

INFLUÊNCIA DO RESÍDUO DE MINERAÇÃO DE FERRO NA TAXA DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE *Lactuca sativa* L.

Marcelo Ramos de Anchieta¹

Amanda Coletti Santolino²

Fellipe Silva Gomes³

Marcos Vinicius de Sousa Bizarria⁴

Fabrcio José Pereira⁵

Tecnologia Ambiental

Resumo

O rompimento da Barragem do Fundão, em 2015, representa um dos maiores desastres ambientais já ocorridos no Brasil. O resíduo de mineração de ferro liberado contém elementos potencialmente tóxicos como o chumbo (Pb), que podem ser prejudiciais à germinação de sementes de plantas sensíveis, como o alface. Sementes de *Lactuca sativa* L. colocadas em placas de Petri e distribuídas em dois tratamentos, areia e resíduo irrigadas até capacidade de campo, sendo que cada tratamento foi realizado com 15 repetições (placas) e cada placa recebeu 50 sementes. Analisou-se a taxa de germinação, o comprimento caulinar, o comprimento da raiz principal e o número de raízes laterais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e 15 repetições, os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Scott-Knott para $P < 0,05$ utilizando-se o software Sisvar. Não houve efeito do resíduo sobre a germinação e o comprimento caulinar, mas este substrato reduziu o comprimento da raiz principal e o número de raízes laterais. Possivelmente a redução do crescimento radicular ocorreu por conta dos elementos potencialmente tóxicos, como o chumbo, que reduzem o desenvolvimento do sistema radicular de plantas sensíveis como a *L. sativa*. Portanto, o resíduo não exerce influência significativa na germinação de alface, mas diminui o crescimento de seu sistema radicular.

Palavras-chave: Alface; Elementos potencialmente tóxicos; Crescimento e desenvolvimento; Biotestes; Raízes.

¹Graduando em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza – Iniciação Científica.

²Graduanda em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza – Iniciação Científica

³Graduando em Ciências Biológicas Bacharelado, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza.

⁴Graduando em Ciências Biológicas Licenciatura, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza – Iniciação Científica.

⁵Prof. Dr. Fabricio José Pereira, Universidade Federal de Alfenas. Instituto Ciências da Natureza.

Realização





INTRODUÇÃO

Em 5 de novembro de 2015, o rompimento da Barragem de Fundão causou 19 fatalidades humanas, o deslocamento de mais de 220 famílias, a poluição e degradação de 670 km de rio na Bacia do Rio Doce e de uma grande área oceânica (SÁNCHEZ et al., 2018). O desastre liberou 55 milhões de metros cúbicos de resíduo de mineração de ferro (IBAMA, 2015), o que configura um dos maiores desastres ambientais já ocorridos no Brasil.

Estudos da composição do rejeito de mineração mostram que há presença de elementos potencialmente tóxicos (EPTs); entre os EPTs encontrados no resíduo de mineração, estão alumínio (Al), arsênio (As), bário (Ba), cromo (Cr), cádmio (Cd), cobre (Cu), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), vanádio (V) e zinco (Zn) (GUERRA et al., 2017; PÁDUA et al., 2021).

A *Lactuca sativa* L., a alface, é uma planta de valor comercial, comumente utilizada na alimentação humana. Além disso, é uma planta sensível à toxicidade e é frequentemente utilizada em biotestes. Conhecer os efeitos do resíduo de mineração sobre essa espécie pode ser um importante passo para a fitorremediação das regiões afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Altas concentrações de elementos potencialmente tóxicos, como o chumbo, já demonstraram efeitos negativos na germinação de sementes e crescimento de plantas (GOMES et al., 2011; PEREIRA et al., 2013), de modo que pode haver efeito do resíduo de mineração sobre a germinação de sementes de alface e desenvolvimento destas plantas.

Com isso, o presente trabalho tem por objetivo estudar o efeito do resíduo de mineração de ferro sobre o crescimento inicial e germinação de sementes da *Lactuca sativa* L.

