

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

ESTUDO SOBRE QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO RIO DOCE ANTES E APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO, MARIANA-MG

**Bruna Chaves Amaral¹, Jamilly de Assis Marques¹, Mateus Zava Zucolotto¹,
Maria Eduarda Marques da Conceição¹, Jacyelli Sgranci Angelos¹, Benvindo
Sirtoli Gardiman Junior².**

¹ Universidade Federal do Espírito Santo - UFES (Campus de Alegre), Alto Universitário, S/N - Guararema, Alegre - ES, 29500-000 - Alegre, Brasil, eng.brunachaves@gmail.com, jamillyam25@gmail.com, mzucolotto96@gmail.com, mariamarques.bio@gmail.com, jacysgranci@gmail.com.

² Instituto Federal do Espírito Santo - IFES (Campus de Ibatiba), Av. 7 de Novembro, 40 - Centro, Ibatiba - ES, 29395-000 - Ibatiba, Brasil, benvindo.gardiman@ifes.edu.br.

Resumo

O colapso da Barragem de Fundão em Mariana, MG, em 5 de novembro de 2015, resultou no despejo de aproximadamente trinta e quatro milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração de ferro nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, causando impacto na qualidade da água local. Este estudo teve como propósito avaliar as mudanças nas variáveis de qualidade da água na parte mineira da bacia do rio Doce antes e depois do rompimento da barragem. Os resultados indicaram que as variáveis Alumínio, E. coli, Ensaio ecotoxicológico, Ferro, Fósforo, Manganês, Sólidos em Suspensão, Sulfeto e Turbidez apresentaram desvios das normas vigentes tanto nos períodos anteriores quanto posteriores ao incidente, com aumento significativo após o colapso da barragem. Assim, os dados relativos à qualidade da água, já afetados ao longo dos anos pela poluição proveniente do esgotamento sanitário, foram exacerbados após o desastre, particularmente no que diz respeito às variáveis de manganês, sólidos em suspensão e turbidez.

Palavras-chave: Rio Doce. Desastre Ambiental. Qualidade da Água.

Área do Conhecimento: Engenharias - Engenharia Ambiental e Sanitária.

Introdução

O crescimento demográfico e a expansão urbana desordenada têm acarretado intervenções humanas prejudiciais aos recursos naturais, especialmente nos cursos d'água. Essas ações têm provocado diversos problemas e impactos que afetam tanto a população quanto o meio ambiente. As contínuas modificações no ambiente têm levado a uma diminuição na disponibilidade e na qualidade da água, o que é especialmente evidente em áreas como as bacias hidrográficas (LIMA, 2015).

A bacia do Rio Doce é um importante corpo hídrico localizado na região hidrográfica do Atlântico Sudeste, abrangendo territórios de dois Estados, com a maior parte situada em Minas Gerais (COSTA; DUTA, 2001). Nesse Estado, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) é uma instituição vinculada à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), responsável pelo projeto intitulado "Projeto Águas de Minas". Esse projeto é dedicado ao monitoramento da qualidade das águas e, desde 2012, disponibiliza anualmente uma série histórica de dados referentes a variáveis relacionadas à qualidade dos recursos hídricos.

No ano de 2015, toda a área que compreende a bacia do Rio Doce ganhou imensa notoriedade nacional e internacional devido ao rompimento da barragem de Fundão, localizada em Mariana/ MG, e de responsabilidade das empresas SAMARCO/VALE/BHP Billiton. Essa barragem continha rejeitos provenientes da mineração de ferro, que foram liberados ao longo dos rios próximos, ocasionando o maior desastre socioambiental já registrado no país (FERNANDES, 2017).

