POTENCIAL TÓXICO DA ÁGUA E DO ELUTRIATO DA FOZ DO RIO DOCE CINCO ANOS APÓS O ROMPIMENTO DE BARRAGEM DE MINERAÇÃO

Ingrid Ferreira dos Santos[1], Ana Luiza Gonçalves Sepulcro[1], Jéssica Dutra Ferreira[1], Échily Sartori[2], Diego Lacerda[2], Cristiane dos Santos Vergilio[1], Carlos Eduardo de Rezende[2]

[1]Universidade Federal do Espírito Santo/ CCENS, Alto Universitário, S/N - Guararema, Alegre - ES, 29500-000, Brasil, ingrid.f.santos@edu.ufes.br, ana.l.sepulcro@edu.ufes.br, jessicadutra017@gmail.com, cristiane.vergilio@ufes.br.
[2]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Avenida Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, 28013-602, Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil, echilysartori1@gmail.com, diegolacerda@uenf.br, crezende@uenf.br

Resumo
Em 2015, o rompimento da barragem de Fundão liberou mais de 50 milhões de m³ de rejeitos de minério de ferro na bacia do Rio Doce, atingindo a região costeira. Este estudo avaliou as concentrações de metais e o potencial ecotoxicológico da água superficial e do elutriato da foz do Rio Doce, com *Nitokra* sp., cinco anos após o desastre. Amostras dos setores norte, central e sul foram coletadas nos períodos seco (2021) e chuvoso (2022). A exposição à água e ao elutriato aumentou a prole no período chuvoso, possivelmente pelo aporte de matéria orgânica. Na água, menores valores ocorreram em FN2, FC1, FC2, FS1 e FS2 no período seco e em FC2 e FS3 no chuvoso. No elutriato, os menores foram em FN1, FN2, FS2 e FS3 no período seco e FC2 e FS3 no chuvoso. Na água, os elementos-traço ficaram abaixo dos limites da CONAMA nº 357/2005. No sedimento, o As excedeu o PEL em FS1 e FS2 no seco e FN1, FN2, FS1 e FS2 no chuvoso e o TEL em todos os pontos, em ambos os períodos; Cr e Cu excederam o TEL em alguns pontos. Os metais acima dos níveis de referência e as alterações reprodutivas de *Nitokra* sp. reforçam a necessidade de monitoramento contínuo na foz do Rio Doce.

Palavras-chave: *Nitokra* sp. Copépode. Rejeito de Mineração. Metais.

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas - Ecologia

Introdução

Em novembro de 2015, o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana (MG), resultou em um dos maiores desastres ambientais do Brasil. Um volume superior a 50 milhões de metros cúbicos de rejeitos foram liberados na bacia do Rio Doce, atingindo áreas entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo (Dias *et al*., 2018). Ao longo do trajeto do rio, parte desse material foi depositado no seu leito e nas margens, enquanto frações mais finas permaneceram em suspensão, sendo transportadas até a foz e posteriormente alcançando ambientes costeiros próximos (Gomes *et al*., 2017).

Os rejeitos liberados eram constituídos por material fino associado ao processamento de minério de ferro (Fe), mas também possuíam traços de metais tóxicos, como arsênio (As), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb), elementos que, após sua introdução no ambiente, poderiam provocar alterações nas características físico-químicas dos ecossistemas afetados. Entre os impactos associados ao desastre foram relatadas alterações na qualidade da água, aumento da turbidez e modificações nas concentrações e na distribuição de elementos químicos nos compartimentos ambientais (Foesch *et al*., 2020; Segura *et al*., 2016).

Ao atingir a região costeira, parte dos contaminantes transportados pelo Rio Doce pode permanecer associada ao sedimento, esse material pode sofrer processos de ressuspensão que favorecem a remobilização de partículas para a coluna d'água (Vergilio *et al*., 2020). Nesse contexto, a análise da água permite avaliar os possíveis efeitos das substâncias presentes na coluna d'água, enquanto o elutriato pode ser utilizado para analisar as substâncias que passam do sedimento para a fase aquosa durante processos de ressuspensão (Ankley *et al*., 1991; Mucha *et al*., 2003). A avaliação conjunta

dessas matrizes pode contribuir para uma compreensão mais abrangente das respostas biológicas associadas às condições ambientais da região da foz do Rio Doce.