METODOLOGIA

Sementes de *L. sativa* foram adicionadas em placas de Petri contendo 100 ml de dois diferentes substratos (areia ou resíduo de mineração de ferro) irrigado com 20 ml de

Realização



água. Em cada placa 50 sementes de alface foram adicionadas e foram utilizadas 15 placas por substrato ($n = 30$).

As placas foram mantidas em câmara de crescimento localizada na Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) por nove dias, à 23 °C, 60% de umidade relativa, intensidade de radiação de 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (CAETANO et al., 2021), com 24 h de fotoperíodo.

Após nove dias, realizou-se a contagem das sementes que germinaram por placa e a taxa de germinação percentual (G%) foi calculada seguindo a seguinte equação: $G\% = (\text{número de sementes germinadas}/50) * 100$. Uma plântula por placa foi fotografada ao lado de uma régua para análise do comprimento do caule, da raiz principal e do número de raízes. Para analisar o comprimento do caule e da raiz principal, foi utilizado o software ImageJ.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e 15 repetições, os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Scott-Knott para $P < 0,05$ utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS

O resíduo de mineração de ferro não promoveu diferenças significativas na germinação das sementes de alface (Fig 1).

Realização

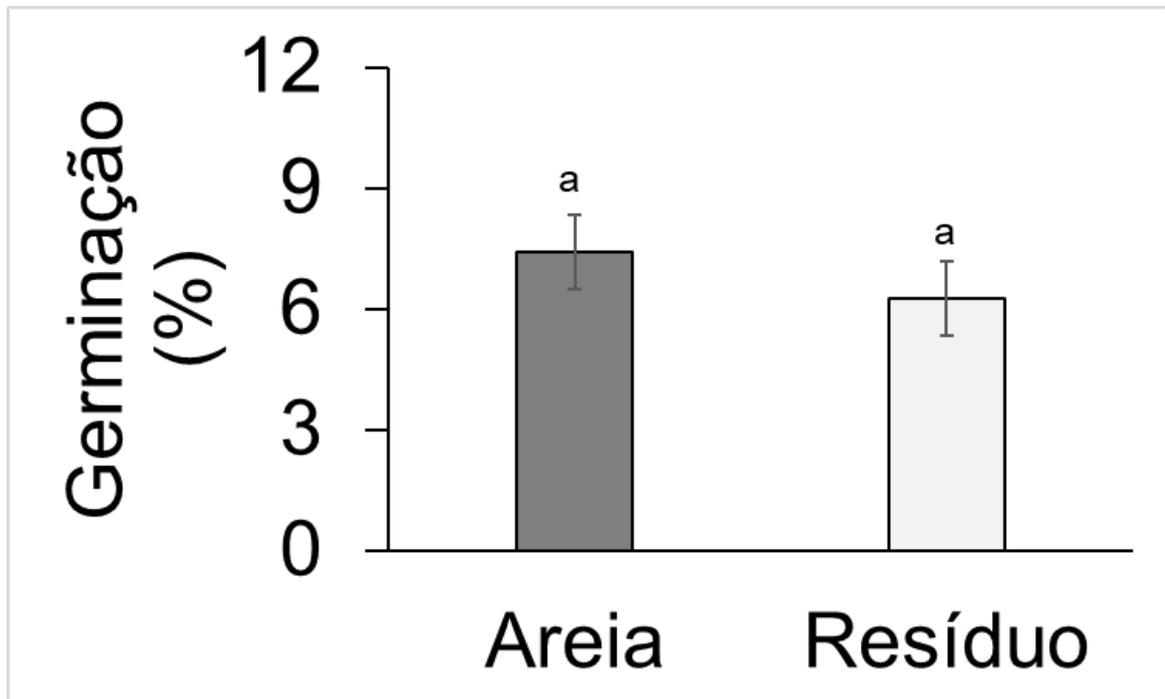
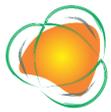


Figura 1: Germinação de sementes de alface (*L. sativa*) em diferentes substratos. As médias seguidas de mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $P < 0,05$. Barras = erro padrão.

