

# **GIRASSOL IRRIGADO COM ÁGUA PRODUZIDA TRATADA: VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NO SOLO**

Liherberton Ferreira dos Santos <sup>1</sup>

Fabrcia Gratyelli Bezerra Costa <sup>2</sup>

Rafael Oliveira Batista <sup>3</sup>

## **INTRODUÇÃO**

A água produzida é gerada em grandes volumes pela indústria de petróleo e gás, sendo seu principal afluente residuário. Esse efluente é gerado a partir da extração da água presente na formação (água conata) e da água que é reinjetada nos poços para fins de recuperação de hidrocarbonetos (AL-GHOUTI et al., 2019). Sua composição é altamente complexa, porém variável, incluindo óleo dissolvido, hidrocarbonetos e gases dissolvidos, ácidos orgânicos, fenóis e metais (OLAJIRE, 2020).

Devido à presença de substâncias tóxicas, como metais pesados e vários constituintes orgânicos, a água produzida precisa ser tratada adequadamente, para ser utilizada para irrigação de culturas agrícolas cujos produtos não sejam utilizados no consumo humano direto (WEBER et al., 2017). O uso da água produzida para fins de irrigação tem sido uma alternativa de minimizar os efeitos da escassez hídrica em regiões áridas e semiáridas (MILLER et al., 2020; PICA et al., 2017; WEBER et al., 2017).

Os metais não são biodegradáveis, e por isso permanecem no solo por grandes períodos de tempo, porém, seu estado de disponibilidade depende dos processos de adsorção e dessorção das partículas do solo (MAHMOOD-UL-HASSAN et al., 2017). A contaminação do solo e de águas subterrâneas por esses elementos é uma preocupação do ponto de vista ambiental, visto que apresentam alto potencial de poluição (SHIKHA; SINGH, 2021).

Sabe-se que muitos desses metais são tóxicos as plantas, e por isso faz-se necessário o monitoramento das concentrações desses metais no solo, quando irrigado com água produzida. O objetivo do presente trabalho foi analisar o comportamento da concentração dos

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Eng. Civil e Eng. Agrícola da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, [liherberton@gmail.com](mailto:liherberton@gmail.com);

<sup>2</sup> Doutora pelo Curso de Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, [fabrcia\\_gratyelli@hotmail.com](mailto:fabrcia_gratyelli@hotmail.com) ;

<sup>3</sup> Professor orientador: Doutor, Engenharia Agrícola - UFV, [rafaelbatista@ufersa.edu.br](mailto:rafaelbatista@ufersa.edu.br)

metais Fe, Ni, Pb e Cu em solo representativo do semiárido potiguar, cultivado com girassol, e irrigado com diluições de água produzida.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A água produzida foi fornecida por uma empresa atuante no setor de petróleo e gás da região nordeste potiguar. Após a coleta da água produzida, realizou-se um tratamento prévio no local do experimento; foi utilizado o polímero orgânico AGEFLOC DW-3753, que tem uma forte ação floculante por ser altamente catiônico. Essa substância é utilizada em campos de petróleo e água em geral, para a remoção de materiais suspensões.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com cobertura de polietileno de baixa densidade transparente com espessura de 0,10 mm, largura de 7,0 m e comprimento de 21 m, localizada na Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA, Mossoró, RN, Brasil; cujas coordenadas geográficas são: 05 12' 03,9" LS e -37 19' 37,98" LO. Em suas laterais a casa de vegetação são de telas antiafideos e em sua extremidade inferior há um rodapé de 0,30 m de altura, feito em concreto armado.

O clima regional da região onde a área se encontra é quente e seco, conforme a classificação climática de Köppen-Geiger (BSh). Os valores médios anuais da precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e insolação são respectivamente: 794 mm, 26,5°C, 68,90%, 0,84 m s<sup>-1</sup> e 2771,3 horas de brilho solar (ALVARES et al., 2013).

