

# CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR METAIS APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM I, DA VALE S.A, EM BRUMADINHO (MG)

## ENVIRONMENTAL CONTAMINATION BY METALS AFTER THE COLLAPSE OF VALE'S DAM IN BRUMADINHO (MG)

**Rodrigo Sardinha Lourenço**

Aluno de Mestrado em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Período PIBIT/CETEM: agosto de 2020 a março de 2021, rodrigoslou@gmail.com

**Zuleica Carmen Castilhos**

Orientadora, Bioquímica, D.Sc. Geoquímica Ambiental. zcastilhos@cetem.gov.br

**Ricardo Gonçalves Cesar**

Orientador, Geógrafo, D.Sc. Geoquímica Ambiental. ricardogc.geo@gmail.com

### RESUMO

O presente trabalho trata da avaliação dos níveis de contaminação por metais no material sólido disposto sobre os solos e sistemas hídricos após o colapso da Barragem I (B1), de mineração de ferro, da VALE S.A, em Brumadinho (MG, Brasil). Para tanto, amostras superficiais foram coletadas 10 dias após o rompimento da B1, em diferentes áreas: (i) Zona Quente (ZQ), próxima à barragem; (ii) Parque Cachoeiras (PC), a jusante da ZQ; e (iii) Alberto Flores (AF), a jusante do PC e uma amostra de referência, de solo natural de floresta não impactada. A determinação dos teores pseudo-totais dos metais Fe, Zn, Cu e Pb permitiu avaliar o incremento da mobilidade e biodisponibilidade destes metais nos segmentos impactados, bem como o grau de contaminação em comparação com os teores preconizados pela legislação brasileira. Os resultados revelam que o rompimento da B1 incrementou não apenas as concentrações de metais em solos e sedimentos, mas também, sua mobilidade geoquímica. Apenas o Cu e o Pb mostraram teores acima dos limites da legislação e, ainda que fração móvel e/ou biodisponível de Fe tenha incrementado em até duas ordens de grandeza em relação à área de referência, não há limite proposto na legislação. Isto ressalta a necessidade de se integrar dados químicos, físicos e ecotoxicológicos na avaliação de riscos ambientais. Outros importantes metais, como Mn, Cr e Ni serão estudados em trabalhos futuros.

**Palavras chave:** mineração de ferro, meio ambiente, biodisponibilidade.

### ABSTRACT

This work consists of the evaluation of the levels of contamination by metals in the solid material disposed on the soils and water systems after the collapse of a dam (B1), of iron mining, of VALE SA, in Brumadinho (MG, Brazil). For this purpose, surface samples were collected 10 days after the B1 rupture, in different areas: (i) Hot Zone (ZQ), close to the dam; (ii) Parque Cachoeiras (PC), downstream from the ZQ; and (iii) Alberto Flores (AF), downstream from the PC and a reference sample of natural soil from non-impacted forest. The determination of the pseudo-total contents of Fe, Zn, Cu and Pb metals allowed to assess the increase in mobility and bioavailability of these metals in the impacted segments, as well as the degree of contamination compared to the levels recommended by Brazilian legislation. The results reveal that B1 disruption increased not only metal concentrations in soils and sediments, but also their geochemical mobility. Only Cu and Pb Other important showed levels above the legal limits and, although the mobile and/or bioavailable fraction of Fe has increased by up to two orders of magnitude in relation to the reference area, there is no limit proposed in the legislation. This highlights the need to integrate chemical, physical and ecotoxicological data into environmental risk assessment. metals such as Mn, Cr and Ni will be studied in future work.

