



DINÂMICA TEMPORAL E HÍDRICA DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO RESÍDUO DE MINERAÇÃO DE FERRO DE MARIANA - MG

Marcelo Ramos de

Anchieta¹

Amanda Coletti Santolino²

Kauê Shindi Dias Nakamura³

Vitor Hugo Silva Ribeiro⁴

Carlos Henrique Goulart dos Reis⁵

Fabício José Pereira⁶

Conservação de solos e recuperação de áreas degradadas

Resumo

O rompimento da barragem do Fundão em Mariana-MG (2015), liberou grandes quantidades de resíduo de mineração de ferro, impactando a bacia do Rio Doce. O objetivo foi avaliar o efeito do alagamento e do tempo nas características físico-químicas do resíduo de mineração de ferro. Foram utilizados baldes contendo 2L de resíduo de mineração de ferro - proveniente do rompimento da barragem do Fundão-MG, mantidos em casa de vegetação nas condições de alagamento e de capacidade de campo por 6 meses. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com arranjo em esquema fatorial 2x6, compreendendo a condição hídrica (alagamento e capacidade de campo (CC)) e o tempo de estudo (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias); foram utilizadas 18 repetições para cada condição hídrica, $n = 216$. Foi utilizado um condutivímetro para aferições de condutividade elétrica e de sólidos dissolvidos totais (TDS). Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e anava e, em seguida, comparação de médias de Scott-Knott ou regressão, $p < 0,05$. Houve interação significativa entre os fatores para condutividade e TDS. O alagamento do resíduo resulta em maior condutividade e seu aumento ao longo do tempo em comparação a CC. Além disso, a mesma tendência foi observada para o TDS, sendo observado maiores valores para a condição de alagamento em todos os tempos e aumento ao longo do período, permanecendo constante a CC. O alagamento pode aumentar esses parâmetros por aumentar a solubilização de íons do resíduo ao longo do tempo.

Palavras-chave: Condutividade; Sólidos dissolvidos totais; Alagamento.

¹Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza, Bacharelado em Biotecnologia - Iniciação científica, marcelo.anchieta@sou.unifal-mg.edu.br

²Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza, Bacharelado em Biotecnologia - Iniciação científica, amanda.santolino@sou.unifal-mg.edu.br

³Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza, Bacharelado em Biotecnologia - Iniciação científica, kaue.nakamura@sou.unifal-mg.edu.br

⁴Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza, Bacharelado em Ciências Biológicas - Iniciação científica, vitor.ribeiro@sou.unifal-mg.edu.br

⁵Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia, Programa de Pós-graduação em Botânica - Mestrado, carlos-goulart-reis@outlook.com

⁶Prof. Dr. Fabricio José Pereira, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza, fabricio.pereira@unifal-mg.edu.br



INTRODUÇÃO

Ocorrido em 2015, o rompimento da barragem do Fundão, em Mariana - MG, liberou 55 milhões de m³ de resíduo de mineração de ferro na Bacia do Rio Doce, devastando uma grande área ao longo de 670 km até atingir o oceano (SÁNCHEZ et al., 2018). Diversos metais pesados foram identificados na composição do resíduo de mineração, entre eles chumbo (Pb) e cádmio (Cd) (PÁDUA et al., 2021), que são considerados elementos potencialmente tóxicos (EPTs) para animais e plantas.

Uma das ações de recuperação de áreas degradadas pelo despejo de rejeitos de mineração, bem como outros desastres ambientais relacionados, é a fitorremediação, compreendendo o uso de plantas e seus microrganismos associados para a remoção de poluentes do ambiente (GREIPSSON, 2011). Um dos principais mecanismos para a fitorremediação de substratos contaminados por metais pesados é a absorção destes poluentes pela planta. Porém, essa absorção é afetada por características físico-químicas do substrato, como a condutividade elétrica e os sólidos dissolvidos totais (TDS). Por sua vez, tais características podem ser afetadas por outros fatores, como o status hídrico do substrato ao longo do tempo.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do alagamento e do tempo na condutividade e TDS do resíduo de mineração de ferro. Compreender como esses fatores influenciam nas características físico-químicas do resíduo de mineração de ferro é essencial para a aplicação de técnicas de fitorremediação.