O resíduo de mineração não promoveu diferenças significativas no comprimento caulinar das plântulas (Fig. 2).

Realização

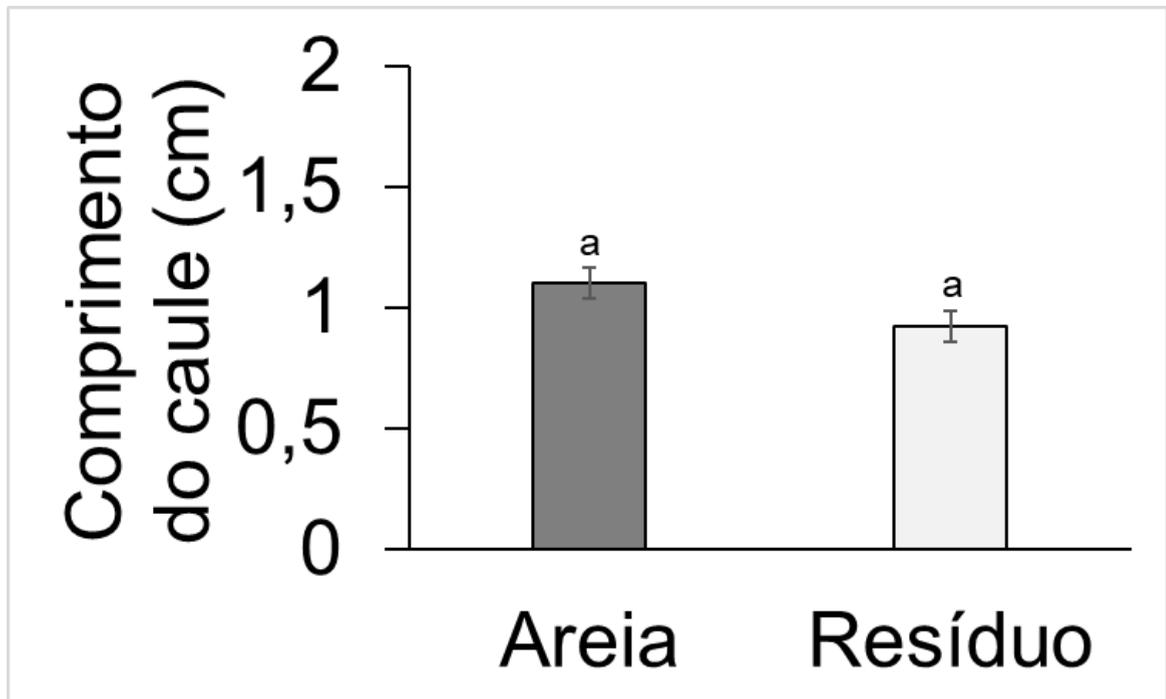


Figura 2: Comprimento caulinar de plântulas de alface (*L. sativa*) em diferentes substratos. As médias seguidas de mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $P < 0,05$. Barras = erro padrão.

O resíduo de mineração promoveu diferenças significativas no comprimento da raiz principal das plântulas (Fig. 3).