**Keywords:** iron mining, environment, bioavailability.

## 1. INTRODUÇÃO

Em janeiro de 2019, a Barragem I, de mineração de ferro, da Mina do Córrego do Feijão, da VALE S.A., se rompeu em Brumadinho (MG), causando a morte imediata de 272 pessoas e de animais domésticos e silvestres; destruiu casas, regiões agrícolas, áreas verdes nativas, banco de sementes, etc. Os rejeitos contidos na B1 ficaram, então, dispostos sobre os solos e sistemas hídricos, incrementando os teores de metais nestes compartimentos - Lourenço et al. (2020). Vale ressaltar que apenas uma parte da concentração total dos metais apresenta mobilidade geoquímica e potencial biodisponibilidade, representando a maior significância toxicológica. A determinação destes teores, denominados de “pseudo-totais” tem sido realizada com o uso de extratores mais fracos, que mimetiza processos ambientais, como a água régia. Sendo assim, a determinação de teores pseudo-totais indica o potencial de mobilidade, biodisponibilidade e toxicidade associada aos metais, sendo utilizado também para determinar o grau de contaminação, através de sua comparação aos limites propostos para qualidade ambiental pela Legislação brasileira. Finalmente, servem também para modelagens ambientais com vistas à seleção de alternativas de remediação, auxiliando a tomada de decisão em medidas de proteção à saúde pública e preservação da biodiversidade.

## 2. OBJETIVOS

O presente trabalho consiste na avaliação do potencial de mobilidade geoquímica de metais e grau de contaminação de amostras do material sólido disposto no ambiente após o rompimento da Barragem I, da Mina Córrego do Feijão, da VALE S.A, em Brumadinho (MG).

## 3. METODOLOGIA

As amostras foram coletadas em fevereiro de 2019, 10 dias após o rompimento da B1, em três grandes zonas: (i) Zona Quente (próximo à barragem rompida – 9 amostras); (ii) zona agrícola de Parque das Cachoeiras (3 amostras); e (iii) zona agrícola de Alberto Flores (3 amostras). Além disso, uma (1) amostra de solo foi coletada em uma área florestal não impactada e utilizada como referência. Dados sobre teores totais de metais (Zn, Cu, Pb e Fe) destas referidas amostras foram compilados de Lourenço et al. (2020). Visando subsidiar a interpretação da mobilidade geoquímica e biodisponibilidade potencial destes metais, a determinação dos teores pseudo-totais foi realizada com base na solubilização de 1g de amostra em água régia ( $3\text{HCl}:1\text{HNO}_3$ ) e subsequente medição em Espectrometria de Emissão com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). A avaliação do grau de contaminação dos materiais foi realizada através da comparação das concentrações obtidas com os valores orientadores estabelecidos pelas Resoluções 420 (2009) e 454 (2012) do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a média dos teores totais obtidos por Lourenço et al. (2020) e as concentrações pseudo-totais em cada um dos três segmentos (Tabela 1), constatou-se que a jusante do rompimento da B1 - em comparação aos teores da amostra de referência - os resultados revelam que o Fe incrementa de 75 a 88 vezes; o Cu incrementa entre 10 e 30 vezes; Zn, em até 1 vez e Pb mostra acréscimo de 1 vez na ZQ e decréscimo de até 0,5 em PC e AF. No que se refere ao percentual da concentração total com mobilidade geoquímica e biodisponibilidade potencial, os resultados mostram incremento da fração móvel para todos os metais estudados. A mobilidade de Zn e Cu, nas três zonas de coleta, decresce  $\text{PC} > \text{AF} > \text{ZQ}$ ; para Pb, decresce de  $\text{ZQ} > \text{PC} > \text{AF}$ ; e para Fe, de  $\text{AF} > \text{PC} > \text{ZQ}$ . Constatou-se, ainda, distinta ordem decrescente de mobilidade para cada metal estudado, sendo, na amostra de referência:  $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu}$  e nos três segmentos a jusante da B1; em ZQ:  $\text{Pb} > \text{Cu} > \text{Fe} > \text{Zn}$ ; em PC:  $\text{Cu} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Fe}$ ; e em AF:  $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Pb}$ .

Em média, a comparação das concentrações pseudo-totais de metais com os limites preconizados na legislação brasileira revelou que apenas o Cu, nos segmentos PC e AF, excedeu

o Nível 1 (baixa probabilidade de efeitos tóxicos à biota aquática – estipulado pela Resolução 454) e o Limite de Prevenção (para risco ecológico terrestre – estipulado pela Resolução 420). Os resultados obtidos para as amostras individuais dentro de cada segmento revelam que o Cu excedeu o Limite de Prevenção (para risco ecológico terrestre – estipulado pela Resolução 420) em 5 amostras, sendo: uma (1) em ZQ, duas (2) em PC e uma (1) em AF; e ultrapassou o Nível 1 (baixa probabilidade de efeitos tóxicos à biota aquática – estipulado pela Resolução 454) em uma (1) amostra em ZQ, três (3) em PC e duas (2) em AF. Em relação às concentrações de Pb, uma única amostra (ZQ-10) excedeu o Limite de Prevenção e o Nível 1. Vale ressaltar que não é possível indicar grau de contaminação para Fe, mesmo havendo incremento de até duas ordens de grandeza nas concentrações pseudo-totais em relação à referência, porque não há valor orientador na legislação.