A cultura utilizada neste trabalho foi o girassol (*Heliantus annus*), cultivar H-251 da Embrapa Semiárido. O espaçamento utilizado no experimento foi de 1,0 m entre fileiras de plantas por 0,60 m entre plantas, tendo bordadura ao redor das parcelas experimentais.

Foram utilizados vasos de material plástico de 23 L, preenchidos com 0,8 kg de brita (nº zero) em sua base, seguida de 1,0 kg de areia lavada e 21 kg de solo representativo do semiárido potiguar. A aplicação das diluições de água produzida tratada (AT) foram realizadas por sistema de irrigação tipo bubbler, com microtubos, tendo vazão média de 1,5 L h<sup>-1</sup>, diretamente no solo em cada vaso, afim de minimizar o contato direto do líquido com as plantas.

O experimento foi montado em blocos casualizados, com número de tratamentos igual a cinco e número de repetições também igual cinco. Os tratamentos foram representados pelas seguintes diluições: D0 - 100% de água subterrânea (AS) e 0% de AT; D25 - 75% de AS e

25% de AT; D50 - 50% de AS e 50% de AT; D75 - 25% de AS e 75% de AT; e D100 - 0% de AS e 100% de AT.

Foram realizadas amostragens do solo utilizado nos vasos de cada tratamento, composição de amostras simples coletadas nas camadas 0 a 0,10 m; e 0,10 a 0,20 m. Os metais cobre (Cu), ferro (Fe), chumbo (Pb) e níquel (Ni) foram extraídos das amostras por meio de extrator Mehlich e quantificados por espectrofotometria de adsorção, conforme a metodologia de Teixeira et al. (2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de cobre nas profundidades até 0-0,10 e 0,10-0,20 m, variaram de 0,025 a 0,127 mg dm<sup>-3</sup>. Observou-se maior concentração do elemento na camada 0,10 a 0,20 m. Os vasos que receberam os tratamentos D25 e D50 mostraram crescimento da concentração de cobre com aumento da profundidade, sendo D50 o que apresentou teor mais elevado dentre todos os tratamentos. Nos solos irrigados com as demais diluições mostram decréscimo na concentração do elemento da camada 0-0,10 m para a camada 0,10-0,20 m. Os valores de cobre ficaram abaixo do valor de referência (13,69 mg dm<sup>-3</sup>) para solos do semiárido do estado do Rio Grande do Norte, estabelecido por Preston et al. (2014). Segundo a CFSEMG (1999), esta concentração é classificada agronomicamente como muito baixa ( $\leq 0,30$  mg dm<sup>-3</sup>).

Os teores de ferro variaram de 1,84 mg dm<sup>-3</sup> a 6,98 mg dm<sup>-3</sup>. Todos os tratamentos D25, D75 e D100 apresentaram decréscimo de concentração do elemento com o aumento da profundidade, sendo a maior variação observado em D100 (4,76 mg dm<sup>-3</sup>). Conforme a CFSEMG (1999), pode-se classificar agronomicamente os valores observados como muito baixos (<8,0 mg dm<sup>-3</sup>). Esses resultados diferem da pesquisa realizada por Weber et al. (2017), em que o maior teor de ferro no solo após a irrigação com diluições de água produzida foi de 0,381 mg dm<sup>-3</sup>.

O valor máximo de chumbo (0,28 mg dm<sup>-3</sup>) foi observado no tratamento D50, na camada mais superficial, decrescendo para 0,14 mg dm<sup>-3</sup> na segunda camada. Com exceção do D0, os demais tratamentos mostraram decréscimo na concentração de chumbo na camada 0,10-0,20. Tais valores de concentração se assemelham a pesquisa realizada por Costa et al. (2020), cujo valor máximo ficou abaixo do limite de 72 mg m<sup>-3</sup>, estabelecido pela resolução CONAMA n° 420/2009 (BRASIL, 2009).