O volume estimado de rejeitos despejados na Bacia do Rio Doce foi de aproximadamente 34 milhões de metros cúbicos, o que corresponde a 68% da capacidade total de armazenamento (ANA, 2016). A

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

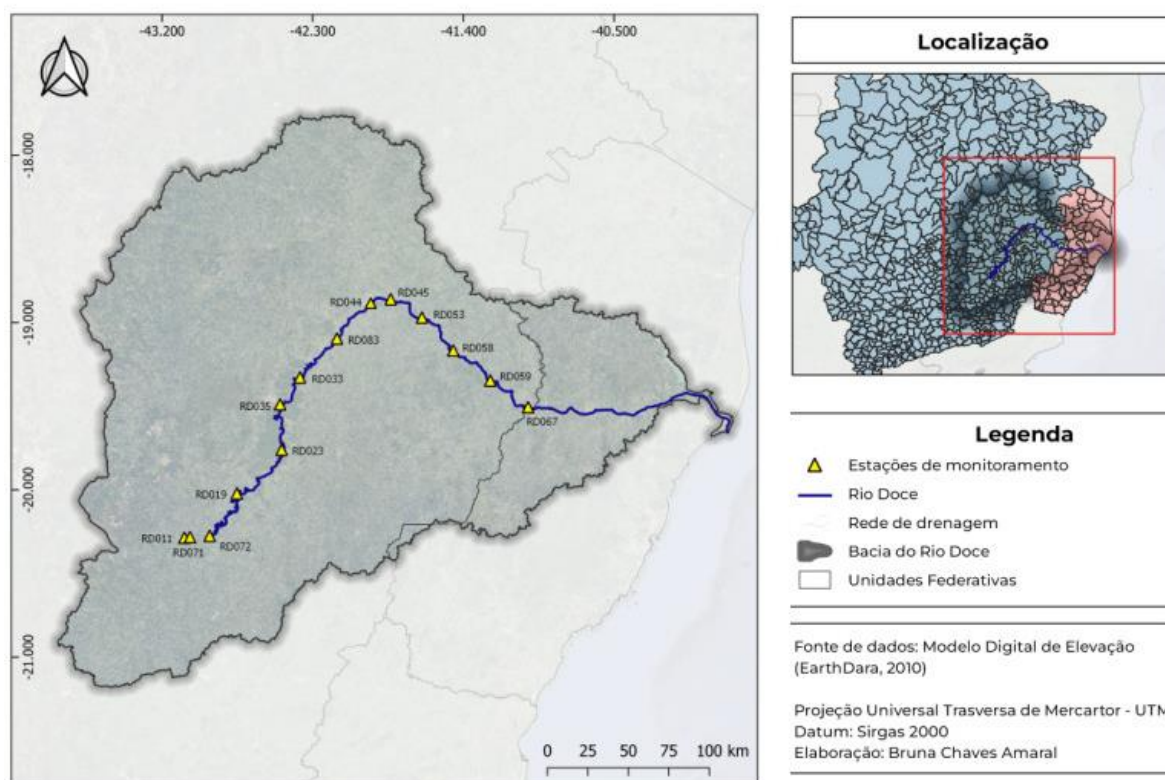
grande maioria dos rios afetados por esses rejeitos de lama são fontes de captação de água para o abastecimento das comunidades vizinhas, sendo que muitas dessas famílias não possuem uma fonte alternativa para a obtenção hídrica.

Diante da gravidade dos impactos gerados neste desastre, tanto no curso d'água quanto nas comunidades envolvidas, verificou-se a necessidade de estudar os efeitos desse acidente sobre a qualidade da água. É importante se ter conhecimento das condições e características compostas na água para garantir os padrões exigidos na legislação e o benefício de uma água de qualidade para a população, fauna e flora.

Metodologia

Esta pesquisa analisa os dados referentes a quatorze (14) estações de monitoramento das águas superficiais localizadas ao longo do rio Gualaxo do Norte, Rio Carmo e Rio Doce, na parte mineira da bacia hidrográfica do rio Doce (Figura 1), antes e após o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana – MG.

Figura 1 – Ilustração dos pontos de monitoramento da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Doce.



Fonte: O autor.

Todos os pontos das estações de monitoramento são supervisionados pelo IGAM. Na Tabela 1, compreende as características e localizações das doze (12) estações de monitoramento no rio Doce, uma (1) no rio Carmo e uma (1) rio Gualaxo do Norte. Os dados de qualidade de água foram coletados nos anos de 2012 a 2019, como disponibilizado na página de monitoramento da qualidade das águas, no site do Portal do Meio Ambiente - MG.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Tabela 1 - Estações de monitoramento da qualidade de água analisados neste estudo e suas características do trecho hídrico.

