acesso em: 6 jun. 2026.
SILVA, A.J. et al (2020). Reduction of salinity and sodicity of saline-sodic soils under filed condition in Brazilian semi-arid region. Scientia Plena, v. 16, n. 9, 22.

WEi, A., JIA, J., CHANG, P., WANG, S. (2024). Sustainable balance regulation of heavy metals in agricultural soils. Agronomy, 14, pp. 450.
YU, H., LI, C., YAN, J., et al. (2023). Adsorption characteristics and influencing mechanisms of heavy metals in farmland soil. RSC Advances, 13, pp. 3505–3519.
ZHOU, Y., et al. (2022). Speciation and immobilization of heavy metals in soils. Science of the Total Environment, pp. 825.