METODOLOGIA

O resíduo de mineração de ferro proveniente do rompimento da barragem de Fundão de Mariana-MG foi coletado e posteriormente peneirado e acondicionado em baldes plásticos contendo 2L. O resíduo foi submetido a duas condições de irrigação sendo capacidade de campo e alagado. Em cada balde foi colocado um indivíduo de *Typha domingensis* Pers., uma macrófita aquática, destinado



a outras análises ecofisiológicas. O experimento foi mantido em casa de vegetação por seis meses.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com arranjo em esquema fatorial 2x6, compreendendo dois fatores, a condição hídrica (alagamento e capacidade de campo (CC)) e o tempo de estudo (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias). Foram constituídas 18 repetições para cada condição hídrica, totalizando um $n = 216$. Para as análises de condutividade elétrica e de sólidos dissolvidos totais (TDS) foi utilizado um condutivímetro portátil. Os dados foram submetidos a teste de normalidade de Shapiro-Wilk e a análise da variância, posteriormente à comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ou regressão ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre a condição hídrica e o tempo, tanto para a condutividade quanto para o TDS ($P < 0,0001$).

As Figuras 1 e 2 mostram que houve, respectivamente, maior condutividade e TDS no resíduo alagado em todos os tempos.

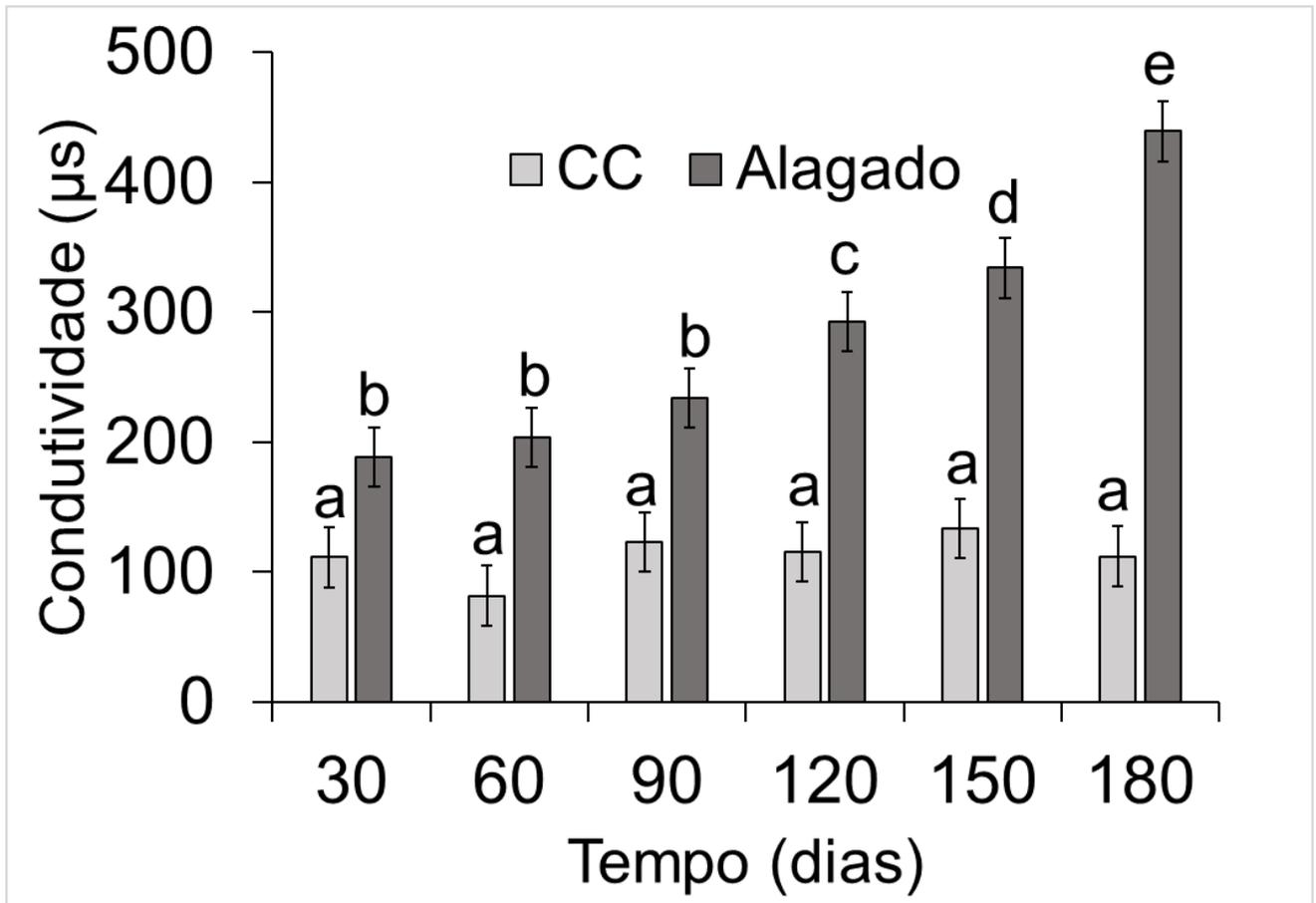


Figura 1. Condutividade do resíduo de mineração de ferro. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $P < 0,05$. Barras = erro padrão.

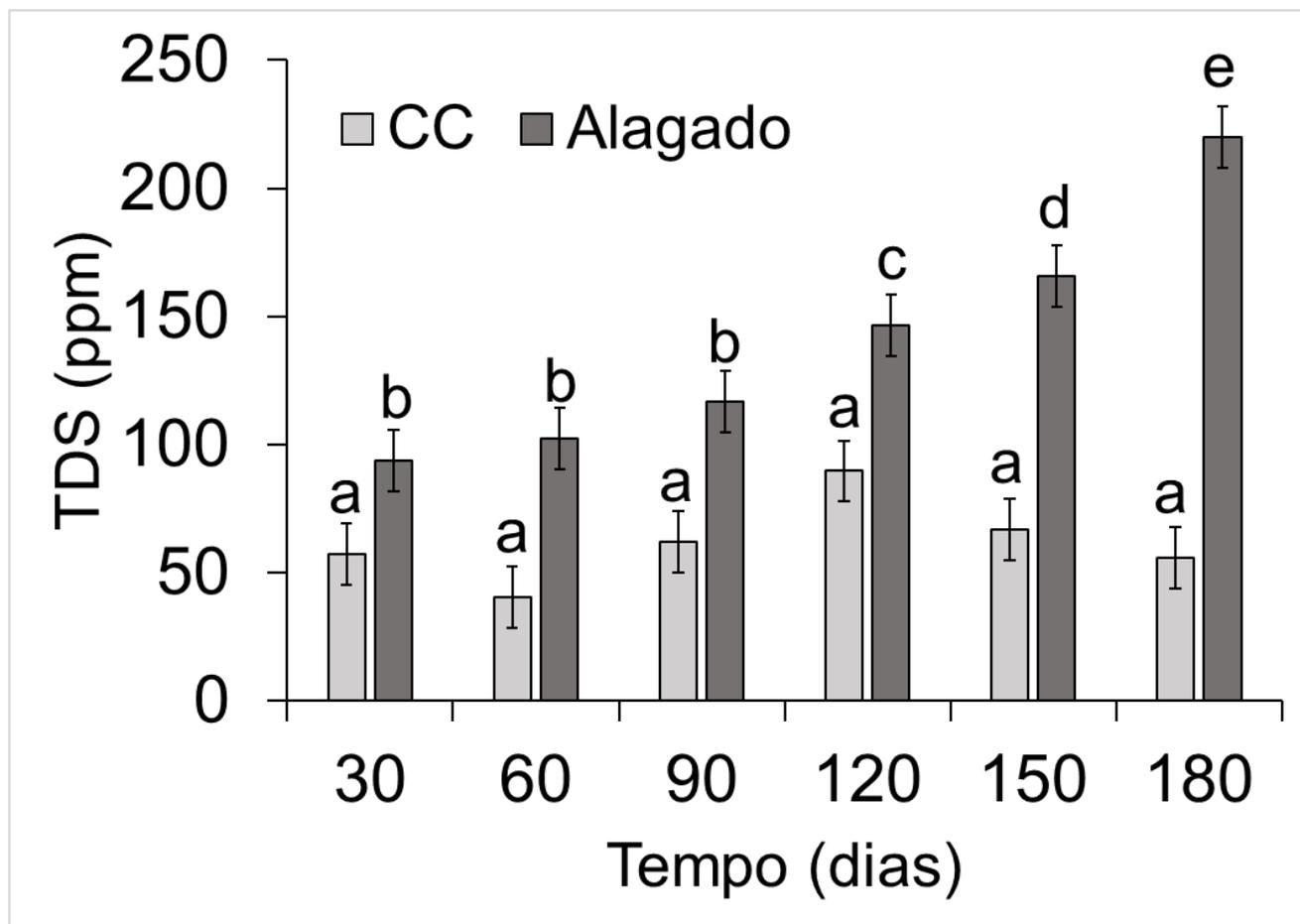


Figura 2. TDS no resíduo de mineração de ferro. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $P < 0,05$. Barras = erro padrão.

A condutividade e TDS do resíduo de mineração de ferro ao longo do tempo sob diferentes condições hídricas estão apresentados nas figuras 3 e 4, respectivamente:



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

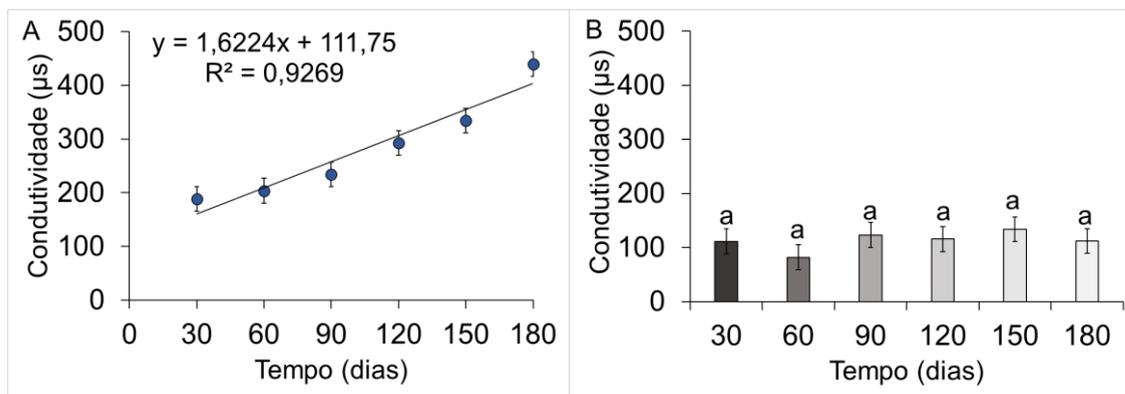


Figura 3. Variação da condutividade, ao longo de 180 dias, do resíduo de mineração de ferro em condição de alagamento e de capacidade de campo (gráficos A e B, respectivamente). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $P < 0,05$. Barras = erro padrão.

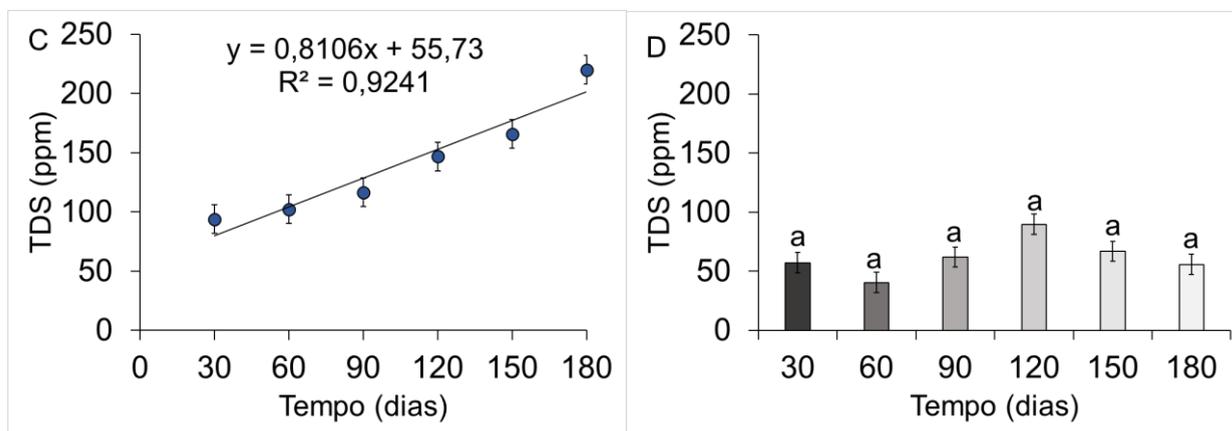


Figura 4. Variação do TDS, ao longo de 180 dias, do resíduo de mineração de ferro em condição de alagamento e de capacidade de campo (gráficos O e P, respectivamente). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $P < 0,05$. Barras = erro padrão.