Nesse sentido, os ensaios ecotoxicológicos são importantes ferramentas para o monitoramento ambiental, permitindo avaliar como os contaminantes presentes nas amostras podem afetar os organismos expostos. O copépode bentônico *Nitokra* sp. se destaca por ser encontrado em ambientes estuarinos tropicais e apresentar ciclo de vida relativamente curto, de aproximadamente três a quatro semanas (Lotufo & Abessa, 2002). Sua sensibilidade a contaminantes, tolerância às variações de salinidade, pequeno tamanho e facilidade de manutenção e cultivo em laboratório são características que favorecem sua utilização em testes ecotoxicológicos (Lotufo & Abessa, 2002). Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial ecotoxicológico da água superficial e do elutriato da foz do Rio Doce, cinco anos após o rompimento da barragem de Fundão, por meio de ensaios com *Nitokra* sp., e sua relação com as concentrações de metais presentes nas matrizes ambientais.

Metodologia

1.1. Coleta do sedimento e da água superficial da foz do Rio Doce

A primeira campanha de coleta das amostras ambientais foi realizada no período entre 21 e 29 de junho de 2021 (estação seca), enquanto a segunda coleta foi realizada entre 10 e 19/02/2022 (estação chuvosa). A amostragem foi realizada em 8 estações de coleta da região da foz do Rio Doce, sendo três na foz sul, dois na foz central e três na foz norte. Em cada local de amostragem foram medidos os parâmetros físico-químicos pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e turbidez. As amostras de água superficial foram coletadas na camada de 0–30 cm da coluna d'água em cada ponto amostral. As amostras de sedimento superficial (camada superficial de sedimento de 2 cm a 6 cm) foram coletadas com auxílio de um amostrador de fundo do tipo Van Veen, sendo armazenadas em sacos plásticos e congeladas a -20 °C até as análises. As amostras coletadas foram preparadas para as análises químicas e ensaios ecotoxicológicos.

1.2. Determinação dos metais na água

Para a determinação dos metais na água, as amostras foram processadas de acordo com o método 3015A da USEPA (2007). Uma alíquota de 22,5 mL de amostra foi acidificada com 2,5 mL de HNO_3 a 65% e mantida em temperatura ambiente durante a noite. Posteriormente, as amostras foram submetidas à digestão em sistema de micro-ondas (Mars Xpress, CEM) por 25 minutos, a 175 °C e 1600 W. Após a digestão, os extratos foram filtrados e o volume aferido para 25 mL com HNO_3 0,5 N. A determinação dos elementos Al, As, Fe, Mn, Ba, Zn, Cu, Pb e Cr foi realizada por espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS, Agilent 7800). As concentrações obtidas na água (μg L^{-1}) foram comparadas aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas salinas Classe 1 (CONAMA, 2005).

1.3. Determinação dos metais no sedimento

Para o sedimento, uma alíquota de 0,5 g foi digerida de acordo com o método 3052 da USEPA (1995) em uma solução de HNO_3 (9 mL) + HF (4 mL) + HCl (4 mL) com o auxílio de microondas (Mars 5 Xpress CEM-Corporation) por 40 minutos, aquecidos a 180ºC com tempo de rampa de 10 minutos e depois mantidos por 20 minutos nessa temperatura. Em seguida adicionou-se 25 mL de solução de H_3BO_3 4% (m/v) com o objetivo de complexação do possível resíduo de HF. O extrato final também reaquecido a 180ºC com tempo de rampa de 10 minutos e depois mantido por 20 minutos nessa temperatura. Após resfriamento, os extratos foram filtrados em papel filtro (Whatman 40), aferidos a 50 mL com água desmineralizada e encaminhadas para as análises. Todas as amostras foram preparadas em triplicatas analíticas, sendo considerado um coeficiente de variação menor do que 10%. A determinação dos elementos Al, As, Fe, Mn, Ba, Zn, Cu, Pb e Cr nas diferentes matrizes ambientais foi realizada com o auxílio de um Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Acoplado (ICP – OES Varian-Liberty Series II) no Laboratório de Ciências Ambientais do CBB-UENF. Os resultados foram comparados com o Nível de Efeito Limiar (TEL) e o Nível de Efeito Provável (PEL), estabelecidos pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (Buchman, 2008).

1.4. Ensaio de toxicidade com água superficial e elutriato com o copépode *Nitokra sp.*

Os ensaios ecotoxicológicos para avaliação da toxicidade do elutriato e da água foram realizados

com o copépode *Nitokra sp*. de acordo com a metodologia proposta por Lotufo & Abessa (2002). Os organismos utilizados foram do cultivo do Laboratório de Ecotoxicologia da Universidade Federal do Espírito Santo (LABTOX/UFES). As amostras de água superficial foram distribuídas em recipientes teste, contendo 10 mL de amostra de cada ponto. Para o preparo do elutriato, o sedimento foi misturado com água do mar reconstituída na proporção de 1:4 (v/v), sendo a mistura agitada durante 30 minutos e, posteriormente, mantida em repouso por 1 hora. Após esse período, a fase aquosa sobrenadante foi coletada e utilizada nos ensaios ecotoxicológicos. Em ambos os ensaios, foram preparadas quatro réplicas experimentais, sendo adicionadas dez fêmeas ovígeras em cada recipiente - teste, totalizando 40 organismos expostos por amostra. O grupo controle foi constituído por água do mar reconstituída, ajustada à salinidade de 35%, utilizando quatro réplicas experimentais nas mesmas condições dos demais tratamentos. Os organismos foram alimentados apenas no primeiro dia de ensaio com 0,1 mL de suspensão algácea (1 x 10^5 células/ mL). Os ensaios foram mantidos por quatro dias em incubadora BOD a 24º C e fotoperíodo 14:10 pelo tempo de exposição de 4 dias. Os parâmetros físico-químicos (oxigênio dissolvido - OD, pH, temperatura, salinidade e condutividade) foram medidos no início e no fim do experimento. Ao final do experimento foi utilizada 0,5 mL de solução de formaldeído 10% com corante rosa bengala foi adicionada por 48 h para posterior contagem dos organismos. Em seguida, as amostras foram peneiradas em malha de 45 µm, para a contagem dos indivíduos com auxílio de lupa e pipeta, sendo contabilizados os estágios de fêmeas ovadas, copepoditos e náuplios, adultos.

Resultados

As concentrações dos elementos-traço analisados na água superficial permaneceram abaixo dos valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas salinas Classe 1 (Tabela 1).

Tabela 1- Concentração de metais (mg L^{-1}) em água superficial coletada durante a estação seca (2021) e chuvosa (2022) de áreas marinhas com influência do Rio Doce.

Área	Estação	Al	As	Fe	Mn	Ba	Zn	Cu	Pb	Cr
FN1	Seca	15,5	0,8	5,9	0,02	5,1	1,2	0,06	0,01	0,51
	Chuvosa	36,2	0,2	137,4	3,80	8,5	7,1	0,19	0,90	0,13
FN2	Seca	36,2	0,7	4,9	0,30	10,7	0,3	0,31	0,05	0,60
	Chuvosa	13,2	0,3	99,4	4,30	12,8	52,8	0,09	0,39	0,17
FN3	Seca	25,2	0,7	12,9	0,40	5,6	0,3	0,31	0,01	0,48
	Chuvosa	45,4	0,3	103,2	4,30	12,1	11,1	0,12	0,47	0,25
FC1	Seca	15,2	0,8	15,2	0,20	2,0	0,3	0,06	0,01	0,26
	Chuvosa	19,4	0,6	20,8	0,10	1,3	18,6	0,48	0,01	0,57
FC2	Seca	5,8	0,7	2,8	0,60	1,8	0,3	0,51	0,01	0,22
	Chuvosa	21,2	0,5	0,9	0,80	1,7	17,6	0,30	0,01	0,22
FS3	Seca	3,2	0,7	4,9	0,70	6,9	0,9	0,06	0,01	1,08
	Chuvosa	292,0	0,6	700,3	49,1	7,6	28,0	1,10	3,61	0,11
FS2	Seca	3,4	0,7	8,2	0,20	28,6	2,0	0,06	0,01	1,21
	Chuvosa	52,2	0,5	750	71,3	34,1	6,9	1,64	4,32	0,10
FS1	Seca	10,1	0,7	5,2	0,40	10,5	0,3	0,06	0,01	0,38
	Chuvosa	16,8	0,3	43,7	4,60	12,0	10,8	0,17	0,14	0,55
CONAMA 357 Classe I		—	10	—	100	1000	90	—	10	50

Fonte: Produção do próprio autor.