Realização

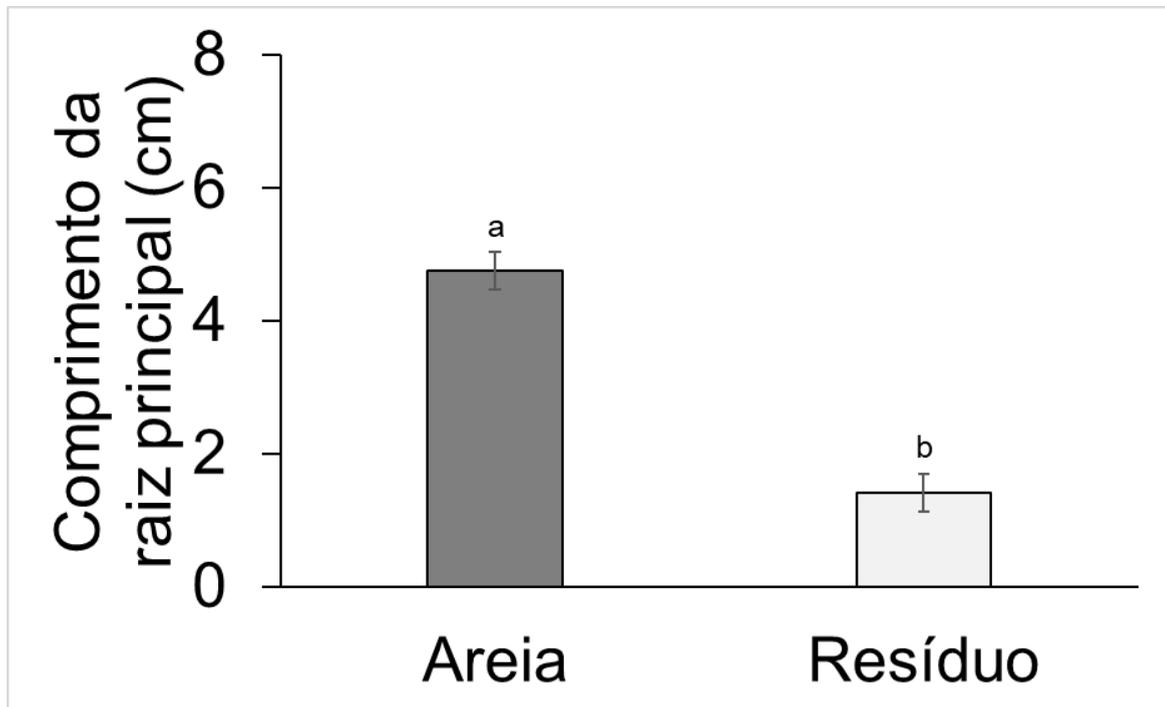


Figura 3: Comprimento da raiz principal de plântulas de alface (*L. sativa*) em diferentes substratos. As médias seguidas de mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $P < 0,05$. Barras = erro padrão.

O resíduo de mineração também promoveu diferenças significativas no número de raízes laterais das plântulas (Fig. 4).

Realização

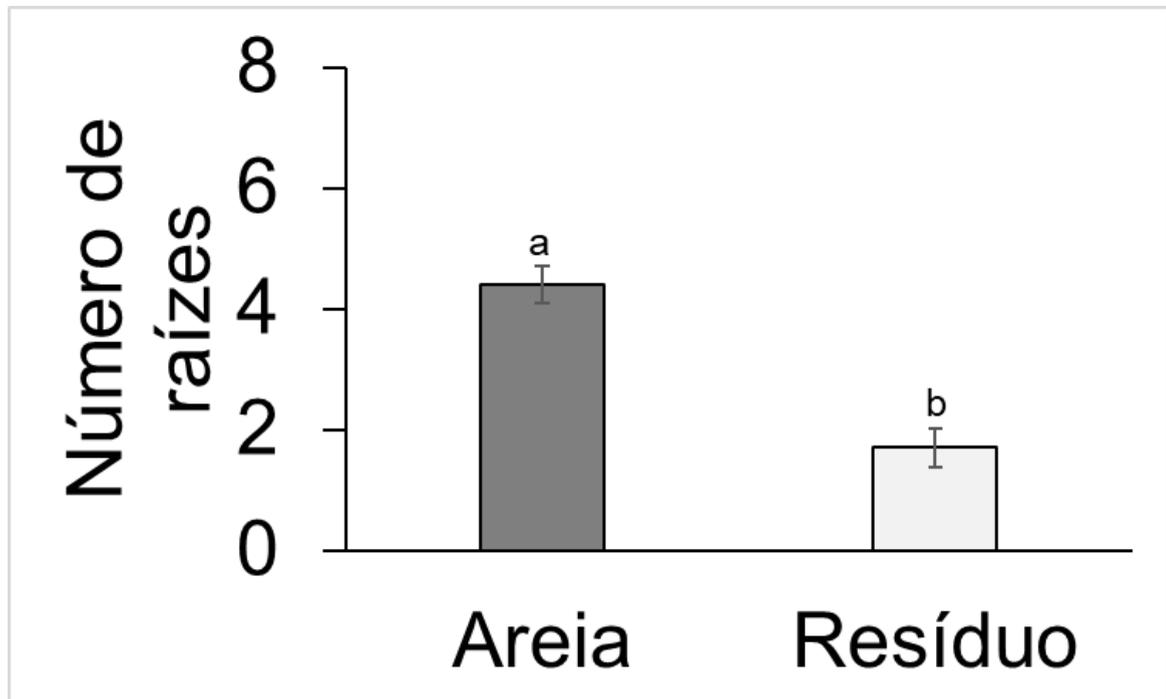
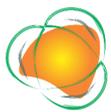