Estação	Município	Latitude (S)	Longitude (W)
RD011	Barra Longa	-20° 17' 9,81"	-43° 3' 57,02"
RD071	Barra Longa	-20° 16' 58,199"	-43° 1' 56,338"
RD072	Rio Doce	-20° 16' 30"	-42° 54' 54"
RD019	Rio Casca e São Domingos do Prata	-20° 1' 18,995"	-42° 45' 7,999"
RD023	Marliéria e Pingo d'Água	-19° 45' 34,999"	-42° 29' 6"
RD033	Belo Oriente	-19° 19' 38,935"	-42° 22' 32,977"
RD035	Ipatinga	-19° 29' 18,996"	-42° 29' 38,998"
RD083	Periquito	-19° 5' 42,198"	-42° 9' 17,1"
RD044	Governador Valadares	-18° 53' 0"	-41° 57' 10,001"
RD045	Governador Valadares	-18° 51' 36,194"	-41° 50' 1,356"
RD053	Tumiritinga	-18° 58' 10,193"	-41° 38' 49,394"
RD058	Conselheiro Pena	-19° 9' 58,846"	-41° 27' 35,69"
RD059	Resplendor	-19° 20' 45,719"	-41° 14' 19,496"
RD067	Aimorés	-19° 30' 20,002"	-41° 0' 47,002"

Fonte: o autor.

Os parâmetros monitorados foram selecionados a fim de analisar as principais variáveis que influenciam a degradação desse curso hídrico. Dentre eles estão: Alumínio dissolvido em mg .L⁻¹ Al; Ensaio ecotoxicológico; *Escherichia coli* em mg .L⁻¹, Ferro dissolvido em mg .L⁻¹ Fe; Fósforo Total em mg .L⁻¹ P; Manganês total em mg .L⁻¹ Mn; Sulfetos em mg .L⁻¹ S e Sólidos em Suspensão em suspensão mg .L⁻¹ e Turbidez em UNT.

Comparou-se os valores encontrados dos parâmetros com os dados exigidos nas legislações as quais o recurso hídrico está submetido: a estadual, por meio da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1/2008 e a federal, conforme estabelece a Resolução CONAMA nº 357/2005.

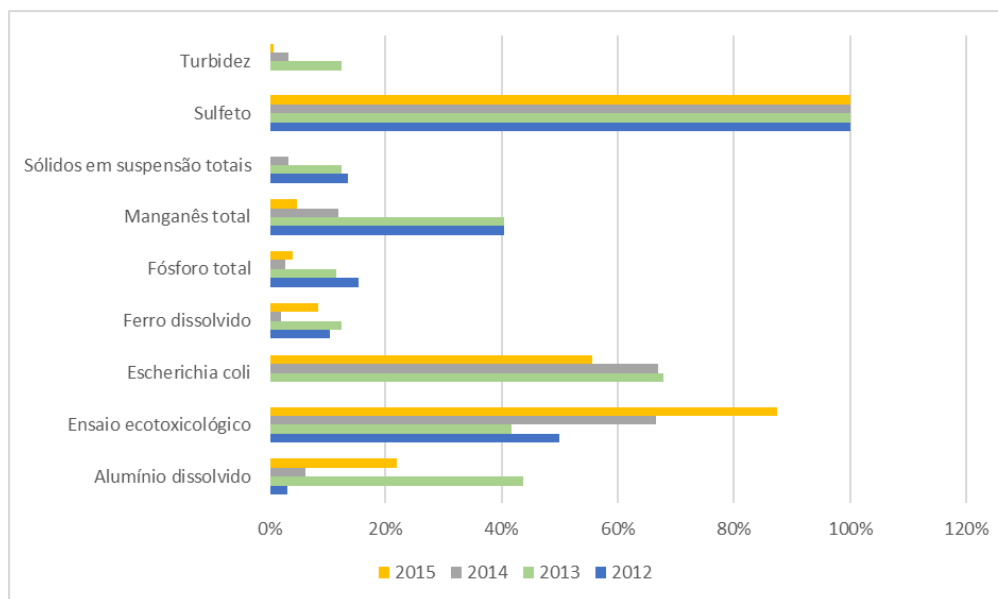
Para uma melhor otimização dos dados obtidos na comparação da qualidade das águas entre os períodos anteriores e posteriores ao rompimento da barragem de Fundão, optou-se por dividir a análise em fases distintas. Portanto, a primeira parte consiste na avaliação da qualidade das águas superficiais da porção mineira do rio Doce no período anterior ao rompimento da barragem de Fundão (ano de 2012 a 2015) com a Resolução CONAMA nº 357/2005. E a segunda parte consiste na avaliação da qualidade das águas superficiais da porção mineira do rio Doce no período posterior ao rompimento da barragem de Fundão (ano de 2016 a 2019) com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Resultados