**Tabela 1.** Concentrações totais (T) e pseudo-totais (PT) de metais (média ± desvio padrão) na Zona Quente (ZQ; n = 9), Parque das Cachoeiras (PC; n = 3) e Alberto Flores (AF; n = 3), incluindo o percentual da fração pseudo-total em relação à total (fração potencialmente biodisponível – Bio). a = acima do valor de prevenção (VP - CONAMA 420/2009 – para solos). b = acima do Nível 1 (N1 - CONAMA 454/2012 – para sedimentos aquáticos). N2 = Nível 2 (CONAMA 454/2012 – para sedimentos aquáticos). DI = dado indisponível. Ref. = amostra-referência.

Zona de coleta	Zn (mg/kg)			Cu (mg/kg)			Pb (mg/kg)			Fe (%)		
	T	PT	Bio (%)	T	PT	Bio (%)	T	PT	Bio (%)	T	PT	Bio (%)
<b>Ref</b>	31,8	19,0	59,7	5,9	2,8	47,45	34,5	18,5	53,6	1,0	0,65	65,0
<b>ZQ</b>	40,7	24,6	60,4	31,5	25,6	81,3	25,5	22,2	87,0	19,9	15,1	75,8
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
<b>PC</b>	25,7	24,4	15,6	40,0	37,4	14,9	24,5	26,0	32,2	16,8	11,7	13,6
	82,5	69,6	84,4	96,5	88,7	91,9	19,0	15,8	83,1	41,2	32,3	78,4
<b>AF</b>	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	11,1	10,8	2,40	18,1	14,9 <sup>a,b</sup>	5,1	3,3	3,9	9,17	1,4	3,8	7,2
<b>AF</b>	56,2	44,4	79,0	51,0	44,5	87,2	18,5	11,8	63,7	32,6	29,0	88,9
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	28,3	35,3	36,3	43,1	42,6 <sup>b</sup>	47,9	15,7	8,2	48,0	27,4	24,6	19,6
<b>VP</b>		300,0			60,0			72,0				DI
<b>N1</b>		123,0			35,7			35,0				DI
<b>N2</b>		315,0			197,0			91,3				DI

## 5. CONCLUSÕES

Em termos gerais, o material liberado a partir do rompimento da Barragem I, da Mina Córrego do Feijão, da VALE S.A, em Brumadinho (MG) incrementou não apenas os teores, mas também, a mobilidade geoquímica de Fe, Zn, Cu e Pb em solos e sedimentos, sendo que apenas o Cu e o Pb mostraram teores acima dos limites da legislação. O Fe incrementou em até duas ordens de grandeza as concentrações da fração móvel e/ou biodisponível em relação à área de referência, mas, por não haver um limite na legislação, não é possível indicar grau de contaminação. Este fato ressalta a necessidade de se integrar dados químicos, físicos e ecotoxicológicos na avaliação de riscos ambientais. Outros importantes metais, como Mn, Cr e Ni serão estudados em trabalhos futuros.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas concedidas a Rodrigo Lourenço (Iniciação Tecnológica) e aos colegas da Coordenação de Análises Mineraias (COAM – CETEM) pelas determinações de metais nas amostras ambientais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). 2009. **Resolução 420**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>>. Acesso em julho/2021.

CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). 2012. **Resolução 454**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em julho/2021.

LOURENÇO, R. S.; CASTILHOS, Z. C.; CESAR, R. G. 2020. **Avaliação ecotoxicológica da lama oriunda do rompimento de Barragem de mineração, em Brumadinho (MG)**. Anais da XXVIII Jornada de iniciação científica do CETEM, *in press*.