Figura 4: Número de raízes laterais de plântulas de alface (*L. sativa*) em diferentes substratos. As médias seguidas de mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $P < 0,05$. Barras = erro padrão.

DISCUSSÃO

A germinação de sementes de alface pode ser severamente reduzida por EPTs como o Pb (PEREIRA et al., 2013), que está presente no resíduo de mineração de ferro do rompimento da barragem de Fundão (PÁDUA et al., 2021). Entretanto, no presente trabalho o resíduo de mineração não promoveu toxicidade aparente na germinação de sementes de alface. A toxicidade de EPTs durante a germinação de sementes pode ser relacionada com diferentes fatores, como a concentração do poluente (ROSSI et al., 2012). Poluentes como o Cd (BARONI et al., 2020) ou mesmo o resíduo de mineração de ferro da barragem de Fundão (SCARPA et al., 2022) podem não modificar significativamente a germinação de espécies nativas como árvores do gênero *Schinus*. Mesmo a *L. sativa* sendo uma espécie bastante sensível à poluentes, a concentração de EPTs no resíduo de mineração pode não ter sido alta o suficiente para promover toxicidade. Segundo Caetano et al. (2021) a concentração de EPTs no resíduo de

Realização



mineração de ferro da barragem de Fundão encontra-se, no geral, abaixo do limite máximo permitido (ou valor de referência), exceto pelo Cd que está um pouco acima deste valor. Portanto, a concentração de EPTs no resíduo de mineração de ferro da barragem de Fundão pode estar em níveis insuficientes para causar toxicidade na germinação de *L. sativa*.

O crescimento inicial da alface também pode ser reduzido pela presença de EPTs, como o Pb (PEREIRA et al., 2013). Assim como na germinação das sementes, o resíduo não promoveu efeito esteticamente considerável sobre o comprimento caulinar, usado como parâmetro do crescimento inicial da planta, o que pode estar relacionado com a concentração de EPTs que, como dito, está abaixo do limite permitido e, portanto, pode ter sido insuficiente para causar toxicidade no crescimento caulinar da *L. sativa*.

O sistema radicular, que atua na absorção de água e nutrientes para a planta, pode ter absorvido EPTs que prejudicaram o seu desenvolvimento. O Pb, um dos EPTs presentes no resíduo, mesmo em concentrações baixas, diminuiu de modo significativo o comprimento da raiz de *L. sativa* (PEREIRA et al., 2013). Nas árvores do gênero *Schinus*, que apresentam maior tolerância, foi observado um aumento no comprimento da maior raiz com o aumento da concentração de Cd, outro EPT encontrado no resíduo (BARONI et al., 2020). A *L. sativa*, sendo uma espécie sensível a poluentes, apresentou uma redução no número de raízes e no comprimento da raiz principal quando cultivada no resíduo de mineração de ferro, mostrando que mesmo as concentrações baixas de EPTs encontradas no resíduo foram suficientes para causar um efeito considerável no seu sistema radicular.