O resíduo alagado apresentou maior condutividade e TDS ao longo do tempo. Isso pode ser explicado por conta da atuação da água na solubilização dos íons do resíduo de mineração. Quanto maior a solubilidade, maior a disponibilidade de tais íons para a absorção, a depender de outros fatores, como pH (PONTING et al., 2021).



Além disso, com o passar do tempo, a condutividade e o TDS aumentaram para o resíduo alagado, mas permaneceram constantes para o resíduo em capacidade de campo. Isso pode indicar que, com o passar do tempo, os íons presentes no resíduo de mineração de ferro foram mais solubilizados e, conseqüentemente, ficaram mais disponíveis para absorção pela planta na condição de alagamento.

O aumento da disponibilidade de íons como o chumbo e o cádmio, presentes no resíduo, acaba sendo prejudicial para os seres vivos, por aumentar a possibilidade de absorção de tais metais. Para plantas, o chumbo pode danificar o crescimento vegetal (SOUZA et al., 2011) e provocar mudanças no sistema enzimático da planta (SHARMA, DUBEY, 2005). Além disso, o cádmio compromete a respiração (CHUGH et al., 1996) e causa danos ao sistema enzimático da planta (SHAW et al., 2004). Dessa forma, a condição de alagamento pode aumentar a toxicidade do resíduo de mineração.

Por outro lado, a manutenção da condutividade e TDS ao longo do tempo no resíduo em capacidade de campo provavelmente foi causada pela menor quantidade de água atuando na solubilização ao longo do experimento. Isso indica que há menor disponibilidade de íons para as plantas absorverem.

CONCLUSÕES

Há interação significativa entre a condição hídrica e o tempo na condutividade e TDS do resíduo de mineração de ferro. Para o resíduo alagado, ambos os parâmetros aumentam com o passar do tempo, e são maiores que no resíduo em capacidade de campo, no qual os parâmetros permanecem constantes. Possíveis efeitos de tais mudanças nas características físico-químicas do resíduo de mineração de ferro para as plantas utilizadas no processo de fitorremediação devem ser analisados em experimentos futuros.



AGRADECIMENTOS

À CNPq, à FAPEMIG e à UNIFAL-MG.

REFERÊNCIAS

CHUGH, L. K.; SAWHNEY, S. K. Effect of cadmium on germination, amylases and rate of respiration of germinating pea seeds. **Environmental Pollution**, v.92, p. 1-5, 1996.

GREIPSSON, S. Phytoremediation. **Nature Education Knowledge**, v.3, 2011.

PÁDUA, M. P.; CAETANO, A. L.; POLO, M.; PASQUAL, M.; PEREIRA, F. J. Ecophysiological Responses of *Copaifera langsdorffii* Grown in Mining Tailings Under Lower Water Availability. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 232, n. 2, p. 232-257, 2021.

PONTING, J.; KELLY, T. J.; VERHOEF, A.; WATTS, M. J.; SIZMUR, T. The impact of increased flooding occurrence on the mobility of potentially toxic elements in floodplain soil – A review. **Science of The Total Environment**, v. 754, 2021.

SÁNCHEZ, Luis Enrique; ALGER, Keith; ALONSO, Luiza; BARBOSA, Francisco; BRITO, Maria Cecília; LAUREANO, Fernando; MAY, Peter; ROESER, Hubert; KAKABADSE, Yolanda. (2018). Os impactos do rompimento da Barragem de Fundão. O caminho para uma mitigação sustentável e resiliente. **Relatório Temático nº1 do Painel do Rio Doce**. Gland, Suíça: IUCN. Disponível em: <<https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2018.18.pt>> Acesso em: 03 ago. 2024.

SHARMA, P.; DUBEY, R. S. Lead toxicity in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, p. 35- 52, 2005.



SOUZA, L. A.; ANDRADE, S. A. L.; SOUZA, S. C. R.; SCHIAVINATO, M. A. Tolerância e potencial fitorremediador de *Stizolobium aterrimum* associada ao fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum* em solo contaminado por chumbo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1441-1451, 2011.

SHAW, B.P.; SAHU, S.K.; MISHRA, R.K. **Heavy metal stress in plants: From biomolecules to ecosystems**. 2 ed. Springer, Índia, 2004. 462 p.