As concentrações de níquel foram pequenas, variando de 0,008 a 0,033 mg dm<sup>-3</sup>. Os tratamentos D50, D75 e D100 tiveram comportamento crescente com o crescimento da profundidade, enquanto D0 decresceu, e D25 permaneceu praticamente constante. Embora o valor máxima encontrado tenha ficado abaixo do limite padrão da resolução CONAMA 420/2009 (BRASIL, 2009), recomendasse o monitoramento do níquel devido ao comportamento crescente da maioria dos tratamentos que receberam diluições de AP, conforme recomendação de Costa (2018).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os metais cobre, ferro, chumbo e níquel, de maneira geral, não apresentaram concentrações tóxicas as plantas. Porém, recomenda-se o monitoramento do níquel devido ao seu comportamento crescente proporcional a profundidade. As concentrações de chumbo e níquel ficaram dentro do limite estabelecido para qualidade do solo.

**Palavras-chave:** Efluente, Indústria petrolífera, Qualidade do solo, Irrigação.

## AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa é financiada pelo Programa de Recursos Humanos da ANP (PRH-55.1) e pelo CNPq.

## REFERÊNCIAS

AL-GHOUTI, M. A.; AL-KAABI, M. A.; ASHFAQ, M. Y.; DA'NA, D. A. Produced water characteristics, treatment and reuse: A review. **Journal of Water Process Engineering**, v. 28, p. 222–239, 1 abr. 2019.

ALVARES, C. A; CARDOSO, Paulo H.S.; COUTINHO, M. A. N.; OLIVEIRA, A. L.G; SAMPAIO, R. A.. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.

BRASIL, 2009. Resolução nº 420 de 12 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial, Brasília, 2009.

Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação.** Viçosa-MG: 1999. 359p.

COSTA, D. O. Vale, Hudson S.M.; BATISTA, R. O.; TRAVASSOS, K. D.; GURGEL, M. T. LEMOS FILHO, L.C.A. Metal contents in soils irrigated with diluted treated produced water from oil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 10, p. 672–678, 1 out. 2020.

COSTA, F. G. B. **Produção e capacidade de fitoextração do girassol (*Heliantus annuus*) irrigado com água produzida.** 2018. 92 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

MAHMOOD-UL-HASSAN, M.; SUTHAR, V.; AHMAD, R.; YOUSRA, M. Heavy metal phytoextraction-natural and EDTA-assisted remediation of contaminated calcareous soils by sorghum and oat. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 11, p. 591, 30 nov. 2017.

MILLER, H.; DIAS, K.; HARE, H.; BORTON, M. A.; BLOTEVOGEL, J.; DANFORTH, Cl.; WRIGHTON, K. C.; IPPOLITO, J. A. BORCH, T. Reusing oil and gas produced water for agricultural irrigation: Effects on soil health and the soil microbiome. **Science of the Total Environment**, v. 722, p. 9, 20 jun. 2020.

OLAJIRE, A. A. Recent advances on the treatment technology of oil and gas produced water for sustainable energy industry-mechanistic aspects and process chemistry perspectives. **Chemical Engineering Journal Advances**, v. 4, p. 25, dez. 2020.

PICA, N. E.; CARLSON, K.; STEINER, J. J.; WASKOM, R. Produced water reuse for irrigation of non-food biofuel crops: Effects on switchgrass and rapeseed germination, physiology and biomass yield. **Industrial Crops and Products**, v. 100, p. 65–76, 1 jun. 2017.

PRESTON, W.; NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M.; SOUZA JUNIOR, V. S.; SILVA, W. R.; FERREIRA, H. A. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 1028–1037, jun. 2014.

SHIKHA, D.; SINGH, P. K. In situ phytoremediation of heavy metal-contaminated soil and groundwater: a green inventive approach. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 4, p. 4104–4124, 18 jan. 2021.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; WENCESLAU, A. F.; TEIXEIRA, G. **Manual de métodos de análises de solo.** 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2017.

WEBER, O. B.; CRISOSTOMO, L. A.; MIRANDA, F. R.; SOUSA, A. F.; MESQUITA, A. L. M.; CABRAL, J. E.O. Production of ornamental sunflower irrigated with oilfield produced water in the Brazilian semiarid region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 6, p. 443–454, 1 jun. 2017.