CONCLUSÕES

Não há efeito do resíduo de mineração sobre a germinação das sementes e comprimento caulinar das plantas de *L. sativa*. Por outro lado, o resíduo reduz o desenvolvimento do sistema radicular desta espécie, com a redução do comprimento das raízes e no desenvolvimento de raízes laterais.

Realização



AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), ao Laboratório de Biotecnologia vegetal e Genotoxicidade (BioGen) e ao Instituto de Ciências da Natureza (ICN) pela estrutura e recursos fornecidos. À FAPEMIG e CNPq, pelos recursos fornecidos.

REFERÊNCIAS

BARONI, G. DE R. et al.. Cadmium Tolerance During Seed Germination and Seedling Growth of *Schinus molle* (Anacardiaceae). **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 2, p. e20170502, 2020.

CAETANO, A. L.; PÁDUA, M. P.; POLO, M.; PASQUAL, M.; PEREIRA, F. J. Growth, anatomy, and gas exchange of *Cenostigma pluviosum* cultivated under reduced water levels in iron mining tailings. **Journal Of Soils And Sediments**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 381-391, 27 ago. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11368-021-03060-4>.

FERREIRA, D. F.. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.L.], v. 35, n. 6, p. 1039-1042, dez. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542011000600001>.

GOMES, M. P.; MARQUES, T. C. L. L. S. M.; NOGUEIRA, M. O. G.; SILVA, G. H.; CASTRO, E. M.; SOARES, Â. M.. Efeitos dos rejeitos da indústria de zinco na anatomia e crescimento de plantas jovens de *Salix humboldtiana* Willd: (salgueiro). **Hoehnea**, [S.L.], v. 38, n. 1, p. 135-142, mar. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s2236-89062011000100012>.

GUERRA, M. B. B.; TEANEY, B. T.; MOUNT, B. J.; ASUNSKIS, D. J.; JORDAN, B. T.; BARKER, R. J.; SANTOS, E. E.; SCHAEFER, C. E. G. R.. Post-catastrophe Analysis of the Fundão Tailings Dam Failure in the Doce River System, Southeast Brazil: potentially toxic elements in affected soils. **Water, Air, & Soil Pollution**, [S.L.], v. 228, n. 7, p. 135-142, 20 jun. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-017-3430-5>.

IBAMA (2015) Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/phocodownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_Ibama.pdf. Acesso em 17 de julho de 2023.

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**, [S.L.], v. 232, n. 2, p. 232-257, fev. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-021-05037-y>.

Realização





PEREIRA, M. P.; PEREIRA, F. J.; RODRIGUES, L. C. A.; BARBOSA, S.; CASTRO, E. M. Fitotoxicidade do chumbo na germinação e crescimento inicial de alface em função da anatomia radicular e ciclo celular. **Revista Agro@Mbiente**, Boa Vista, v. 8, n. 1, p. 36-43, jan. 2013.

ROSSI, S. C.; LAGOA, A. M. M. A.; SCHIAVINATO M. A. Tolerance to cadmium in the germination and development of jack beans. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, n. 2, p. 142-147, 2012.

SÁNCHEZ, L. E.; ALGER, K.; ALONSO, L.; BARBOSA, F. A. R.; BRITO, M. C. W.; LAUREANO, F. V.; ...; KAKABADSE, Y. (2018). Os impactos do rompimento da Barragem de Fundão. O caminho para uma mitigação sustentável e resiliente. Relatório Temático, (1º). Disponível em:

<https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2020/04/osimpactosdorompimentodabarragemdefundao.pdf>

SCARPA, A. L. M.; RODRIGUES, F. A.; CRUZ, Y. C.; DUARTE, V. P.; CASTRO, E. M.; PASQUAL, M.; PEREIRA, F. J.. Seed germination, initial growth and leaf anatomy of seedlings of four tree species grown in mine tailings in Brazil. **Cambridge University Press**, [SI], v. 32, n. 2, p. 104-113, jun. 2022. <https://doi.org/10.1017/S0960258522000174>.

Realização