Por meio dos dados, observa-se, na Figura 2, o percentual das variáveis em desconformidade com os padrões de qualidade da água, estabelecido pelas legislações, no período de 2012 a 2015, anos que antecederam o rompimento da barragem de Fundão. Em destaque estão os Sulfetos, cuja totalidade de amostras coletadas estavam acima do limite estabelecido, *Escherichia Coli* com mais de 55% nos anos de 2013 a 2015 e Ensaio Ecotoxicológico com mais de 42% dos dados.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

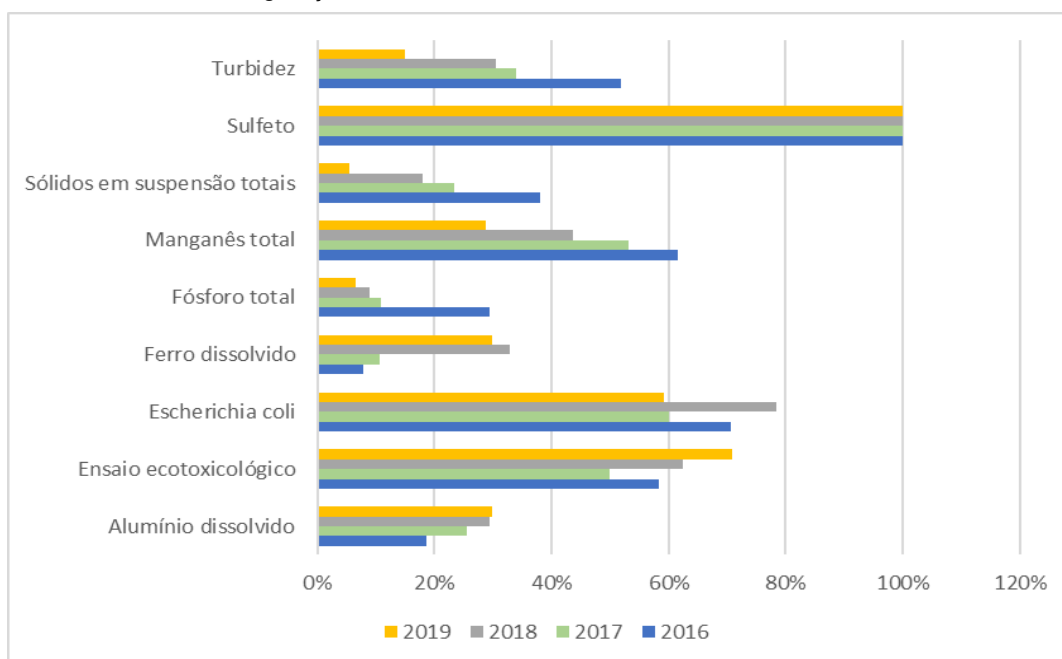
Figura 2 - Percentual de desconformidade das variáveis com os limites de qualidade de água estabelecidos pela legislação estadual e federal, nos anos de 2012 a 2015.



Fonte: O autor.

Na Figura 3 é apresentado o percentual das variáveis em desconformidade com os padrões de qualidade da água, estabelecido pelas legislações, no período de 2016 a 2019, anos posteriores ao rompimento da barragem de Fundão. Em destaque estão os sulfetos, cuja totalidade de amostras coletadas permaneceu acima do limite estabelecido, *Escherichia Coli* aumentou seu percentual em 4%, apresentando-se com 59% de desconformidade e, o manganês com um crescimento percentual muito alto em relação aos anos anteriores.

Figura 3 - Percentual de desconformidade das variáveis com os limites de qualidade de água estabelecidos pela legislação estadual e federal, nos anos de 2016 a 2019.