A concentração dos metais no sedimento apresentou variações entre os pontos de coleta e os períodos avaliados. De modo geral, a estação chuvosa apresentou maiores concentrações para a maioria dos elementos analisados. Concentrações elevadas foram registradas em FN1, FN2 e FC2. Esse comportamento pode estar relacionado à maior movimentação e ressuspensão de partículas, favorecendo a transferência desses elementos para a coluna d'água (Vergilio et al., 2020).

Níveis de As acima do TEL foram observados em todos os pontos nos dois períodos (seco e chuvoso) e acima do PEL em FS1 e FS2 no período seco e em FN1, FN2, FS1 e FS2 no período chuvoso. O Cr ultrapassou o TEL na maioria dos pontos, exceto em FS2, enquanto o Cu apresentou valores acima desse limite em FC2, FS3 e FS2. (Tabela 2).

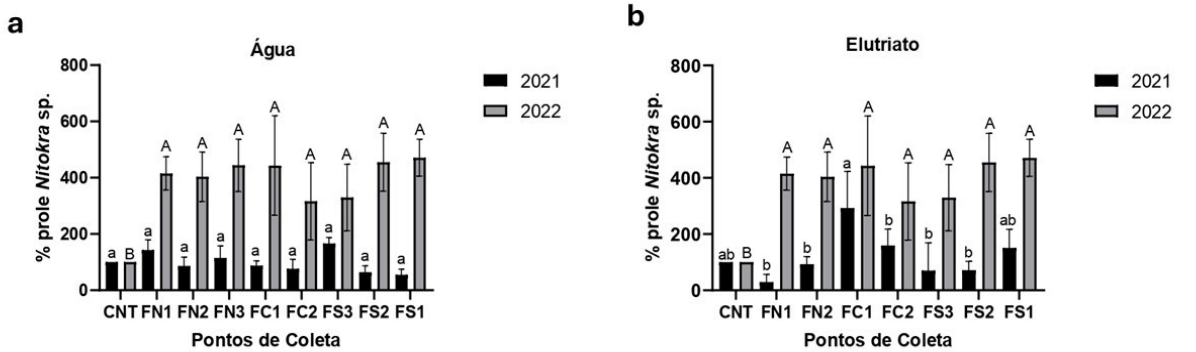
Tabela 2- Concentração de metais (µg/g) em sedimento coletado durante a estação seca (2021) e chuvosa (2022) de áreas marinhas com influência do Rio Doce.

Área	Estação	Al	As	Fe	Mn	Ba	Zn	Cu	Pb	Cr
FN1	Seca	36.928,1	28,9	83.781,0	469,2	207,4	30,8	8,9	9,7	57,2
	Chuvosa	46.518,5	60,7	56.684,5	717,7	158,2	59,3	14,9	9,7	89,6
FN2	Seca	69.852,5	37,7	84.336,9	659,0	136,9	48,5	15,7	15,6	78,9
	Chuvosa	51.568,1	54,0	59.298,1	675,6	165,1	55,0	14,7	10,9	85,1
FN3	Seca	47.866,7	23,2	115.853,4	361,1	265,4	27,1	6,6	11,7	46,9
	Chuvosa	35.450,6	24,9	555.07,8	466,7	114,6	46,8	17,1	12,7	70,9
FC1	Seca	62.303,6	27,9	79.141,8	465,2	209,4	41,1	11,8	12,2	53,4
	Chuvosa	19.409,0	19,5	40.721,6	329,1	154,5	34,0	9,8	6,4	45,1
FC2	Seca	100.748,9	29,7	94.435,8	588,4	164,8	52,4	17,7	16,7	77,8
	Chuvosa	76.549,5	27,9	86.142,9	691,2	116,9	57,0	24	14,8	89,7
FS3	Seca	114.923,9	36,9	84.492,6	641,0	142,3	49,9	16,2	13,5	79,3
	Chuvosa	47.482,4	16,3	52.583,5	384,4	90,0	58,1	20,4	12,1	77,8
FS2	Seca	167.092,1	51,1	101.669,1	679,6	172,4	58,6	19,1	19,0	92,5
	Chuvosa	82.473,9	49,1	54.089,0	666,0	152,7	51,5	15,3	10,9	89,9
FS1	Seca	109.075,1	45,0	84.068,4	579,3	128,5	48,7	16,8	16,8	79,7
	Chuvosa	67.420,0	57,9	53.943,5	664,2	110,7	52,8	18,5	13,5	91,4
NOAA- TEL		-	7,2	-	-	-	124	18,7	30,2	52,3
NOAA- PEL		-	41,6	-	-	-	271	108	112	160

Fonte: Produção do próprio autor.

Em relação a avaliação do potencial tóxico, para as amostras de água, no período seco (2021), não foram observadas diferenças significativas na produção de prole entre o controle e os pontos amostrais, embora FN2, FC1, FC2, FS2 e FS1 tenham apresentado tendência de menor produção de prole. No período chuvoso (2022), todos os pontos avaliados apresentaram aumento significativo da prole em relação ao controle. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre os pontos amostrais (Figura 1a). Para o elutriato, não foram observadas diferenças na produção de prole entre os tratamentos no período seco (2021), entretanto, FN1, FN2, FS2 e FS3 apresentaram os menores valores. O ponto FC1 apresentou maior produção de prole, diferindo significativamente de FN1, FN2, FS3 e FS2 que apresentaram menores valores. O FS1 não apresentou diferença estatística entre pontos e com o controle. No período chuvoso (2022), todos os pontos amostrais apresentaram maior produção de prole em relação ao controle, embora não tenham sido observadas diferenças significativas entre os pontos, FC2 e FS3 apresentaram os menores valores de produção de prole. (Figura 1b).

Figura 1 - Percentual da prole de *Nitokra sp*. obtida após a exposição das fêmeas ovadas às amostras de água(a) e elutriato(b) da foz do Rio Doce.



Legenda: CNT: Controle, FN1: Foz Norte 1, FN2: Foz Norte 2, FN3: Foz Norte 3, FC1: Foz Central 1, FC2: Foz Central 2, FS1: Foz Sul 1, FS2: Foz Sul 2, FS3: Foz Sul 3. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos no período seco (2021), enquanto letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos no período chuvoso (2022) (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

Discussão

Cinco anos após o rompimento da barragem de Fundão, os resultados evidenciaram variações na distribuição dos elementos-traço na água e no sedimento e nas respostas reprodutivas de *Nitokra* sp. Embora os elementos analisados na água superficial tenham apresentado concentrações inferiores aos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357, alguns elementos no sedimento ainda despertam preocupação quanto ao potencial de efeitos adversos à biota. Dentre os elementos, As, Cr e Cu apresentaram níveis acima do TEL e inclusive acima do PEL para As, o que desperta preocupação em relação a potencial toxicidade para biota local.

A sazonalidade pode influenciar a dinâmica dos contaminantes na região da foz do Rio Doce, uma vez que o aumento da vazão do rio, o escoamento superficial e a ressuspensão do sedimento podem favorecer a mobilização de substâncias para a coluna d'água (Vergilio *et al*., 2020). A concentração dos metais no sedimento apresentou variação sazonal, sendo o período chuvoso associado a maiores concentrações médias de As, Cr e Cu, enquanto Al, Fe, Ba e Pb apresentaram maior associação com as amostras do período seco.

A exposição a água e ao elutriato da foz do Rio Doce resultou em alterações reprodutivas de *Nitokra sp,* mesmo cinco anos após o rompimento da barragem de minério de ferro. *Nitokra* sp. é um organismo sensível às alterações das condições ambientais, sendo utilizado para avaliar possíveis efeitos de contaminantes em ensaios ecotoxicológicos (Lotufo & Abessa, 2002).

De modo geral, a água superficial e o elutriato apresentaram tendência de estímulo à produção de prole, sobretudo no período chuvoso, possivelmente associada ao aumento da matéria orgânica e da disponibilidade de alimento. Apesar desse estímulo, houve menor produção de prole na água superficial em FN2, FC1, FC2, FS1 e FS2 no período seco, e em FC2 e FS3 no chuvoso. Para o elutriato, os menores valores ocorreram em FN1, FN2, FS2 e FS3 no período seco, e em FC2 e FS3 no chuvoso. A menor produção de prole em especial nos pontos da foz central e sul, associada com os maiores níveis de elementos pode indicar efeitos crônicos.

Conclusão

Mesmo após cinco anos do rompimento da barragem de Fundão, a exposição à água superficial e ao elutriato da foz do Rio Doce evidenciou alterações na resposta reprodutiva de *Nitokra sp.*, com menores valores de produção de prole em determinados pontos, especialmente nos setores central e sul, sobretudo no período chuvoso. As concentrações de elementos-traço no sedimento acima dos valores de TEL e PEL evidenciam preocupação quanto ao potencial de toxicidade para a biota local, uma vez que esses limites estão associados à ocorrência de efeitos adversos à biota.

Considerando que processos de ressuspensão podem favorecer a mobilização de elementos associados ao sedimento para a fase aquosa e, consequentemente, influenciar a composição do elutriato, os resultados demonstram que, mesmo cinco anos após o rompimento da barragem de Fundão, os efeitos do rompimento da barragem de Fundão ainda se fazem presentes na foz do Rio Doce. Esses resultados reforçam a importância da avaliação conjunta dessas matrizes como estratégia para identificar riscos ambientais, destacando a necessidade de continuidade do monitoramento químico e ecotoxicológico da região.

Referências

ANKLEY, G. T.; SCHUBAUER-BERIGAN, M. K.; DIERKES, J. R. Predicting the toxicity of bulk sediments to aquatic organisms with aqueous test fractions: pore water vs. elutriate. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 10, n. 10, p. 1359–1366, 1991. DOI: 10.1002/etc.5620101015.

BUCHMAN, M. F**.** *NOAA Screening Quick Reference Tables*. Seattle: National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of Response and Restoration, 2008. NOAA OR&R Report 08-1.

DIAS, Carlos Alberto et al. Impactos do rompimento da barragem de Mariana na qualidade da água do rio Doce. **Revista Espinhaço**, 2018. Acesso em: 08 jun. 2024.

FOESCH, M. D. S.; FRANCELINO, M. R.; ROCHA, P. A.; GOMES, A. R. L. River water contamination resulting from the Mariana disaster, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 4, 2020. DOI: 10.1590/2179-8087.013218.

GOMES, L. E. O.; CORREA, L. B.; SÁ, F.; RODRIGUES NETO, R.; BERNARDINO, A. F. The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 120, n. 1–2, p. 28–36, 2017. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.04.056.

LOTUFO, G. R.; ABESSA, D. M. S. Testes de toxicidade com sedimento total e água intersticial estuarinos utilizando copépodos bentônicos. In: **Métodos em Ecotoxicologia Marinha – Aplicações no Brasil.** São Paulo: Editora Artes Gráficas e Indústria Ltda, 2002. p. 163–178.

MUCHA, A. P.; LEAL, M. F. C.; BORDALO, A. A.; VASCONCELOS, M. T. S. D. Comparison of the response of three microalgae species exposed to elutriates of estuarine sediments based on growth and chemical speciation. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 22, n. 3, p. 576–585, 2003. DOI: 10.1002/etc.5620220316.

SEGURA, F. R.; NUNES, E. A.; PANIZ, F. P.; PAULELLI, A. C. C.; RODRIGUES, G. B.; BRAGA, G. Ú. L.; DOS REIS PEDREIRA FILHO, W.; BARBOSA, F. Jr.; CERCHIARO, G.; SILVA, F. F.; BATISTA, B. L. Potential risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). **Environmental Pollution,** v. 218, p. 813–825, 2016. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.08.005.

VERGILIO, C. dos S.; LACERDA, D.; OLIVEIRA, B. C. V. de; SARTORI, E.; CAMPOS, G. M.; PEREIRA, A. L. de S.; AGUIAR, D. B. de; SOUZA, T. da S.; ALMEIDA, M. G. de; THOMPSON, F.; REZENDE, C. E. de. Metal concentrations and biological effects from one of the largest mining disasters in the world (Brumadinho, Minas Gerais, Brazil). **Scientific Reports**, v. 10, 5936, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-62700-w.

Agradecimentos

A Universidade Federal do Espírito Santo que forneceu a infraestrutura para o desenvolvimento desse trabalho, nas dependências do Laboratório de Ecotoxicologia (LABTOX) e do Laboratório de Estudos em Ciências Ambientais (LECA). Ao financiamento fornecido pela Recursos provenientes da CHAMADA FAPES/FAPEMIG/FUNDAÇÃO RENOVA - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS IMPACTADAS PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO/MG (Termo de Outorga: 006/2021) (Processo: 2021-5KQR9) por viabilizar o desenvolvimento desse projeto.