Fonte: O autor.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Discussão

Os parâmetros referentes ao *Escherichia coli*, Ensaio Ecotoxicológico e Sulfetos estão relacionados a descarga de esgotos sanitários domésticos e de efluentes industriais, na qual é lançado em toda extensão da Bacia do Rio Doce. Seus teores aumentaram após o rompimento da barragem de Fundão, porém não de forma significativa, pois já estavam com um percentual alto antes do evento. O Ensaio Ecotoxicológico e *Escherichia coli* apresentaram seus maiores índices nos anos de 2015 e 2018, respectivamente.

Os sulfetos também possuem ligação com a atividade mineradora, pois, segundo Costa *et al.* (2010), os horizontes mineralizados podem ser enriquecidos em minerais a base de sulfetos, ricos em metais pesados. Neste estudo, esta variável apresentou um percentual de 100% de desconformidade em todos os anos.

Os metais que manifestaram um percentual de desconformidade com a legislação foram o Alumínio, Ferro e Manganês, na qual seus maiores índices foram nos anos de 2013, 2018 e 2016, respectivamente. A ação tóxica destes metais pode causar a bioacumulação em diversas espécies, potencializando o efeito das substâncias através de cadeias alimentares. Segundo Dias *et al.* (2018), estes metais são encontrados em abundância no processo de mineração da barragem de Fundão.

Os sólidos em suspensão e a turbidez evidenciaram seus maiores percentuais no ano de 2016. De acordo com Dias *et al.* (2018), o rompimento da barragem afetou a qualidade da água, principalmente no parâmetro de turbidez, devido ao volume de sólidos em suspensão e a concentração de metais. Estes parâmetros trazem como consequência a redução da penetração da luz solar na coluna d'água, prejudicando a fotossíntese das algas e a obstrução de animais aquáticos em respirar e se alimentar.

Conclusão

Após análise dos resultados, pode-se concluir que as variáveis alumínio, E. coli, ensaio ecotoxicológico, ferro dissolvido, fósforo total, manganês, sólidos em suspensão, sulfeto e turbidez já estavam identificadas acima do limite para um rio de Classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, antes do desastre. Portanto, já apresentava sinais de degradação ambiental, através da poluição das águas.

Os dados referentes a E. coli, ensaio ecotoxicológico e sulfetos realizados ao longo dos anos, demonstraram que o rio Gualaxo do Norte, rio Carmo e rio Doce na sua fração mineira, já sofria em relação à contaminação devido ao esgotamento sanitário, mas que foi potencializada no período imediato após o rompimento da barragem.

As alterações percentuais ocorridas nas variáveis de sólidos em suspensão, turbidez e manganês sofreram um aumento repentino no ano de 2016, logo após o rompimento da barragem de Fundão, devido a grande quantidade de rejeito de mineração depositada nos rios. Este percentual pode causar consequências a fauna e flora dos rios, como dificuldade de respiração/fotossíntese e bioacumulação.

Referências

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Encarte Especial Sobre a Bacia do Rio Doce: Rompimento da Barragem em Mariana MG. Brasília: ANA, 2016. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoce_22_03_2016v2.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2023.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Ministério do Meio Ambiente**, Brasília, 2005.

COSTA, A. C. A. da; DUTA, F. P. Bioaccumulation of copper, zinc, cadmium and lead by *Bacillus* sp., *Bacillus cereus*, *Bacillus sphaericus* and *Bacillus subtilis*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 32, p. 1-5, 2001.

COSTA, A. T. *et al.* Análise estratigráfica e distribuição do arsênio em depósitos sedimentares quaternários da porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero, bacia do Ribeirão do Carmo, MG. **REM: Revista da Escola de Minas**, v. 63, n. 4, p. 703-714, 2010.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

DIAS, C. A. *et al.* Impactos do rompimento da barragem de Mariana na qualidade da água do rio Doce. **Revista Espinhaço**, 2018.

FERNANDES, K. N. **Qualidade das águas nos Rios Gualaxo do Norte, Gualaxo do Sul e do Carmo - Afluentes do Alto Rio Doce (Watu):** metais, metaloides e Índice de Qualidade das Águas antes e após o rompimento da barragem de rejeitos Fundão da Samarco/VALE/BHP Billiton, em Mariana, MG. 2017. 223f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

LIMA, H. S. **Qualidade das águas superficiais da porção mineira da Bacia do rio Doce e sua relação com aspectos socioambientais.** 157 f. 2015. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais.