

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA

Marcos Ribeiro Botelho

Desastre industrial da Vale em Brumadinho: a prevalência do financeiro sobre a segurança das barragens

São Paulo
2023

MARCOS RIBEIRO BOTELHO

Desastre industrial da Vale em Brumadinho: a prevalência do financeiro sobre a segurança das barragens

Versão revisada

Tese apresentada à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Saúde Pública

Orientador: Prof. Dr. Rodolfo Andrade de Gouveia Vilela

São Paulo
2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação

Ficha elaborada pelo Sistema de Geração Automática a partir de dados fornecidos pelo(a) autor(a)
Bibliotecária da FSP/USP: Maria do Carmo Alvarez - CRB-8/4359

Botelho, Marcos

Desastre da Vale em Brumadinho : a prevalência do financeiro sobre a segurança das barragens / Marcos Botelho; orientador Rodolfo Vilela. -- São Paulo, 2023. 439 p.

Tese (Doutorado) -- Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 2023.

1. Política Nacional de Segurança de Barragens. 2. Rompimento de barragens. 3. Financeirização de empresas. 4. Atuação dos órgãos de fiscalização. 5. Lições não aprendidas I. Vilela, Rodolfo, orient. II. Título.



ATA DE DEFESA

Aluno: 6143 - 8635607 - 1 / Página 1 de 1

Ata de defesa de Tese do(a) Senhor(a) Marcos Ribeiro Botelho no Programa: Saúde Pública, do(a) Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

Aos 14 dias do mês de março de 2023, no(a) realizou-se a Defesa da Tese do(a) Senhor(a) Marcos Ribeiro Botelho, apresentada para a obtenção do título de Doutor intitulada:

"Desastre industrial da Vale em Brumadinho: a prevalência do financeiro sobre a segurança das barragens"

Após declarada aberta a sessão, o(a) Sr(a) Presidente passa a palavra ao candidato para exposição e a seguir aos examinadores para as devidas arguições que se desenvolvem nos termos regimentais. Em seguida, a Comissão Julgadora proclama o resultado:

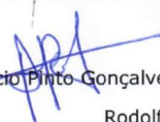
Nome dos Participantes da Banca	Função	Sigla da CPG	Resultado
Rodolfo Andrade de Gouveia Vilela	Presidente	FSP - USP	Não Votante
Ildeberto Muniz de Almeida	Titular	UNESP - Externo	<u>APROVADO</u>
Bruno Milanez	Titular	UFJF - Externo	<u>APROVADO</u>
Anastácio Pinto Gonçalves Filho	Titular	UFBA - Externo	<u>APROVADO</u>

Resultado Final: APROVADO

Parecer da Comissão Julgadora *

Eu, Carolina Cardoso Bertoni Massucato _____, lavrei a presente ata, que assino juntamente com os(as) Senhores(as). São Paulo, aos 14 dias do mês de março de 2023.


Ildeberto Muniz de Almeida


Anastácio Pinto Gonçalves Filho

Rodolfo Andrade de Gouveia Vilela
Presidente da Comissão Julgadora


Bruno Milanez

* Obs: Se o candidato for reprovado por algum dos membros, o preenchimento do parecer é obrigatório.

Dedico aos familiares das 270 vítimas do desastre industrial em Brumadinho e aos trabalhadores da Vale que auxiliaram no resgate dos colegas soterrados pelas toneladas de resíduos.

AGRADECIMENTOS

À minha querida esposa Sônia e aos meus filhos Vitor e Sérgio, que se mostraram compreensivos com as minhas intensas horas de estudo.

Aos meus pais, João e Maria José, que sempre me deram incentivo para estudar e crescer profissionalmente.

Ao Professor Doutor Rodolfo Vilela, meu orientador, pela confiança no meu trabalho e auxílio no desenvolvimento desta tese.

Aos Professores Doutores Ildeberto de Almeida (Pará), Anastácio Gonçalves Filho e Sandra Lorena Béltran-Hurtado, pelas contribuições ao longo do desenvolvimento da tese.

Aos Professores da USP, UFMG e UFJF, que compartilharam os seus conhecimentos técnicos, científicos, sociais e suas experiências de vida.

Aos colegas da USP pelo companheirismo, mesmo que à distância.

Às pessoas entrevistadas, pela disposição de falar e pelas importantes informações que ajudaram na elaboração do texto.

Aos Auditores-Fiscais do Trabalho, colegas da SRT/MG, que estiveram comigo nas investigações dos acidentes em Mariana e em Brumadinho.

Ao Mestre Mário Parreiras de Faria, por compartilhar conhecimento e pela parceria antiga na redação de artigos científicos.

Ao Ministério do Trabalho, ao Superintendente Regional do Trabalho de Minas Gerais, João Carlos G. de Amorin, e ao Chefe da SEGUR, Marcos Henrique Junior, pela minha liberação no prazo de dois anos para desenvolver esta pesquisa.

Aos especialistas em barragens de mineração Joaquim Pimenta de Ávila, Saulo Gutemberg Silva Ribeiro e Luiz Henrique Passos Rezende, pelas discussões técnicas sobre o tema.

RESUMO

BOTELHO, M. R. **Desastre industrial da Vale em Brumadinho: a prevalência do financeiro sobre a segurança das barragens.** Tese (Doutorado). Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Os desastres industriais com barragens na mineração têm acontecido com frequência no Brasil e no mundo. Podemos destacar o rompimento da Barragem de Rejeitos do Fundão (BRF), operada pela Samarco Mineração S.A., em Mariana/MG, e o rompimento da Barragem de Rejeitos I (B I), na mina do Córrego do Feijão, pertencente à Vale S.A. (VALE), em Brumadinho/MG, o maior desastre industrial do país em número de mortes. Inúmeros relatórios de órgãos públicos e de especialistas, além de artigos científicos, foram elaborados a fim de analisar os dois eventos, mas nenhum deles conseguiu expor toda a complexidade dos mesmos. Alguns aspectos políticos/legislativos, de fiscalização, econômicos e organizacionais foram discutidos, mas nenhum estudo abordou-os profundamente. Esta pesquisa se propõe a analisar esses aspectos dentro dos vários níveis do sistema sociotécnico fazendo uso da análise organizacional de segurança. Fizemos uso de numerosas fontes de informações, como relatórios produzidos por órgãos públicos e por comissões parlamentares de inquérito, áudios, vídeos, transcrições, documentos elaborados pela VALE e por suas empresas consultoras, entrevistas junto a empregados, sindicalistas, revisores de norma técnica, além de obras etnográficas desenvolvidas dentro da empresa. Dentro de uma perspectiva histórica, identificamos como a financeirização da VALE teve papel relevante na cadeia causal do evento. Os sistemas de incentivos financeiros para diretores e gerentes, a redução dos custos operacionais e da dívida líquida da empresa, e o aumento na distribuição de dividendos aos acionistas impactaram nos investimentos para operação, manutenção e fechamento das barragens. O problema não se restringiu apenas à B I, pois 30 estruturas de contenção de rejeitos da VALE foram interditadas após o trágico evento de janeiro de 2019. Fizemos um paralelo entre o desastre da VALE e outros ocorridos na indústria petrolífera, aérea e aeroespacial, onde prevaleceu a cultura da produção. Na VALE, a produção da commodity não podia parar, pois “o vagão precisava sair cheio de minério de ferro para o porto”. Crenças foram criadas, desvios foram

normalizados e as lições aprendidas após Mariana, se aprendidas, foram deixadas de lado. O desastre industrial da VALE em Brumadinho decorreu de decisões político-administrativas, legislativas, financeiras e organizacionais que aparentavam ser boas a curto prazo, mas que não valorizaram os seres humanos e o meio ambiente, e se revelaram desastrosas ao longo do tempo.

LINHA DE PESQUISA: Organização dos processos produtivos e saúde do trabalho

SUBLINHA DE PESQUISA: Acidente do Trabalho: da análise sociotécnica à construção social de mudanças

PALAVRAS-CHAVE: sistema sociotécnico, financeirização, cultura organizacional, mineração.

ABSTRACT

BOTELHO, M. R. Vale's industrial disaster in Brumadinho: the prevalence of financial dimension over dam safety. Thesis. Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Industrial disasters with mining dams have happened frequently in Brazil and in the world. We can highlight the rupture of the Fundão Tailings Dam, operated by Samarco Mining Corporation, in Mariana/MG, and the rupture of the Tailings Dam I (B I), at the Córrego do Feijão mine, belonging to Vale Corporation (VALE), in Brumadinho/MG, the biggest industrial disaster in the country in number of deaths. Numerous reports from public bodies and experts, as well as scientific papers, were prepared in order to analyze the two events, but none of them could expose all their complexity. Some political/legislative, inspection, economic and organizational aspects were discussed, but no study addressed them in depth. This research proposes to analyze these aspects within the various levels of the socio-technical system using organizational safety analysis. We made use of numerous sources of information, such as reports produced by public bodies and parliamentary commissions of inquiry, audios, videos, transcripts, documents elaborated by VALE and its consulting companies, interviews with employees, union members, reviewers of technical standards, in addition to ethnographic researches developed within the company. Within a historical perspective, we identified how the financialization of VALE played a relevant role in the causal chain of the event. The financial incentive systems for directors and managers, the reduction in operating costs and the company's net debt, and the increase in the distribution of dividends to shareholders impacted investments for operation, maintenance and closure of dams. The problem was not restricted to B I, as 30 VALE tailings containment structures were interdicted after the tragic event in January 2019. We compared the VALE disaster with others that occurred in the oil, air and aerospace industries, where the culture of production prevailed. Production of the commodity could not stop at VALE, as “the wagon had to leave full of iron ore for the harbor”. Beliefs were created, deviations were normalized and lessons learned after Mariana, if learned at all, were set aside. VALE's industrial disaster in Brumadinho resulted from political-administrative, legislative, financial and organizational decisions that appeared to be good in the short

term, but which did not value human beings and the environment, and turned out to be disastrous over time.

LINE SEARCH: Organization of production processes and occupational health

SUBLINE SEARCH: Occupational accident: from socio-technical analysis to the social construction of change.

KEY-WORDS: sociotechnical system, financialization, organizational culture, mining.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fases da produção de minério de ferro em uma mina a céu aberto	38
Figura 2 - Barragem construída em dique único	39
Figura 3 - Barragem alteada a montante.....	40
Figura 4 - Barragem alteada a jusante	40
Figura 5 - Barragem alteada por linha de centro	41
Figura 6 - Partes de uma barragem de contenção de rejeitos da mineração	42
Figura 7 - Curva tensão x deformação de um solo arenoso denso.	42
Figura 8 - Talude de encosta e sua possível superfície de ruptura	43
Figura 9 - Carregamento de um solo saturado sob condição drenada	44
Figura 10 - Carregamento de solo saturado sob condição não drenada.....	44
Figura 11 - Eventos que podem levar as barragens de solo à ruptura.....	46
Figura 12 - Níveis do sistema sociotécnico onde ocorrem decisões para controle dos processos perigosos.....	58
Figura 13 - Cinco pedras do dominó apontadas na teoria de Heinrich.....	59
Figura 14 - Modelo do queijo suíço	60
Figura 15 - Eventos e condições que resultam em acidente dentro do sistema sociotécnico	61
Figura 16 - Representação do sistema de atividade humana	65
Figura 17 - Convergência de evidências, a triangulação de dados	78
Figura 18 - Atuação mundial da VALE em 2019.....	82
Figura 19 - Vista superior da barragem BI, Brumadinho, 2018	83
Figura 20 - Visão do local após o rompimento da barragem B I.....	84
Figura 21 - Sentido do deslocamento dos rejeitos pelo vale do ribeirão Ferro-Carvão.....	84
Figura 22 - Visão superior da barragem B I após seu rompimento	84
Figura 23 - Alteamentos ocorridos na barragem B I	90
Figura 24 - Diagrama vertical da VALE para a mina do Córrego do Feijão e a barragem B I	94
Figura 25 - Diagrama transversal das relações entre as Gerências de Geotecnia da VALE, suas contratadas e órgãos de fiscalização	95
Figura 26 - Corpo encontrado sob os rejeitos de minério de ferro	96
Figura 27 - Trabalhadores VALE retirando corpo de colega soterrado.....	97
Figura 28 - Militares do Corpo de Bombeiros retirando corpo encontrado na lama	98
Figura 29 - Casa destruída no povoado Córrego do Feijão	101
Figura 30 - Montanha de ferragens de máquinas da VALE retiradas da lama de rejeitos.....	102
Figura 31 - Área ao redor da instalação de tratamento de minério tomada pela lama.....	102
Figura 32 - Área de cultivo de hortaliças atingida pela lama da barragem B I.....	103
Figura 33 - Mancha de inundação provocada pelos rejeitos da B I.....	105
Figura 34 - Pluviometria em Brumadinho nos 90 dias anteriores a 31/dez./2018.....	112
Figura 35 - Pluviometria em Brumadinho nos 90 dias anteriores a 24/jan./2019.....	113
Figura 36 - Pluviometria em Brumadinho nos 90 dias anteriores a 31/dez./2017	113
Figura 37 - Pluviometria em Brumadinho nos 90 dias anteriores a 24/jan./2018.....	114
Figura 38 - Pluviometria em Brumadinho nos 90 dias anteriores a 31/dez./2016.....	114
Figura 39 - Pluviometria em Brumadinho nos 90 dias anteriores a 24/jan./2017.....	115
Figura 40 - Precipitação na estação meteorológica de Ibrité (Rola Moça) para o período de 01/ago. a 25/jan. para os anos que antecederam o rompimento da barragem B I.....	116
Figura 41 - Seção da barragem B I mostrando seis camadas de rejeitos que foram analisadas quanto ao potencial de liquefação em 2015.....	119
Figura 42 - Padrões de deslocamento desenvolvidos conforme instabilidade ocorrida nas análises de redução de resistência dos rejeitos saturados.....	121
Figura 43 - Imagem do rompimento da barragem B I, dia 25/01/2019, às 12h28min26s	122
Figura 44 - Localização das nascentes exurgentes após o rompimento da B I.....	122
Figura 45 - Malha de elementos finitos da simulação 2D da liquefação da barragem B I	130
Figura 46 - Representação dos vetores de deslocamento da barragem B I durante a fase de liquefação na análise 2D.....	131
Figura 47 - Análise 3D, seção 3 da barragem B I, assumindo uma zona liquefeita ao redor do furo de sondagem BI-SM-13	131
Figura 48 - Mapa de inundação após o rompimento das barragens I, IV, IV-A e VI.....	133
Figura 49 - Depressão no pé da barragem B I com a presença de materiais diversos	135
Figura 50 - Bloco de rocha dentro da área da mina Córrego do Feijão levado pela onda de rejeitos.....	136
Figura 51 - Distâncias entre o pé da barragem B I e instalações da mina Córrego do Feijão	136
Figura 52 - Informações de acordo com as seções transversais lançadas ao longo da zona de autossalvamento em caso de rompimento das barragens I, IV, IV-A e VI.....	137

Figura 53 - Vista superior das instalações na mina Córrego do Feijão.....	137
Figura 54 - Imagem superior do centro administrativo na mina do Córrego do Feijão.....	138
Figura 55 - Vista do refeitório na mina do Córrego do Feijão em 2008.....	138
Figura 56 - Instalação de tratamento de minérios da mina Córrego do Feijão destruída.....	139
Figura 57 - Portaria da mina Córrego do Feijão tomada pela lama.....	139
Figura 58 - Casa destruída pela lama bem próxima à mina Córrego do Feijão.....	140
Figura 59 - Imagem da pousada Nova Estância antes do desastre.....	140
Figura 60 - Rotas de fuga e pontos de encontro em caso de emergência na mina Córrego do Feijão.....	142
Figura 61 - Corte do dique inicial da B I e a linha freática projetada.....	147
Figura 62 - Linha freática da barragem B I, seção 4-4, em março de 2018.....	148
Figura 63 - Canaleta de drenagem assoreada em.....	149
Figura 64 - Empoçamento em canaleta de.....	149
Figura 65 - Canaleta de drenagem superficial assoreada acima da berma de recuo na barragem B I.....	149
Figura 66 - Canaleta de drenagem superficial da barragem B I com acúmulo de água.....	149
Figura 67 - Canaletas de drenagem superficial na B I obstruídas por sedimentos.....	150
Figura 68 - Canaleta de drenagem superficial na B I.....	150
Figura 69 - Canaleta de drenagem superficial na B I.....	150
Figura 70 - Trinca em canaleta superficial junto à ombreira esquerda da B I.....	150
Figura 71 - Canaleta de drenagem assoreada e acumulando água na barragem B I.....	151
Figura 72 - Canaleta de drenagem superficial assoreada na barragem B I.....	151
Figura 73 - Acúmulo de água na crista da barragem B I.....	151
Figura 74 - Acúmulo de água na crista da barragem B I.....	152
Figura 75 - Drenagem superficial inadequada causando danos em acessos à barragem B I.....	152
Figura 76 - Tubo da drenagem interna exposto e danificado na barragem B I.....	154
Figura 77 - Tubo da drenagem interna danificado na barragem B I.....	154
Figura 78 - Saída de drenagem interna na barragem B I com colóide.....	154
Figura 79 - DHP instalado na barragem B I sem a presença de sifão.....	155
Figura 80 - Escoamento de água em DHP da barragem B I com presença de colóide.....	155
Figura 81 - Vista interna da galeria de fundo da B I, com acúmulo de rejeito mineral.....	157
Figura 82 - Vista interna da galeria de fundo da B I, com acúmulo de rejeito mineral.....	157
Figura 83 - Detalhe da saída do extravasor da B I, assoreada e com erosão abaixo da laje a jusante.....	157
Figura 84 - Bacia de dissipação para a Barragem VI totalmente coberta de vegetação.....	158
Figura 85 - Vegetação alta no pé do talude da barragem B I.....	159
Figura 86 - Arbustos no talude de montante e dentro do reservatório da barragem B I.....	159
Figura 87 - Obstrução de canal de drenagem por vegetação na barragem B I.....	159
Figura 88 - Deformação no talude acima de uma canaleta de drenagem superficial na barragem B I.....	160
Figura 89 - Erosão (ravina) em talude da barragem B I.....	160
Figura 90 - Erosão no acesso à barragem B I.....	160
Figura 91 - Erosão no pé da barragem B I devido à drenagem inadequada.....	161
Figura 92 - Presença de gado nos taludes da barragem B I.....	161
Figura 93 - Formigueiros em taludes da barragem B I.....	162
Figura 94 - Cupinzeiros em taludes da barragem B I.....	162
Figura 95 - Formação de lago no fundo reservatório da barragem B I.....	163
Figura 96 - Detalhe do lago no fundo reservatório da barragem B I.....	163
Figura 97 - Vista da nascente de água a montante (fundo) do reservatório da barragem B I.....	164
Figura 98 - Tubulação de captação da água do lago (ao fundo) da barragem B I até a torre 3 do sistema extravasor.....	164
Figura 99 - Recomendações da ficha de inspeção de segurança regular de barragem, 21/03/2019.....	165
Figura 100 - Investimento absoluto na gestão (2015-2019) e na descaracterização de barragens da VALE no Brasil (2019-2021).....	180
Figura 101 - Barragem Rio de Peixe já descaracterizada e a Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ) das barragens Sul Superior e Sul Inferior em Barão de Cocais/MG.....	182
Figura 102 - Obra de descaracterização das barragens B3 e B4 em Nova Lima/MG com a utilização de equipamentos operados remotamente.....	183
Figura 103 - Porcentagem a receber por diretor executivo VALE dentro do programa de ações virtuais.....	185
Figura 104 - Metas para redução de lesões de alto potencial na VALE.....	185
Figura 105 - Probabilidade de falha de barragens VALE versus potencial de perdas de vida, sem acionamento de sirenes de alerta.....	202
Figura 106 - Mapa de riscos trazendo a probabilidade x consequência de falha de barragens, 2ºPIESEM-I.....	203
Figura 107 - Probabilidade x potencial de perda de vidas por de falha de barragens, 3º PIESEM-I.....	204

Figura 108 - Gráfico de risco para barragens hidroelétricas, probabilidade de falha x número de vidas perdidas	205
Figura 109 - Três linhas de defesa na gestão de riscos de barragens da VALE em 2022.....	216
Figura 110 - Posição da linha piezométrica em seção da barragem B I.....	222
Figura 111 - Fator de segurança de estabilidade da barragem B I, condição não drenada, razão de resistência não drenada de pico de 0.26.....	226
Figura 112 - Canal extravasor de lama que foi aberto entre o reservatório dos Diques 1 e 2 em meados de 2011.....	251
Figura 113 - Vista da crista da B I em 2002 sem existência de praia.....	253
Figura 114 - Camada de material fino lançada junto à crista da barragem B I (área tracejada amarela).....	253
Figura 115 - Lençóis suspensos (em azul) dentro do reservatório da barragem B I.....	253
Figura 116 - Mensagem eletrônica de Gerd Peter Poppinga para funcionários da VALE em 2016	258
Figura 117 - Análise determinística para o talude de jusante, condição não-drenada, com berma de estabilização em estéril sem coesão, fator de segurança de 1.30.....	259
Figura 118 - Visualização em planta das estruturas de desaguamento (DHP), cota 880m, barragem B I.....	260
Figura 119 - Projeto de 29 DHP a serem instalados na barragem B I, de 28/05/2018	261
Figura 120 - Execução do 15º DHP que resultou em fratura hidráulica do dique inicial.....	262
Figura 121 - Execução de dreno invertido e reparo de escada de drenagem na barragem B I.....	263
Figura 122 - Vista de sacarias de areia sobre a escada de drenagem da barragem B I em 11/06/2018	264
Figura 123 - Vista de sacarias de areia sobre a escada de drenagem da barragem B I em 12/06/2018	264
Figura 124 - Croqui de localização dos nove poços de rebaixamento planejados para a barragem B I.....	270
Figura 125 - Variações do NA e níveis de segurança para os piezômetros e indicadores de nível de água (cota 942 m) instalados na barragem B I.....	275
Figura 126 - Região da barragem B I que sofreria supressão de vegetação caso instalada a berma de reforço ..	306
Figura 127 - Opções de berma a ser construída a jusante da barragem B I para sua estabilização	307
Figura 128 - Vista em corte da berma a ser construída até a elevação 899m para estabilização da barragem B I.....	307
Figura 129 - Berma de reforço da barragem B I até a elevação 885m em corte.....	308
Figura 130 - Detalhe de drenagem interna a ser construída na berma de reforço da B I.....	308
Figura 131 - Instalações junto ao pé da barragem B I que precisariam ser removidas.....	309
Figura 132 - Situação detectada relacionada ao cumprimento de condicionantes da licença de operação corretiva n.º 143/2009.....	324
Figura 133 - Três dimensões para investigar de acordo com a análise organizacional da segurança.....	355
Figura 134 - Níveis do sistema sociotécnico e contradições históricas inseridos no diagrama das três dimensões da análise orgaznizacional de segurança.	356

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Questões secundárias da pesquisa distribuídas dentro dos vários níveis do sistema sociotécnico.....	33
Quadro 2 - Fatores de segurança para estabilidade física de barragens segundo a Eletrobrás.....	49
Quadro 3 - Fatores mínimos de segurança baseados no método do equilíbrio limite bidimensional usando procedimento de Spencer	50
Quadro 4 - Fatores de segurança mínimos para barragens de mineração	51
Quadro 5 - Síntese dos principais procedimentos realizados durante a pesquisa	72
Quadro 6 - Eventos históricos da barragem B I na mina do Córrego do Feijão	85
Quadro 7 - Leitura dos instrumentos de auscultação da B I acima do nível 899m (recuo do eixo).....	124
Quadro 8 - Leitura dos instrumentos de auscultação da B I no nível 899m (recuo do eixo) e abaixo.....	126
Quadro 9 - Comparação das médias de decréscimo na leitura em instrumentos de auscultação da B I.....	127
Quadro 10 - Tributos a serem pagos pela VALE segundo os órgãos públicos.....	188
Quadro 11 - Plano de incentivo de longo prazo da AngloGold Ashanti como uma porcentagem do salário base anual.....	190
Quadro 12 - Fatores de segurança da B I para várias etapas de construção em 1995.....	222
Quadro 13 - Fatores de segurança da B I para várias etapas de construção em 1998.....	223
Quadro 14 - Fatores de segurança da B I para várias etapas de construção em 2000.....	223
Quadro 15 - Fatores de segurança da B I para várias etapas de construção em 2003.....	224
Quadro 16 - Fatores de segurança da B I para a elevação 942,00m em 2016	225
Quadro 17 - Mensagens trocadas por Makoto Namba e Felipe Rocha em 30/05/2018.....	235
Quadro 18 - Cronograma para implantação da nova barragem B I na mina Córrego do Feijão.....	257
Quadro 19 - Estimativa de volume de material para berma de estabilização no pé da barragem B I.....	259
Quadro 20 - Resumo da instrumentação de auscultação instalada na B I em 2018.....	274
Quadro 21 - Inconsistência quanto à localização do PZ19C-1 e os níveis de segurança.....	276
Quadro 22 - Instrumentos de auscultação instalados na B I sem medições em 2017	276
Quadro 23 - Resumo dos fatores comuns que podem ter contribuído para o rompimento da BRF e da B I	286
Quadro 24 - Mensagens trocadas entre Arsênio Negro e Makoto Namba em 11/12/2017.....	304
Quadro 25 - Condicionantes da revalidação de licença operacional da barragem B I em 16/08/2011	325
Quadro 26 - Fatores de segurança mínimos para condições em termos de tensão efetiva e total.....	348

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção de minério de ferro, valor por tonelada e receita operacional líquida da VALE (2018-2021)	82
Tabela 2 - Adoecimento mental ocupacional e não ocupacional na VALE por CID (2017-2019)	98
Tabela 3 - Precipitação acumulada medida estação meteorológica de Ibrité (Rola Moça) (2015 – 2018).....	115
Tabela 4 - Custo operacional e receita operacional líquida da VALE (2013-2020).....	170
Tabela 5 - Remuneração dos diretores executivos da VALE em US\$ milhões (2011-2017).....	171
Tabela 6 - Valor de dividendos e juros sobre capital próprio distribuído pela VALE aos acionistas e valor médio da tonelada de minério de ferro (2011-2021)	171
Tabela 7 - Investimento da VALE em barragens no Brasil (2015-2019).....	176
Tabela 8 - Relação entre investimento na gestão de barragens e produção de minério de ferro por ano na VALE (2015-2018)	178
Tabela 9 - Bônus pagos a empregados da mineradora Newmont de acordo com a performance.....	191

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFT	Auditor-Fiscal do Trabalho
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALARP	<i>As low as reasonably practicable</i>
ALMG	Assembleia Legislativa de Minas Gerais
ANM	Agência Nacional de Mineração
AT	Acidente de trabalho
B I	Barragem de contenção de rejeitos I
BP	British Petroleum
BRF	Barragem de rejeitos do Fundão
BSC	Balanced Scorecard
CAIB	Columbia Accident Investigation Board
CECOM	Centro de Controle de Emergências e Comunicação
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração Mineral
CBMG	Corpo de Bombeiros de Minas Gerais
CGE-MG	Controladoria-Geral do Estado de Minas Gerais
CIAEA	Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Apuração
CIMNE	Centro Internacional de Métodos Numéricos em Engenharia da Universidade Politécnica da Catalunha
CGRC	Comitê de Governança, Risco e Compliance
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
COPAM	Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais
CPI-ALMG	Comissão Parlamentar de Inquérito da Assembleia Legislativa de Minas Gerais
CPIBruma	Comissão Parlamentar de Inquérito da Câmara dos Deputados
CPI-SF	Comissão Parlamentar de Inquérito do Senado Federal
CPTu	Cone penetration test
DCE	Declaração de condição de estabilidade de barragem
DE	Diretoria executiva
DHP	Dreno horizontal profundo
DN	Deliberação normativa
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral

EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EI	Elevação
EoR	Engineer of Record
ESG	Environmental, Social and Governance
EUA	Estados Unidos da América
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FS	Fator de segurança
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
GE	Gerência executiva
GERIM	Gerência de Resíduos Industriais e de Mineração
GGC	Gerência de geotecnia corporativa
GGO	Gerência de geotecnia operacional
GRG	Gestão de riscos geotécnicos
GRT	Gerência Regional do Trabalho
HRA	<i>Human Reliability Associates</i>
IN	Instrução Normativa
INA	Indicador de nível d'água
INMET	Instituto Nacional de Metrologia
ITM	Instalações de tratamento de minério
ITRB	<i>Independent Tailings Review Board</i>
KPI	Indicadores de performance chave
LI	Licença de instalação
LO	Licença de operação
LP	Licença prévia
MAPA	Modelo de Análise e Prevenção de Acidentes de Trabalho
MCAS	<i>Maneuvering Characteristics Augmentation System</i>
MMS	<i>Minerals Management Service</i>
MPMG	Ministério Público de Minas Gerais
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
MPF	Ministério Público Federal
MPT	Ministério Público do Trabalho
NA	Nível d'água ou nível freático
NR	Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho
NBR	Norma técnica brasileira

PAEBM	Plano de ação emergencial de barragens de mineração
PDE	Pilha de depósito de estéril
PGR	Programa de Gerenciamento de Riscos
PIESEM-I	Independent Panel of Experts for Safety and Risk of Geotechnical Structures – International
PIESEM-N	Independent Panel of Experts for Safety and Risk of Geotechnical Structures – National
PF	Polícia Federal
PL	Projeto de lei
PLR	Participação nos lucros e resultados
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
PZ	Piezômetro
RISR	Relatório de inspeção de segurança regular de barragem
RPSB	Revisão periódica de segurança de barragem
RT	Responsável técnico
SEGUR	Seção de Segurança e Saúde do Trabalhador
SEMAD	Secretária Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais
SESMT	Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho
SIGBM	Sistema integrado de gestão em segurança de barragens de mineração
SIT	Secretária de Inspeção do Trabalho
SPT	<i>Standard penetration test</i>
SRB	<i>Solid rocket booster</i>
SRT/MG	Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais
SST	Segurança e Saúde no Trabalho
SUPPRI	Superintendência de Projetos Prioritários
SUPRAM	Superintendência Regional do Meio Ambiente
TAHC	Teoria da Atividade Histórico-Cultural
TCU	Tribunal de Contas da União
TSR	<i>Total Shareholder Return</i>
USCTI	U.S. Committee on Transportation and Infrastructure
ZAS	Zona de autossalvamento

LISTA DE SÍMBOLOS

bi	Bilhões
ha	Hectares
Kgf/cm ²	Quilograma-força por centímetro quadrado
km ²	Quilômetros quadrados
km/h	Quilômetro por hora
KPa	Quilopascal
m	Metro
mi	Milhões
mm	Milímetros
Mm ³	Milhões de metros cúbicos
Mt	Milhões de toneladas
Mta	Milhões de toneladas por ano
R\$	Reais
US\$	Dólar americano
τ	Tensão
γ	Deformação

APRESENTAÇÃO

Desde 2007, venho atuando como Auditor-Fiscal do Trabalho (AFT) na Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais e o tema acidentes de trabalho sempre chamou a minha atenção. Em 2012, participei do projeto regional de análises de acidentes de trabalho, analisando principalmente acidentes que envolviam empresas da indústria metal-mecânica. Entre 2012 e 2014, cursei o Mestrado na Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - Fundacentro, desenvolvendo pesquisa sobre as práticas da Auditoria Fiscal do Trabalho quando da investigação de acidentes. Fiz uso do “Modelo da Corrente”, uma ferramenta desenvolvida por estudiosos suecos para avaliar a efetividade das análises de acidentes de um grupo de auditores da Suécia. O “Modelo da Corrente” era composto por cinco elos: notificação, seleção, investigação, disseminação e prevenção. A pesquisa demonstrou que os dois últimos elos se apresentavam muito fragilizados em relação às análises dos auditores brasileiros, pois a disseminação do conhecimento, advindo das lições aprendidas, não estava ocorrendo entre os AFT, muito menos para fora do Ministério do Trabalho. A prevenção, que ocorreria com o acompanhamento das medidas preventivas a serem adotadas pelas empresas nos ambientes de trabalho, praticamente inexistia.

Quando a barragem de rejeitos do Fundão rompeu em Mariana, no dia 05/11/2015, fui designado para compor a equipe de AFT que investigaria o maior desastre ambiental do Brasil, que levou à morte 15 trabalhadores e mais 4 pessoas de comunidade a jusante. Comecei então a integrar os conhecimentos obtidos no Mestrado com aqueles obtidos durante os meus anos de graduação em Engenharia Civil. Com o aprendizado, comecei a auditar barragens em empresas de mineração, participar de congressos, elaborar artigos científicos e a disseminar o conhecimento em palestras e aulas sobre o tema “barragens de mineração”. Para nosso espanto, três anos após Mariana, tudo ocorreria novamente em Brumadinho. Em janeiro de 2019, foi iniciada a investigação do rompimento da barragem I (B I) na mina do Córrego do Feijão, o maior acidente de trabalho do nosso país. Os resultados da investigação foram exaustivos e divulgados para a sociedade. Contudo, por mais que se tente abordar a multicausalidade em um desastre como este, inúmeros aspectos são deixados para uma análise posterior e, quase nunca, essa é retomada.

A permanência naqueles locais devastados e a vontade de tentar buscar explicações sobre os motivos que levaram à repetição daquele evento na empresa VALE, a maior produtora de minério de ferro do mundo, motivaram-me a cursar o Doutorado na Faculdade de Saúde Pública da USP, na área de concentração "Saúde Pública", linha de pesquisa "Organização dos processos produtivos e saúde do trabalhador". O contato com as obras de pesquisadores como Jens Rasmussen e Inge Svedung, que desenvolveram o método AcciMap, Diane Vaughan, que analisou o desastre do ônibus espacial Challenger, Andrew Hopkins, que escreveu sobre os acidentes ocorridos em plataformas e refinarias da British Petroleum, e Michel Llory, que dissertou sobre inúmeros desastres industriais, despertaram a minha atenção para uma série de questões. Esses desastres ambientais extrapolavam em muito os muros das empresas, podendo chegar às altas esferas de poder.

Na Faculdade de Saúde Pública tive contato com a Teoria da Atividade Histórico-Cultural (TAHC) que nos ensina a importância de compreender a história e a cultura da organização a fim de entendermos as contradições existentes entre elementos dos sistemas de atividade em curso nas empresas. Disciplinas que envolveram a pesquisa qualitativa e a redação de artigos científicos ajudaram-me a escrever sobre os vários temas abordados na tese. Também cursei disciplinas no Departamento de Engenharia de Produção da UFMG e da UFJF.

A nossa intenção no Doutorado é, junto com os Professores da USP, demonstrar que é possível analisar um desastre industrial desta magnitude indo além dos muros da empresa. É preciso apontar de que forma os membros do poder executivo e legislativo, os órgãos de fiscalização e a alta gestão da empresa contribuíram para levar a B I ao rompimento, soterrando a vida e os sonhos de tantas pessoas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	27
2 OBJETIVOS.....	35
2.1 Objetivo geral	35
2.2 Objetivos específicos.....	35
3 ASPECTOS TÉCNICOS, NORMATIVOS E RISCOS NAS BARRAGENS DE MINERAÇÃO.....	36
3.1 Extrativismo mineral: uma revisão histórica.....	36
3.2 A produção de minério de ferro e dos rejeitos	37
3.3 Métodos construtivos de barragens de mineração.....	39
3.3.1 Dique único	39
3.3.2 Alteada a montante	39
3.3.3 Alteada a jusante.....	40
3.3.4 Alteada por linha de centro.....	40
3.4 As partes de uma barragem.....	41
3.5 Tensão cisalhante e deformação.....	42
3.6 Fator de segurança	43
3.7 Acidentes com barragens de mineração	45
3.8 Modos de falha das barragens de mineração.....	45
3.9 O perigo das barragens alteadas a montante.....	46
3.10 Normatização aplicada a barragens na mineração.....	48
4 REVISÃO DE LITERATURA, ASPECTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS	53
4.1 A financeirização e os incentivos financeiros	53
4.2 Definições: acidente maior, desastre industrial, acidente de trabalho ampliado.....	55
4.3 O sistema sociotécnico.....	57
4.4 Métodos de investigação de acidentes.....	58
4.4.1 Métodos baseados no modelo sequencial.....	59
4.4.2 Métodos baseados no modelo epidemiológico	60
4.4.3 Métodos baseados no modelo sistêmico.....	60
4.5 Acidentes sistêmicos	63
4.6 Sistema de atividade.....	64
4.7 Referencial teórico para análise do evento.....	66
5 METODOLOGIA	70
5.1 Tipo de pesquisa	70
5.2 Procedimentos.....	71
5.3 Fontes de informações.....	73
5.3.1 Comissões Parlamentares de Inquérito.....	73
5.3.2 Relatórios técnicos de órgãos públicos.....	73
5.3.3 Relatórios de investigação contratados pela VALE.....	75

5.3.4 Relatórios de auditoria da B I.....	75
5.3.5 Relatório da Universidade da Catalunha.....	75
5.3.6 Literatura científica.....	76
5.3.7 Pesquisas etnográficas.....	76
5.3.8 Leis e normas.....	76
5.3.9 As entrevistas.....	77
5.4. Apresentação e interpretação dos resultados.....	78
5.5 Questões éticas.....	79
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	81
6.1 A VALE.....	81
6.2 O caso.....	83
6.3 Linha do tempo da B I.....	85
6.4 Dimensão vertical da VALE.....	91
6.5 Dimensão transversal da VALE.....	92
6.6 Equipamentos e meio ambiente.....	96
6.6.1 Os trabalhadores acidentados.....	96
6.6.2 Os trabalhadores abalados após a tragédia.....	97
6.6.3 As pessoas das comunidades afetadas.....	99
6.6.4 As propriedades atingidas.....	101
6.6.5 Prejuízos à agropecuária.....	103
6.6.6 A destruição do meio ambiente.....	104
6.7 Aspectos físicos e atores.....	110
6.7.1 O retorno para os prédios da mina Córrego do Feijão.....	110
6.7.2 As chuvas.....	111
6.7.3 Gatilho da liquefação.....	117
6.7.4 As sirenes.....	133
6.7.5 A onda de rejeitos.....	135
6.7.6 A fuga dos trabalhadores.....	141
6.7.7 Discussões.....	144
6.8 Fatores da operação, monitoramento e manutenção.....	144
6.8.1 Manual de operação.....	145
6.8.2 O projeto do dique inicial da B I.....	146
6.8.3 Drenagem superficial.....	148
6.8.4 Drenagem interna.....	153
6.8.5 Galeria do extravasor.....	156
6.8.6 Conservação dos taludes e bermas.....	158
6.8.7 A bomba elétrica no fundo do reservatório.....	163
6.8.8 Discussões.....	167
6.9 Fatores Organizacionais.....	168
6.9.1 O projeto “Barragem Zero”.....	168

6.9.2 A gestão financeira e a posse do CEO em 2017	169
6.9.3 O corte de custos nas minas.....	172
6.9.4 Estagnação do investimento nas barragens.....	176
6.9.5 A interdição de outras barragens	178
6.9.6 A alteração na gestão das barragens	179
6.9.7 A financeirização e os incentivos financeiros na VALE	183
6.9.8 A cultura da VALE segundo os trabalhadores.....	195
6.9.9 As falhas nas linhas de defesa na gestão de riscos	199
6.9.10 A crença.....	216
6.9.11 Normalização de desvios.....	220
6.9.12 Conflito de interesses	228
6.9.13 Deficiências na comunicação	243
6.9.14 Lições não aprendidas após Mariana.....	250
6.9.15 Lições não aprendidas em outras empresas	287
6.9.16 A descaracterização da B I	294
6.9.17 A licença ambiental para reminerar a B I	300
6.9.18 O possível efeito cascata.....	310
6.10 Fatores da Fiscalização	311
6.10.1 A fiscalização do DNPM/ANM	311
6.10.2 A atuação da Auditoria-Fiscal do Trabalho.....	312
6.10.3 A fiscalização da GERIM/FEAM.....	318
6.10.4 As primeiras licenças ambientais da B I.....	323
6.11 Fatores Governo/Legislação	326
6.11.1 Legislação estadual antes do rompimento da B I	326
6.11.2 Legislação federal antes do rompimento da B I	332
6.11.3 Uma lacuna normativa.....	339
6.11.4 Legislação estadual após o rompimento da B I	340
6.11.5 Legislação federal após o rompimento da B I	340
6.11.6 A demora do poder executivo em agir.....	342
6.11.7 Leis e normas que compensam.....	343
6.11.8 Nomeações em órgãos públicos.....	346
6.11.9 A influência das mineradoras na revisão da ABNT NBR 13028	347
7 ANÁLISE DO DESASTRE SEGUNDO A TAHC	352
8 CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA.....	355
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	358
10 RECOMENDAÇÕES.....	366
10.1 Poder executivo e legislativo	366
10.2 Poder Judiciário e Ministério Público	367
10.3 ABNT.....	367
10.4 Academia.....	367

10.5 Órgãos de fiscalização	367
10.6 Sociedade Civil (Sindicatos, ONG, Associações de Moradores).....	368
10.7 Organizações.....	368
10.8 Empresas de auditoria e consultoria.....	370
10.9 Equipes de operação, monitoramento e manutenção de barragens.....	370
10.10 Demais atores.....	371
REFERÊNCIAS	372
APÊNDICE I – MANUSCRITO SUBMETIDO À REVISTA SAÚDE E SOCIEDADE.....	388
APÊNDICE II – ARTIGO CIENTÍFICO ACEITO PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA BRASILEIRA DE POLÍTICAS PÚBLICAS	407
APÊNDICE III – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	430
ANEXO I – AUTORIZAÇÃO DO SUPERINTENDENTE REGIONAL DO TRABALHO DE MINAS GERAIS.....	433
ANEXO II – AUTORIZAÇÃO DO CEP	435

1 INTRODUÇÃO

Desastres com barragens de rejeitos na mineração geralmente são catastróficos. No mundo, foram 149 acidentes com barragens de rejeitos de 1960 a novembro de 2022, sendo 12 no Brasil e oito no estado de Minas Gerais (WISE, 2022).

O rompimento da Barragem de Rejeitos do Fundão (BRF), operada pela empresa Samarco Mineração S.A. (Samarco), no município de Mariana, estado de Minas Gerais, Brasil, completou sete anos. O acidente provocou a morte de 19 pessoas, sendo um empregado Samarco, 13 trabalhadores de empresas prestadoras de serviços e cinco moradores do distrito de Bento Rodrigues, que se encontrava à jusante da barragem. Além disso, grande parte dos 55 milhões de metros cúbicos (Mm³) de rejeitos minerais armazenados na BRF, liberada na forma de lama, devastou cerca de 600 quilômetros (km) de cursos d'água. Em duas semanas a lama percorreu toda a extensão do rio Doce até desaguar em sua foz no município de Linhares, no estado do Espírito Santo.

Após o rompimento da BRF foram elaborados por alguns órgãos públicos estudos sobre este acidente, dentre os quais destacamos:

- a) Relatório da Polícia Civil do Estado de Minas Gerais, em fevereiro de 2016;
 - b) Relatório do Ministério do Trabalho e Previdência Social, em abril de 2016 (BRASIL, 2016a);
 - c) Relatório do Tribunal de Contas da União - TCU, em setembro de 2016 (BRASIL, 2016b).
- Em outubro de 2016, o Ministério Público Federal (MPF) apresentou denúncia contra a Samarco e mais três empresas na Justiça Federal (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2016).

Lima *et al.* (2015) fizeram alguns questionamentos sobre o rompimento da BRF, dentre eles: Qual terá sido, então, a rede de determinantes que dificultou o reconhecimento e a valorização dos riscos e a transformação desse reconhecimento em ações corretivas imediatas? Wanderley *et al.* (2016) abordaram o rompimento da BRF em termos econômicos, políticos e socioambientais. Salinas (2016) apontou que as licenças ambientais concedidas para o funcionamento da BRF apresentaram problemas desde o início.

Morgenstern *et al.* (2016) foram contratados pela Samarco e entregaram um relatório sobre as causas imediatas da ruptura da BRF. Segundo os autores, a extrusão lateral que ocorreu junto à ombreira esquerda da barragem, na região do recuo de seu eixo, foi o que acionou o gatilho da liquefação.

Faria e Botelho (2018) levantaram duas questões sobre o acidente da Samarco:

Quais são os processos e mecanismos de gestão que produzem acidentes desta natureza?

Enquanto eventos complexos, que parecem escapar ao controle dos atuais sistemas de segurança e saúde no trabalho, sua compreensão nos impele a buscar uma nova metodologia de análise que deve ser multidisciplinar, articulando conhecimentos das ciências sociais, da engenharia e da psicologia, associada aos saberes dos trabalhadores.

Verifica-se então que inúmeros estudos foram produzidos para o entendimento das causas que contribuíram para o rompimento da BRF, mas cada um deles com foco diferente. O mesmo aconteceu após o rompimento da barragem I (B I) em Brumadinho, no dia 25 de janeiro de 2019, na mina do Córrego do Feijão, operada pela VALE, conforme exposto a seguir.

A Assembleia Legislativa de Minas Gerais (ALMG) constituiu uma Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) para apurar como fato determinado as causas do rompimento da B I. Em 12/09/2019, a CPI-ALMG apresentou seu relatório conclusivo, destacando em suas considerações finais as semelhanças entre o rompimento da BRF, em Mariana, e da B I, em Brumadinho (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019):

Ainda que guardadas as devidas diferenças entre um e outro, inclusive em termos das dimensões humanas e ambientais dos danos causados, há algo em comum entre eles: desastres tecnológicos ampliados como esses não possuem uma causa única, imediata, mas resultam de uma combinação de fatores acumulados ao longo do tempo, cuja origem pode ser explicada a partir de estruturas e decisões técnico-organizacionais constituídas no decorrer da história de um sistema que privilegia o lucro em detrimento do direito à vida e dos direitos socioambientais previstos na legislação nacional e em tratados e acordos internacionais.

O relatório da CPI-ALMG (op. cit., p. 238) citou Faria e Botelho (2019) quando da análise do rompimento da BRF:

[...] as decisões gerenciais tomadas em relação à operação e à manutenção do sistema de disposição de rejeitos tiveram um ‘período de incubação’ antes da ruptura. E elucidam: esse período de incubação ‘é caracterizado por sintomas e sinais precursores de um possível acidente, inicialmente fracos, porém repetidos, que se tornam mais frequentes e complexos com o passar do tempo, até resultarem no rompimento da estrutura’.

Por fim informou o relatório da CPI-ALMG (op. cit., p. 240):

Tais reflexões nos levam a crer que as causas imediatas da ruptura da barragem (suas causas físicas), amplamente abordadas neste relatório, e a desconsideração, por parte de funcionários e colaboradores da Vale S.A., das informações disponíveis, indicadoras de problemas na estrutura do barramento, são parte de uma complexa trama causal, envolvendo fatores relacionados à política minerária da empresa, ao marco normativo que regula a sua operação, ao sistema de fiscalização em curso e à dinâmica de controle social existente.

Para avaliar a conformidade dos processos de licenciamento ambiental da B I, a Controladoria-Geral do Estado de Minas Gerais (CGE-MG) elaborou o relatório de Auditoria n.º 1370.1239.2019, publicado em 07/08/2019. Foram formulados pela CGE/MG (2019) oito objetivos específicos e 33 questões de auditoria cujas conclusões são resumidamente expostas abaixo:

- a) Não foram entregues por parte da VALE todos os documentos para instruir os processos administrativos no âmbito da Secretária Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (SEMAD);
- b) A SEMAD pediu informações complementares para a VALE, mas estas não foram apresentadas;
- c) Houve regularização apenas parcial quanto aos impactos decorrentes da instalação e operação da B I, não tendo sido detectada regularização, via licenciamento ambiental, para os alteamentos anteriores ao 9º e ao 10º;
- d) A Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) não realiza gestão eficiente das barragens de contenção de rejeitos;
- e) Ocorreu descumprimento de condicionantes por parte da VALE;
- f) Houve falhas no monitoramento, acompanhamento e fiscalização procedidos pela SEMAD acerca do cumprimento de condicionantes.

A Superintendência Regional do Trabalho de Minas Gerais (SRT/MG), através de um grupo de Auditores-Fiscais do Trabalho, concluiu o relatório do desastre da B I em setembro de 2019 (BRASIL, 2019a). Esse relatório apontou que o barramento se rompeu por liquefação e citou inúmeros problemas relacionados com a barragem, como drenagem insuficiente e mal conservada, praia de rejeitos com largura inferior ao mínimo, anomalias nos taludes como surgências, deformações e trincas, auscultação deficiente, desconhecimento da fundação, distorções no cálculo dos fatores de segurança de estabilidade da barragem, demora no deplecionamento da linha freática, falhas nos planos de emergência. A SRT/MG apontou também como possíveis gatilhos para o fenômeno da liquefação: a instabilização local por *piping* derivado de fraturamento hidráulico, ocorrido em junho de 2018, durante perfuração de um dreno horizontal profundo; a realização de perfurações verticais a úmido (sondagens mistas) no barramento.

Segundo o relatório da SRT/MG (BRASIL, 2019a), a VALE pretendia reminerar os rejeitos armazenados na B I e para tal seria necessário o rebaixamento da linha freática. Este problema era de grande preocupação da VALE e de seus consultores, pois, retirar rejeitos minerários de uma barragem com tanta água, poderia levá-la à liquefação. Esse relatório

focou mais nos aspectos técnicos e físicos que contribuíram para o desastre e nas manobras adotadas pelas empresas de auditoria para a emissão de declaração de condição de estabilidade (DCE) de barragem, mas pouco abordou questões organizacionais que poderiam explicar as origens históricas e sistêmicas destas falhas técnicas.

A Agência Nacional de Mineração (ANM) divulgou, em novembro de 2019, em sua página na rede mundial de computadores (WEB), o Parecer Técnico n.º 07/2019, datado de 23/09/2019, que concluiu (BRASIL, 2019b, p. 112):

E ressalta-se, por fim, que o empreendedor deixou de cumprir com uma série de obrigações legais que envolviam o reporte à Agência, via SIGBM, de informações críticas, que ocorreram meses antes da tragédia e que se fossem consideradas, teriam elevado a posição da Barragem I no ranking de prioridades de fiscalização, propiciando, dentro das condições técnicas e logísticas da ANM, a ação no sentido de intervir que poderia colaborar para melhorar as condições de segurança da estrutura.

A VALE contratou dois relatórios, sendo o primeiro intitulado "Relatório do Painel de Especialistas sobre as Causas Técnicas do Rompimento da Barragem I do Feijão" (ROBERTSON *et al.*, 2019). Robertson e outros engenheiros do mundo da geotecnia e segurança de barragens elaboraram um documento altamente técnico, cuja conclusão foi:

O Painel concluiu que a súbita perda de resistência e o rompimento resultante da barragem marginalmente estável foram devidos a uma combinação crítica de deformações específicas internas contínuas devido ao *creep* e uma redução de resistência devida à perda de sucção na zona não-saturada causada pela precipitação intensa no final do ano de 2018.

O segundo relatório contratado pela VALE foi entregue em 20 de fevereiro de 2020, elaborado pelo Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Apuração (CIAEA), cujo "Sumário Executivo do Relatório da Investigação Independente" foi disponibilizado na WEB. Em suma, concluiu o relatório em relação às causas técnicas:

A equipe técnica do CIAEA concluiu que o rompimento da B I ocorreu por instabilidade estrutural com liquefação. Os aspectos técnicos mais relevantes para o rompimento foram (i) drenagem interna inadequada e elevado nível freático no reservatório; (ii) deformação lenta dos rejeitos atingindo o pico de resistência na condição não drenada e perda de sucção no material acima do nível freático; (iii) estrutura da barragem não projetada para conter material liquefeito e (iv) consideração inadequadas das questões de estabilidade identificadas durante a existência da B I.

O relatório do CIAEA (2020, p. 44) cita algumas causas organizacionais que podem ter contribuído para o acidente, dentre as quais:

As medidas adotadas para remediar as fragilidades e aprimorar a segurança foram limitadas e malsucedidas (DHPs - medida abortada após o evento do DHP 15) ou, se tivessem sido implementadas (descomissionamento com remuneração de rejeitos), não seriam eficientes a curto prazo para elevar a estabilidade da B I a condições satisfatórias.

[...]

Um fator importante para a não divulgação dos problemas conhecidos pela área de geotecnia de Ferrosos para outras áreas pode ter sido a característica fechada das áreas de negócios "silos", aí incluída a Diretoria de Ferrosos. Os temas e problemas eram tratados na área e não eram expostos fora dela. Além disso, foi verificado que não havia um ambiente de transparência, com estímulo para que os colaboradores pudessem suscitar ou revelar problemas e/ou questionar decisões tomadas por seus líderes (p. 45).

Sobre a contratação de empresas pela VALE, foi apontado pelo CIAEA (op. cit., p. 46) um conflito de interesses:

Tais empresas eram, ademais, contratadas para prestação de outros serviços, gerando potencial conflito de interesses e potencial comprometimento da efetividade e imparcialidade do resultado das auditorias.

Na nossa visão, o relatório de auditoria da CGE/MG (2019) teve como escopo a análise do processo de licenciamento e de fiscalização da B I por parte da SEMAD/FEAM e a propositura de medidas administrativas a fim de que os processos pudessem ser mais eficientes. O relatório de acidente da SRT/MG (BRASIL, 2019a) focou mais nos aspectos físicos que contribuíram para o desastre e nas manobras adotadas pelas empresas de auditoria para a emissão das DCE, mas pouco abordou questões organizacionais. A ANM apontou em seu parecer técnico (BRASIL, 2019b), principalmente, aspectos relacionados ao descumprimento por parte da empresa de instrumentos normativos criados pela própria agência. O estudo de Robertson *et al.* (2019) limitou-se às causas técnicas do desastre industrial. Já o CIAEA (2020) apresentou um relatório mais abrangente, com causas técnicas e organizacionais que podem ter contribuído para o desastre. Apesar de várias abordagens e estudos com ênfase nos aspectos técnicos, uma dúvida que ainda persiste é em relação ao possível gatilho que levou os rejeitos armazenados na B I à liquefação.

Apesar dos estudos e relatórios já apresentados conterem importantes contribuições e trazerem diferentes visões sobre o processo causal do evento, esses não abordaram aspectos políticos/legislativos, de fiscalização e financeiros que poderiam contribuir para um quadro mais geral e abrangente. A proposta desta pesquisa é explorar também esses aspectos que podem ter contribuído para a ocorrência do rompimento da B I.

A pesquisa apresenta relevância devido ao seu ineditismo, já que, por um lado, o evento de Brumadinho é o desastre industrial no Brasil que levou grande número de pessoas à morte (270), além de ser o maior acidente de trabalho do país, com 258 mortes e 64

trabalhadores lesionados (BRASIL, 2019a). É o terceiro no mundo em número de mortes provocadas por rompimento de barragem de mineração, só ficando atrás do acidente na mina de Mir, Vila de Sgoridrad, Bulgária, em 01/05/1966, quando 488 pessoas perderam a vida (WISE, 2022). Por outro lado, persistem lacunas no conhecimento sobre a participação de aspectos organizacionais relevantes que pretendemos explorar em nossa tese.

Cabe destacar que existiam, até o fim de 2020, 871 barragens de contenção de rejeitos de mineração no Brasil (ANM, 2021a). Dentre essas, 47 encontravam-se em estado de emergência, sendo 42 estruturas localizadas no estado de Minas Gerais (ANM, 2021b). A ANM estabeleceu através da Resolução n.º 13, de 13 de agosto de 2019 (BRASIL, 2019c), que todas as barragens de contenção de rejeitos alteadas a montante fossem descaracterizadas até 15 de setembro de 2027, isto é, fossem desmontadas. Para tal podem ser necessárias inúmeras ações, como o rebaixamento da linha freática, a construção de bermas de reforços e a retirada dos rejeitos de dentro dos reservatórios. Tais ações poderão atuar potencialmente como um gatilho para a liquefação, fenômeno que levou ao rompimento das barragens BRF e B I.

Políticos, órgãos públicos de fiscalização e empresas de mineração enfrentarão grandes desafios nos próximos anos e devem ter em mente os fatores de risco que podem contribuir para o rompimento das estruturas de contenção. Cabe às empresas aprimorar suas práticas de gestão de barragens para que novos desastres industriais não ocorram.

Além disso, um desastre industrial desta proporção atinge toda sociedade brasileira que merece ser informada dos possíveis fatores causais que levam barragens de mineração à ruptura, contribuindo assim para que se possa exercer um mínimo controle social em relação à segurança dessas estruturas.

Apresentamos duas questões principais da nossa pesquisa:

- 1) Quais aspectos políticos/legislativos, de fiscalização, organizacionais e físicos podem ter contribuído para a ocorrência do rompimento da B I?
- 2) A financeirização da Vale impactou os investimentos que pudessem deixar suas barragens mais seguras?

Outras questões secundárias são levantadas e dispostas dentro dos vários níveis do sistema sociotécnico proposto por Rasmussen e Svedung (2000, p. 21), conforme quadro 1:

Quadro 1– Questões secundárias da pesquisa distribuídas dentro dos vários níveis do sistema sociotécnico

Nível do sistema sociotécnico	Questões secundárias
Político	Por que o poder executivo e o legislativo demoraram tanto para agir em relação à segurança de barragens alteadas a montante?
Legislação	Quais as lacunas legislativas e/ou normativas nacionais quanto à segurança de barragens de contenção de rejeitos existiam e poderiam ter algum impacto preventivo no controle dos riscos de rompimento da B I?
Fiscalizatório	Os órgãos de fiscalização de barragens conseguiram desempenhar seu papel de forma satisfatória?
Organizacional	A VALE aprendeu com as lições decorrentes do rompimento da Barragem de Rejeitos do Fundão em 2015?
	Ocorreram conflitos de interesse em relação às empresas de auditoria externa contratadas pela VALE?
	Os relatórios de auditoria externa contratada refletiam a verdadeira situação da B I?
	Qual a crença existente entre os engenheiros da VALE em relação à estabilidade física da B I?
	Por qual motivo a VALE demorou tanto a adotar medidas preventivas para aumentar o fator de segurança da B I?
	As informações sobre a situação da B I chegavam até que nível hierárquico da empresa? A comunicação entre níveis hierárquicos era eficaz?
	Houve preferência entre a distribuição de lucros aos acionistas e a remuneração de diretores em detrimento dos investimentos em barragens?
	Quais aspectos da cultura organizacional da empresa podem ter contribuído para o desastre?
Ocorreram contradições históricas dentro ou entre sistemas de atividade que podem ter contribuído com o desastre industrial?	
Aspectos físicos e atores	Qual pode ter sido o gatilho para a liquefação da B I?

As respostas a essas perguntas não terão nesta pesquisa nenhum caráter moralizador ou culpabilizador. Não se procurará julgar as pessoas, mas sim compreender o que e como aconteceu. Uma investigação bem conduzida permite captar os constrangimentos e as lógicas que determinam uma situação ou um problema, assim como discernir a margem de manobra dos atores sociais, e evidencia os desafios das suas decisões e relações sociais (QUIVY; CAMPENDHOUT, 2008).

A nossa hipótese é que a empresa sabia da necessidade de implantação de medidas que pudessem tornar a barragem mais segura, mas nada iria fazer enquanto não fosse liberada a licença ambiental pleiteada em 2015 junto à Secretaria de Meio Ambiente de Minas Gerais. Também hipotetizamos que a financeirização da VALE contribuiu para que os investimentos na gestão de barragens ficassem aquém do necessário para mantê-las seguras.

Apesar de serem discutidos nesta pesquisa assuntos relacionados a vários campos do saber (engenharia, sociologia, economia, segurança do trabalho), tentaremos utilizar uma linguagem que permita ao leitor o entendimento de seu conteúdo. Alguns termos técnicos

serão explicados sob a forma de nota de rodapé ou então melhor desenvolvidos durante o texto.

À medida do possível, imagens da B I são disponibilizadas para que o leitor possa entender como ocorreu a construção, operação, monitoramento, manutenção e auditoria da barragem ao longo de sua história. Imagens do pós-rompimento também são apresentadas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Explorar os aspectos políticos/legislativos, de fiscalização, organizacionais e físicos que podem ter contribuído para a ocorrência do rompimento da B I e a inter-relação entre eles.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar aspectos da cultura organizacional da VALE que podem ter contribuído com o desastre.
- Hipotetizar contradições históricas que possivelmente contribuíram com o evento.
- Mapear possíveis preferências pela crescente remuneração de acionistas e da diretoria executiva em detrimento do investimento em barragens.
- Contribuir para a gestão de segurança de barragens, em especial quanto à fiscalização, à construção, à manutenção e à descaracterização de barragens de contenção de rejeitos.
- Discutir o possível gatilho que levou à liquefação do material armazenado e da própria B I.

3 ASPECTOS TÉCNICOS, NORMATIVOS E RISCOS NAS BARRAGENS DE MINERAÇÃO

Nesta pesquisa transitaremos por inúmeras áreas do conhecimento, como economia, engenharia de minas, geotecnia, ciências sociais, acidentologia etc. Faz-se necessário então que abordemos nesta seção assuntos e termos que serão utilizados durante toda a pesquisa, dando suporte ao entendimento do leitor.

Iniciamos a seção com um panorama do extrativismo mineral no Brasil. A seguir abordamos aspectos técnicos e normativos sobre barragens de mineração, além de explicarmos os perigos advindos de uma barragem alteada a montante.

3.1 Extrativismo mineral: uma revisão histórica

A política mineral, cujo conteúdo prioriza o comércio internacional, teve origem na dependência de Portugal em relação à Inglaterra (SCLIAR; CUNHA; INÁCIO, 2019, p. 19). João IV, rei do império português, sentenciou que o Brasil seria a "vaca leiteira". Tabaco, ouro e diamantes iriam ajudar a sustentar Portugal a partir do Brasil. O primeiro carregamento do famoso ouro de Minas Gerais chegou à Lisboa em 1699. A estimativa era de que 81% do ouro que entrava em Portugal saía, principalmente, para a Inglaterra (RODRIGUES; DEVEZAS, 2013, p. 164-165).

O resgate histórico demonstra que há séculos o Estado se ocupa de regulamentar a atividade da exploração de minérios em Minas Gerais: em 1603, o Regimento das Terras Mineraias; em 1702, novo regimento para controle da arrecadação de impostos sobre a exploração; depois da Constituição de 1824, a aprovação de leis para regulamentar a pesquisa e lavra de jazidas mineraias; em 1934 surge o marco legal da mineração, passando os mineraias a serem considerados bens nacionais, sob tutela da União e com a criação do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM (KAULING *et al.*, 2019).

A partir do século XX, a dependência era em relação aos Estados Unidos da América (EUA) e a outros países centrais que representavam os interesses das grandes corporações mineradoras (SCLIAR; CUNHA; INÁCIO, 2019, p. 19).

Trocate e Alves (2020, p. 23-24) entendem que desde 1994 utilizamos nossos bens naturais - floresta, água e mineraias - apenas como uma forma de aumentar e, principalmente, manter a capacidade de exportação para o equilíbrio da balança comercial. O Brasil sofreu uma ação imperialista sobre seus recursos sem poder ou sem saber para quem reclamar. Essa

era a máxima do nosso modelo de mineração. Segundo Gonçalves (2018, p. 4), temos "um modelo de mineração atado ao capitalismo neoliberal e ao neoextrativismo, radicado em estratégias corporativas das empresas para maximização dos lucros com a venda de commodities minerais".

A força da mineração tanto se sobressai que, durante a pandemia da COVID 19, suas atividades e toda a sua cadeia produtiva foram consideradas atividades essenciais pelo governo federal, segundo o Decreto n.º 10.329, de 28 de abril de 2020. Foi demonstrada a força das grandes corporações da indústria extrativa mineral, a articulação dos interesses privados frente à apropriação dos recursos e da sustentação pública dos entes estatais e a subserviência do poder público em relação à primazia do interesse do setor mineral. Deixamos de ser uma economia industrial para sermos uma economia reprimarizada, ou seja, a base do funcionamento da economia nacional é a venda de commodities agrícolas e minerais (TROCATE; ALVES, 2020, p. 31-33).

Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), em 2008, as exportações brasileiras de bens primários de ferro atingiram 282 milhões de toneladas (Mt), sendo a China a principal compradora com 31% da produção (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 2008).

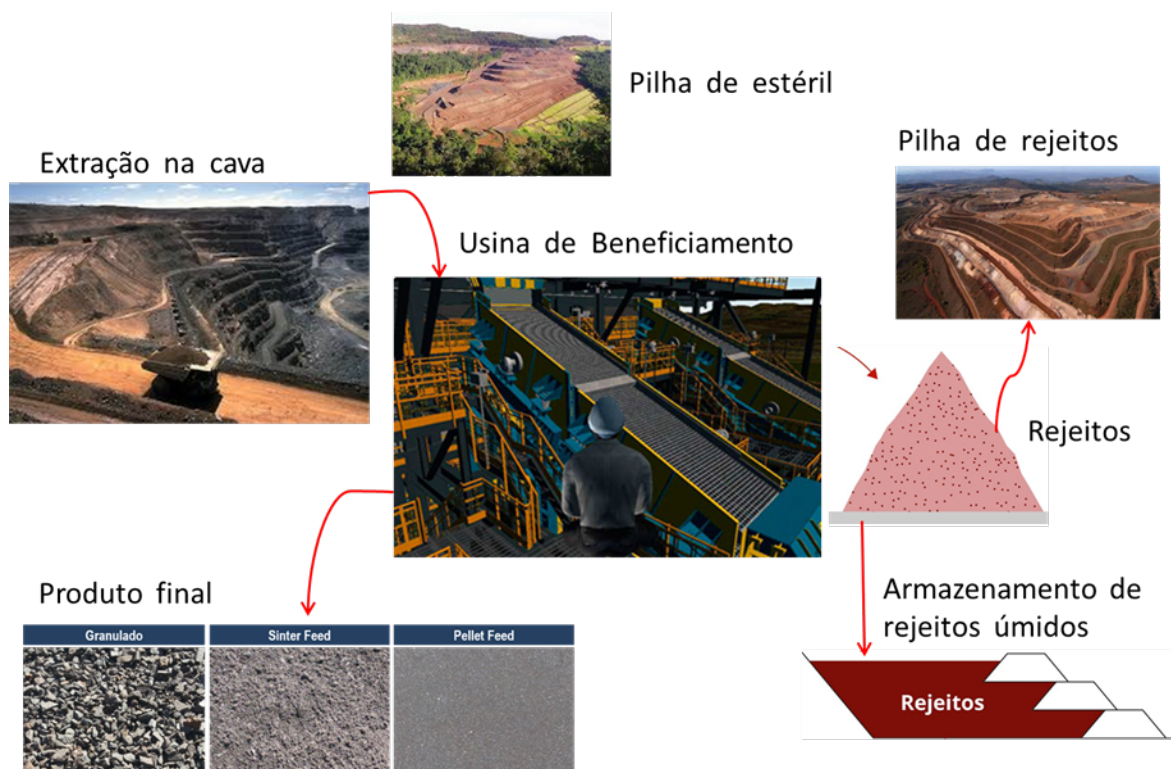
O minério de ferro produzido no Brasil em 2014 atingiu 400 Mt, sendo o estado de Minas Gerais o maior produtor com 51,6% do total. No comércio exterior, a indústria extrativa mineral contribuiu com mais de US\$ 34 bilhões (bi) em exportações de minérios, sendo somente o minério de ferro responsável por US\$ 25,8 bi deste valor (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 2015).

De acordo com o IBRAM (2021), as exportações totais do setor mineral em 2021 totalizam US\$ 58 bi, 59% maiores que 2020 (US\$ 36,6 bi). Foram 372 Mt de produtos minerais exportados, tendo a China comprado 68% do minério de ferro produzido no Brasil. As exportações de minério de ferro brasileiras cresceram cerca de 4,7%, pulando de 341 Mt em 2020 para 357 Mt em 2021.

3.2 A produção de minério de ferro e dos rejeitos

Os rejeitos da mineração são um subproduto da atividade de minerar. Para entender como surgem esses rejeitos, será explicado de forma resumida e simples, o processo de produção do minério de ferro (Figura 1).

Figura 1 - Fases da produção de minério de ferro em uma mina a céu aberto



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando da exploração de uma mina a céu aberto, parte do material que foi detonado na cava não possui valor comercial, o estéril, que é a rocha onde o minério de ferro estava encaixado. Esse material, com auxílio de pás-carregadeiras ou escavadeiras, vai ser carregado em caminhões fora de estrada e é transportado até as pilhas de estéril, onde é espalhado em camadas.

O material com valor comercial é transportado até os britadores através de caminhões e, posteriormente, para as usinas de beneficiamento com auxílio de esteiras transportadoras. No beneficiamento existem as operações de peneiramento, moagem e a concentração, onde ocorre, através de inúmeros processos físicos e alguns químicos, a separação do mineral de interesse de outros componentes sem valor comercial, como a argila e a areia. O resultado final do beneficiamento, isto é, o produto a ser comercializado pela mineradora, apresenta-se geralmente em três formas: granulado, *sinter feed* e *pellet feed*.

Mas, além do produto a ser comercializado, surge também o rejeito mineral, um subproduto de beneficiamento composto em grande parte de areia e argila. Se o processo de beneficiamento ocorreu a úmido, este rejeito mineral terá grande quantidade de água, devendo ser armazenado em barragens ou em cavas exauridas. Se o processo ocorreu a seco, este rejeito será armazenado em pilhas de rejeito seco, em processo muito similar à pilha de estéril.

Os rejeitos úmidos são transportados até as barragens por tubulações, seja por gravidade ou por bombeamento. À medida que os rejeitos são lançados no reservatório, pode ser necessário que a estrutura seja alteada.

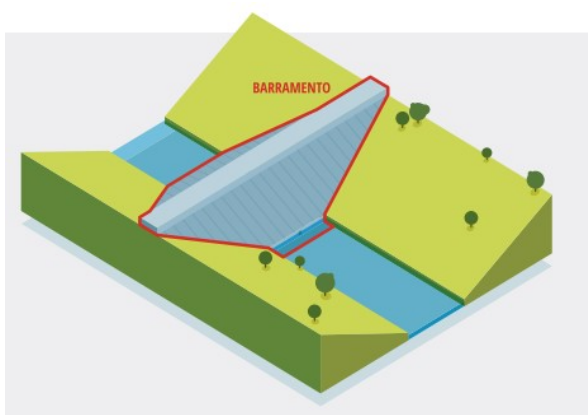
3.3 Métodos construtivos de barragens de mineração

As barragens para contenção de rejeitos da mineração podem ser construídas de quatro formas: dique único, alteada a montante, alteada a jusante, alteada por linha de centro.

3.3.1 Dique único

É construído um dique único com solo compactado e todo o sistema de drenagem, não sendo planejado qualquer alteamento, isto é, a barragem terá a sua altura máxima no término da construção (Figura 2).

Figura 2 - Barragem construída em dique único



Fonte: Agência Nacional de Águas, 2019.

3.3.2 Alteada a montante

Após a execução de um dique inicial de solo compactado, são construídos diques de alteamento para o sentido montante, isto é, em direção ao fundo do reservatório. É utilizado como material de construção o rejeito de mineração, ficando o dique de alteamento apoiado sobre o próprio rejeito já disposto (Figura 3).

Figura 3 - Barragem alteada a montante



Fonte: Agência Nacional de Águas, 2019.

3.3.3 Alteada a jusante

Após a execução de um dique inicial de solo compactado, são construídos diques de alteamento para o sentido jusante, isto é, são construídos com lançamento de aterro sobre o talude de jusante do alteamento anterior e sobre o terreno natural (Figura 4).

Figura 4 - Barragem alteada a jusante



Fonte: Agência Nacional de Águas, 2019.

3.3.4 Alteada por linha de centro

Após a execução de um dique inicial de solo compactado, são construídos diques de alteamento com o lançamento de parte do aterro sobre a praia de montante e a outra parte sobre o talude de jusante do alteamento anterior, com o centro dos alteamentos coincidente à medida que são construídos (Figura 5).

Figura 5 - Barragem alteada por linha de centro



Fonte: Agência Nacional de Águas, 2019.

3.4 As partes de uma barragem

Uma barragem de contenção de rejeitos é uma obra de engenharia com inúmeras partes. Destacam-se aquelas constantes da Figura 6 e outras importantes que estão informadas a seguir:

- a) Ombreira: local no maciço natural onde se encaixa a extremidade da barragem.
- b) Canaletas: são estruturas para drenagem superficial situadas no pé do talude de jusante de cada dique de alteamento.
- c) Descidas d'água: são estruturas destinadas a conduzir o escoamento em trechos curtos com altos desníveis, captando água das canaletas, podendo ser lisas ou em degraus.
- d) Talude de jusante: é o talude do dique que fica em contato com o ar.
- e) Talude de montante: é o talude do dique que fica em contato com o rejeito armazenado.
- f) Crista: é parte da barragem de maior cota, fica no último dique de alteamento.
- g) Praia: é a parte seca do rejeito armazenado após dissipação da água e possui grande quantidade de materiais arenosos;
- h) Lago ou reservatório: é todo o volume de rejeitos armazenado pela barragem, podendo haver água sobrenadante sobre os rejeitos;
- i) Vertedouro: estrutura que tem a finalidade básica de interpor uma seção de controle hidráulico ao escoamento, por meio de uma profundidade crítica, sendo aplicada no sistema de extravasamento das barragens e como medidor de descarga.

Figura 6 - Partes de uma barragem de contenção de rejeitos da mineração

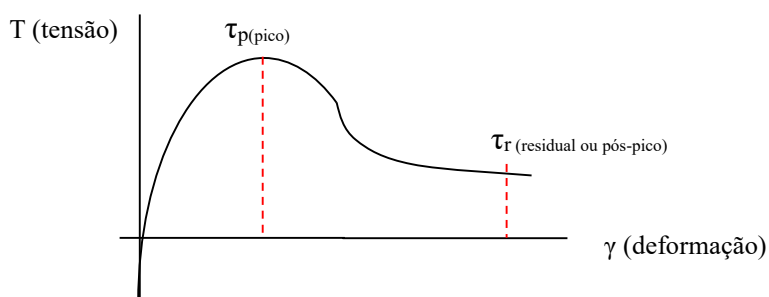


Fonte: Elaborada pelo autor.

3.5 Tensão cisalhante e deformação

Quando aplicamos em laboratório uma tensão cisalhante¹ (τ) em um solo, esse vai se deformar lentamente até atingir um valor máximo, a resistência de pico (τ_p). A partir daí, ela decresce com o aumento das deformações até atingir, quando uma grande deformação já ocorreu, uma resistência final, chamada resistência residual (τ_r) ou pós-pico (CAPUTO, 1988, p. 166 e 228; HEAD; EPPS, 2014, p. 22-24). Esta curva tensão (τ) x deformação (γ) é diferente para os variados tipos de solos. A resistência de pico e a residual para um solo arenoso denso são representadas na Figura 7.

Figura 7 - Curva tensão x deformação de um solo arenoso denso.



Fonte: Elaborada pelo autor.

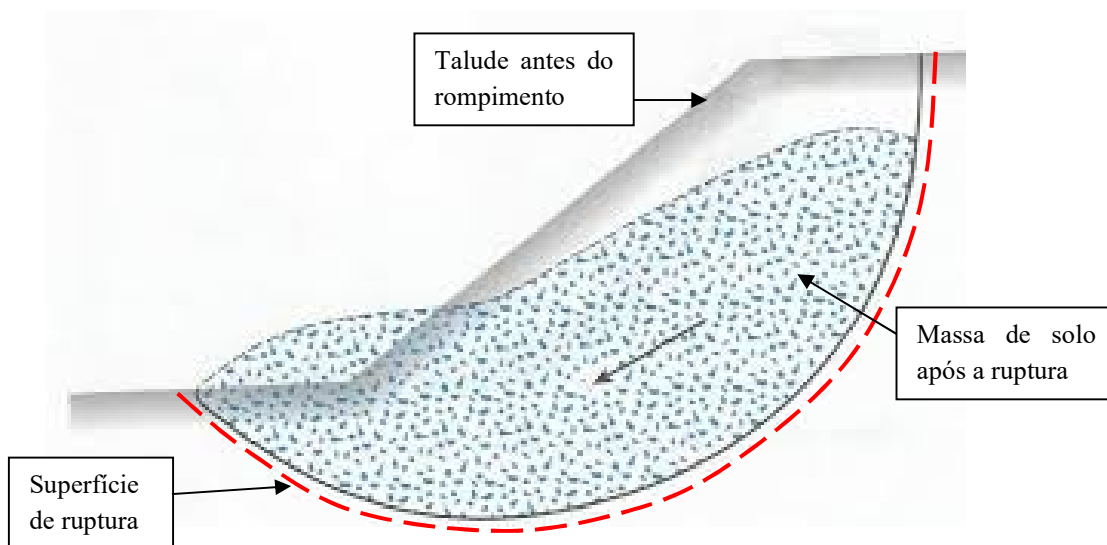
¹Tensão mecânica gerada pela aplicação, num mesmo objeto, de forças em sentidos contrários, mas com mesma direção, causando deformação ou corte. Fonte: Dicionário Aurélio on-line.

3.6 Fator de segurança

Quando aplicamos cargas sobre o solo, como uma edificação, sujeitamos o mesmo a tensão cisalhante. A resistência ao cisalhamento de um solo define-se como a máxima tensão de cisalhamento que o solo pode suportar sem sofrer ruptura (SOUZA PINTO, 2013, p. 260). O fator de segurança (FS) em relação à resistência ao cisalhamento de um solo é o valor da razão entre esta resistência e a tensão cisalhante atuante ao longo da superfície de ruptura, conforme aponta a ABNT NBR 11682². Em outras palavras, é a razão entre a tensão que o solo pode resistir e a tensão aplicada sobre o mesmo. Quando essas tensões são igualadas, o solo pode chegar à ruptura, isto é, um processo de deslizamento de uma parte do solo em relação ao maciço restante (Figura 8).

Podemos dizer que o FS é uma margem de segurança que se deve atribuir a uma determinada obra de engenharia. Por exemplo, admitindo-se que um determinado solo resiste a tensão cisalhante de 15 Kgf/cm² (quilograma-força por centímetro quadrado) e adotando-se um FS de 1.5, poderemos então sujeitar aquele solo a uma tensão de no máximo 10 Kgf/cm².

Figura 8 - Talude de encosta e sua possível superfície de ruptura



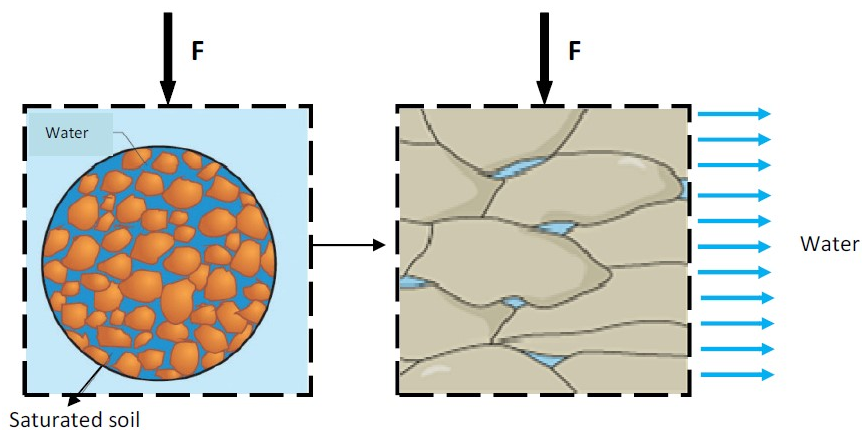
Fonte: Elaborada pelo autor.

O carregamento de um solo pode ocorrer sob condição drenada ou não drenada. Tomamos como exemplo um solo cujos vazios estão preenchidos por água, isto é, um solo saturado. Quando uma força é aplicada ao solo, os grãos são comprimidos. Na condição drenada, a água existente nos vazios do solo não encontra problemas para fluir. A Figura 9 representa essa situação, sendo que a linha tracejada aponta o caminho que a água pode

²Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 11682, de 21/09/2009, que trata da estabilidade de taludes.

seguir. Na condição não drenada, a água não consegue fluir rapidamente, gerando excesso de poropressão (U)³.

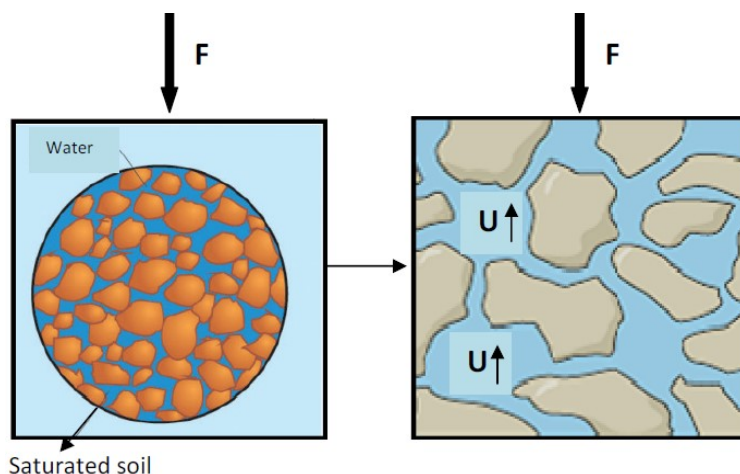
Figura 9 - Carregamento de um solo saturado sob condição drenada



Fonte: Elaborada pelo autor.
Nota: F – Força.

A Figura 10 representa a condição não drenada, com a linha contínua demonstrando a dificuldade que a água tem para escoar. Isso pode acontecer, por exemplo, quando as estruturas de drenagem não funcionam adequadamente. Essa situação provoca um decréscimo da tensão efetiva, que é a tensão que resiste ao cisalhamento dos solos. Em consequência, ocorre uma queda da resistência ao cisalhamento e a massa de solo passa a se comportar como um fluido.

Figura 10 - Carregamento de solo saturado sob condição não drenada



Fonte: Elaborada pelo autor.
Notas: F – Força; U – Poropressão.

³É a pressão exercida sobre a água encontrada nos vazios do solo, também chamada de pressão neutra.

3.7 Acidentes com barragens de mineração

Acidentes com barragens de mineração não são problemas apenas no Brasil. De acordo com o WISE Uranium Project (WISE, 2022), 149 acidentes envolvendo barragens de rejeitos na mineração ocorreram por todo o mundo de 1960 até novembro de 2022. Esses desastres ocorreram em potências econômicas mundiais (Austrália, Canadá, China, EUA, Israel, Itália, Japão, Reino Unido, Rússia), em países em processo de industrialização (Brasil, México), como naqueles em desenvolvimento (Filipinas, Zâmbia, Peru, Myanmar). São apontados seis acidentes com este tipo de estrutura no estado de Minas Gerais, Brasil (op. cit., 2022). Contudo, ainda ocorreram eventos com a barragem na mina do Pico, em Itabirito, em 1985, e em 2006, com a barragem da Mineração Rio Pomba/Cataguazes, em Mirai (FARIA; BOTELHO, 2019).

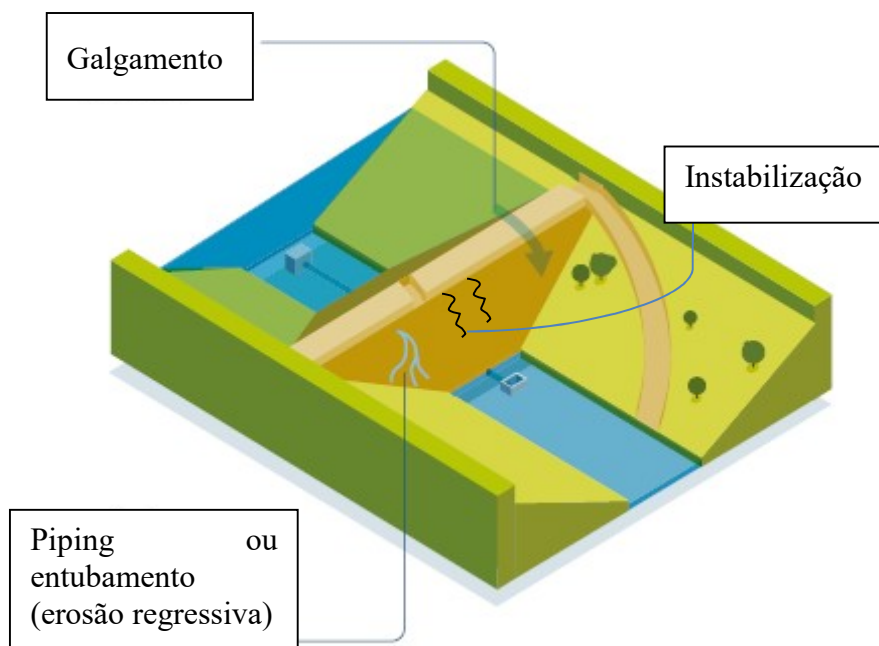
Os piores acidentes no mundo com rompimento de barragens na mineração, que trouxeram consequências para seres humanos, foram (WISE, 2022):

- a) Mina de Mir, Vila de Sgoridrad, Bulgária, em 01/05/1966, quando perderam a vida 488 pessoas;
- b) Taoshi, Cidade Linfen, Região Xiangfen, Província Shanxi, China, em 08/09/2008, com a morte de 277 pessoas e lesão em outras 33;
- c) Brumadinho, estado de Minas Gerais, Brasil, em 25/01/2019, com a morte de 270 pessoas e a lesão de outras 64;
- d) Stava, Trento, Itália, em 19 de julho de 1985, com a morte de 268 pessoas.

3.8 Modos de falha das barragens de mineração

Alguns eventos podem levar as barragens à ruptura total da barragem como: *piping* (entubamento), que causa uma erosão regressiva; galgamento, quando a água passa por cima da crista da barragem; instabilidade, após a ocorrência de trincas ou rupturas parciais em taludes (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2019), conforme Figura 11; e liquefação, fenômeno que ocorre quando areias ou siltes não plásticos saturados comportam-se como um fluido ao serem submetidos a um determinado carregamento, estático ou dinâmico (ROBERTSON *et al.*, 2019, p. 14; BOTELHO *et al.*, 2021, p. 35).

Figura 11 - Eventos que podem levar as barragens de solo à ruptura



Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas, 2019.

A falta de estabilidade em barragens é principalmente decorrente de problemas com a posição da linha freática. Cruz (1996) aponta que “a arte de projetar barragens parece ser a arte de controlar o fluxo de água através do corpo e da fundação da barragem, evitando, assim, quaisquer chances do solo ser carregado pela água”. Quanto mais alta a posição da linha freática dentro do material armazenado ou dentro dos próprios diques, menos segura a barragem, sendo esse um dos fatores que contribuíram para o rompimento da B I, como será visto adiante.

3.9 O perigo das barragens alteadas a montante

Entre os principais métodos construtivos de barragens de contenção de rejeitos de mineração, o método da linha de montante é sem dúvida o mais vulnerável à ocorrência de acidentes originados por forças de percolação da água pelo barramento. Em um sistema barragem-reservatório constituído de solos finos e de baixa coesão, como as barragens de contenção de rejeitos, as forças de percolação da água favorecem a instalação de processos erosivos internos de *piping* e liquefação, maiores responsáveis pelos acidentes já registrados. (CASTRO, 2008, p. 4).

Estudo realizado sobre falhas em barragens de acordo com o método construtivo apontou que barragens alteadas a montante falharam em 76% dos casos (RICO *et al.*⁴, 2008 apud CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2017).

A falta de conhecimento do risco e o descontrole operacional da disposição hidráulica dos rejeitos em barragens alteadas para montante têm induzido colapsos estruturais com resultados potencialmente desastrosos. Os rejeitos de mineração constituem-se geralmente de materiais granulares (areias) e/ou finos não plásticos (siltes). Esses rejeitos, quando dispostos hidraulicamente de forma inadequada em barragens alteadas para montante, tendem a formar camadas com baixas densidades, que, em condição saturada, apresentam suscetibilidade ao fenômeno “fluxo por liquefação” imposta por solicitações não drenadas (PIRETE, 2010, p. 2).

Galvão Sobrinho (2014) citou que o uso do rejeito como material construtivo é mais econômico, no entanto, entre algumas desvantagens estão a sua alta susceptibilidade a formação interna de *piping*, a alta erodibilidade da superfície e a alta probabilidade de liquefação sobre carregamentos dinâmicos ou mesmo estáticos. Ainda segundo o autor, a estabilidade destas obras é também ditada pelo avanço do lago de decantação, que pode elevar a superfície do nível freático no corpo da barragem, fazendo a água atingir as partes altas do talude de jusante da barragem, possibilitando o estabelecimento do processo de entubamento (*piping*). Por fim o autor apontou que, normalmente, praias com baixa segregação dos rejeitos lançados e baixa permeabilidade ocasionam a elevação do nível freático no corpo da barragem, podendo, neste caso, também ocorrer entubamento causado pela surgência d'água no talude de jusante da estrutura.

No Chile, barragens alteadas a montante em mineradoras apresentaram muitas falhas em decorrência de abalos sísmicos, dentre elas: Barragem El Teniente mine (1928), com liberação de 2.7 Mm³ de rejeitos e provocando 54 mortes; El Cobre barragem n.º 1 (1965), com mais de 200 mortes e ampla contaminação de área agrícola; Barragem Cerro Negro (1985), com liberação de 130mil toneladas de rejeitos (VALENZUELA, 2016).

Após a desastrosa falha da El Cobre n.º 1 em 1965, a agência governamental do Chile responsável pela concessão de licenças para novas barragens de rejeitos proibiu a construção de barragens usando o método a montante a partir de 1970, a menos que uma licença específica tivesse sido emitida pelo diretor nacional dessa agência para condições muito extraordinárias. Posteriormente, o Decreto DS 248 (2007) confirmou a proibição de

⁴ RICO, M.; BENITO, G.; SALGUEIRO, A. R.; DíEZ-HERRERO, A., PEREIRA, H. G. Reported tailings dam failures: a review of the European incidents in the world wide context. **Journal of Hazardous Materials**, 152(2), p. 846-852, 2008.

barragens de rejeitos construídas pelo método a montante sem exceções (VALENZUELA, 2016).

Esse método de alteamento, que foi o mais utilizado pelas mineradoras no estado de Minas Gerais, era o mais econômico, uma vez que a construção da barragem era realizada com utilização dos próprios rejeitos da mineração e por etapas (alteamentos sucessivos), reduzindo o custo inicial da obra. Porém, como informado acima, é o que apresenta maior risco de acidentes estruturais e ambientais devido à dificuldade de controle da superfície freática.

3.10 Normatização aplicada a barragens na mineração

Neste item indicaremos as principais normas nacionais e estrangeiras sobre segurança de barragens de mineração. Até o rompimento da B I, poucas normas nacionais tratavam da segurança de barragens de contenção de rejeitos. Dentre elas destacamos a Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB (BRASIL, 2010b) e a Portaria n.º 70.389, de 17 de maio de 2017, que criou o cadastro nacional de barragens da mineração e detalhou o conteúdo de vários documentos a serem entregues pelas empresas (BRASIL, 2017).

Foi publicada, em 08 de agosto de 2019, a Resolução n.º 13/2019 pela ANM que estabeleceu em seu artigo 5º (BRASIL, 2019c):

Cabe ao auditor, profissional legalmente habilitado pelo CONFEA/CREA, calcular os fatores de segurança para as barragens de mineração inseridas na PNSB, independentemente do método construtivo adotado, com base na ABNT NBR 13028/2017, nas normas internacionais e nas boas práticas de engenharia, sendo exigido, para as análises de estabilidade e estudos de susceptibilidade à liquefação na condição não drenada, valor igual ou superior a 1.3 para resistência de pico (grifo nosso).

É importante frisar o parágrafo 3º do artigo 5º dessa resolução:

§ 3º Para casos em que o fator de segurança, nas condições drenada ou não drenada, esteja momentaneamente abaixo dos valores mínimos estabelecidos pela norma ABNT NBR 13028/2017 e conforme descrito no caput, fica a barragem de mineração imediatamente interdita, sendo o empreendedor obrigado a suspender o aporte operacional na barragem e a notificar a ANM por meio do SIGBM, bem como a implementar ações de controle e mitigação para garantir a segurança da estrutura e avaliar a necessidade de evacuação da área à jusante, até que o fator de segurança retorne aos valores mínimos (grifo nosso).

Como a Resolução n.º 13/2019 citou a norma ABNT NBR13028/2017, é necessário voltar à primeira versão dessa norma técnica. Ela foi publicada em 1993 e não estabelecia os

fatores mínimos de segurança a serem adotados para a estabilidade das barragens de mineração.

Consultando o manual de engenharia 110-2-1902 do Corpo de Engenheiros das Forças Armadas Americanas (USACE, 1970, p. 25), verifica-se que o FS mínimo para estabilidade de barragens de solo, considerando fluxo constante e reservatório no nível máximo, era de 1.5 para o talude de jusante. A mesma norma estabeleceu o FS mínimo de 1.3 para barragem em fim de construção, isto é, situação na qual está a barragem quando o seu dique inicial ou único foi concluído e ainda não recebeu rejeitos. O manual de engenharia 110-2-1902 também informou que se as consequências de uma falha a montante são grandes, maiores FS devem ser considerados. Contudo, o manual não citou qual seria a majoração do FS.

A Eletrobrás (2003) apresentou os critérios para o cálculo de estabilidade de taludes para barragens de terra, construídas com solo homogêneo, seguindo as diretrizes do manual de engenharia do USACE de 1970, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Fatores de segurança para estabilidade física de barragens segundo a Eletrobrás

Caso	Coefficiente de segurança	Resistência ao cisalhamento	Observações
Final de construção	1.3 (a)	Q ou S (b)	Taludes montante e jusante
Rebaixamento rápido	1.1 a 1.3 (c)	R ou S	Valor mínimo para solos dilatantes; valor máximo para solos que contraem no cisalhamento
Percolação estável	1.5	R ou S	Talude jusante
Análise sísmica	1.0	R ou S	Taludes montante e jusante

Fonte: Eletrobrás, 2003.

Notas: (a) Para barragens acima de 15m de altura sobre fundações relativamente fracas, usar fator de segurança mínimo de 1.4; (b) Em zonas em que não são antecipadas pressões neutras, usar resistência de ensaios S; (c) Nos casos em que o rebaixamento ocorre com frequência, considerar o coeficiente 1.3.

No ano 2006, a ABNT NBR13028, que trata das barragens de mineração, foi revisada e passou a adotar os seguintes valores mínimos para o FS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006):

- a) ruptura do talude geral de jusante, superfície freática normal: 1.50;
- b) ruptura do talude geral de jusante, superfície freática crítica (desfavorável): 1.30;
- c) ruptura do talude entre bermas: 1.5.

Já o Bureau of Reclamation do U.S. Department of the Interior (USBR, p. 4-8) publicou em outubro de 2011, o texto "Padrões de Projeto n.º 13 - Barragens de Terra. No capítulo 4 dessa obra, são trazidos os FS mínimos para os cálculos de estabilidade de taludes, baseado no método do equilíbrio limite bidimensional. A diferença desse documento para os já citados é que ele estabelece um FS mínimo de 1.2 para a condição de cheia máxima,

considerando que está cheia é de curta duração e adotando parâmetros de resistência não drenada do solo (Quadro 3).

Quadro 3 - Fatores mínimos de segurança baseados no método do equilíbrio limite bidimensional usando procedimento de Spencer

Condições de carregamento	Parâmetros tensão cisalhamento	Características de poropressão	Mínimo fator de segurança
Fim de construção	Efetiva	- Geração de excesso de poropressão na barragem e materiais de fundação com determinação em laboratório da poropressão e monitoramento durante a construção.	1.3
		- Geração de excesso de poropressão na barragem e materiais de fundação, sem monitoramento de campo durante a construção e sem determinação em laboratório.	1.4
		- Geração de excesso de poropressão na barragem somente com ou sem monitoramento de campo durante a construção e sem determinação em laboratório.	1.3
	Tensão não drenada		1.3
Percolação em estado permanente	Efetiva	Percolação em estado permanente sob lago do reservatório ativo	1.5
Condições operacionais	Efetiva ou não drenado	Percolação em estado permanente sob nível máximo do reservatório (durante uma provável cheia máxima)	1.2
	Efetiva ou não drenado	Rebaixamento rápido da superfície normal de água para superfície de água inativa	1.3
		Rebaixamento rápido da superfície máxima de água para superfície de água ativa (seguido de uma provável cheia máxima)	1.2
Outros	Efetiva ou não drenado	Rebaixamento da capacidade máxima de saída (drenagem interna inoperante; rebaixamento não usual)	1.2
	Efetiva ou não drenado	Modificações na construção (aplica-se apenas a taludes de escavação temporários e a resultante estabilidade geral do talude durante as construções)	1.3

Fonte: Bureau of Reclamation U.S. Department of the Interior, 2011.

Contudo, trouxe a norma USBR (2011) que:

Um fator de segurança mais alto (aproximando-se de 1.5) pode ser necessário se a duração do armazenamento do volume de cheia for longa e potencialmente resultar em superfície freática significativamente mais alta do que a superfície freática em estado permanente (grifo nosso).

A empresa Geoconsultoria, no RISR de 2016 da B I⁵, informou sobre o FS para a condição não drenada:

É nossa opinião que para a condição não drenada poderia ser utilizado o fator mínimo de 1.2 quando a ocorrência não representar danos materiais elevados ou morte de pessoas. Para situações em que a ruptura represente danos materiais elevados, danos ambientais elevados e pode resultar em mortes de pessoas, o fator de segurança mínimo seria de 1.3.

Como, entretanto, este assunto não está estabelecido na normatização ou legislação brasileira, e também não está de modo específico nas diretrizes de outros países ou

⁵GEOCONSULTORIA. Relatório de Inspeção de Segurança Regular da B I de 2016, p. 19.

de organização governamentais ou associações técnicas, estamos adotando o fator de segurança mínimo de 1.3 para qualquer situação de risco (grifo nosso).

Chegamos agora em 2017, quando a ABNT NBR13028 passou pela segunda revisão e estabeleceu outros fatores de segurança mínimos para as barragens de mineração, independentemente do tipo de análise e do tipo de carregamento, isto é, tanto para condições não drenadas ou drenadas de carregamento, conforme Quadro 4.

Quadro 4 - Fatores de segurança mínimos para barragens de mineração

Fase	Tipo de ruptura	Talude	FS mínimo
Final de construção (1)	Maciço e fundações	Montante e jusante	1.3
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Jusante	1.5
Operação com rede de fluxo extrema, nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Jusante	1.3
Operação com rebaixamento rápido do nível do reservatório	Maciço	Montante	1.1
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço	Jusante	1.5
		Entre bermas	1.3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e jusante	1.1

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2017.

Nota: (1) Etapas sucessivas de barragens alteadas com rejeitos não podem ser analisadas como "final de construção", devendo atender aos fatores de segurança mínimos estabelecidos para as condições de operação.

Ainda trouxe a ABNT NBR13028/2017 a seguinte informação: "Em análises de estabilidade que utilizam parâmetros de resistência não drenada, os fatores de segurança mínimos devem ser estabelecidos pelo projetista, com bases nas boas práticas de engenharia".

Vários estados do Brasil possuem legislação própria aplicada a barragens de mineração, como em Minas Gerais. Contudo, nenhuma das normas de Minas Gerais apontou qual seria o FS mínimo de estabilidade para barragens de mineração:

- a) Lei Estadual n.º 15.056, de 31 de março de 2004, que estabeleceu as diretrizes para a verificação da segurança de barragem e de depósito de resíduos tóxicos industriais em Minas Gerais;
- b) Deliberação Normativa (DN) COPAM n.º 62, de 17 dezembro de 2002, que definiu a classificação das barragens, instituiu a obrigação do empreendedor pela implantação de um sistema de gestão de segurança e estabeleceu a necessidade de realização de auditoria técnica de segurança;
- c) DN COPAM n.º 87, de 17 de junho de 2005, que definiu a periodicidade de realização das auditorias independentes, a obrigatoriedade de elaboração de relatório de auditoria

- técnica de barragens, contendo no mínimo o laudo técnico sobre a segurança de barragens, e as recomendações para a melhoria da segurança;
- d)DN COPAM n.º 124, de 09 de outubro de 2008, que mudou o mês para a entrega do relatório de auditoria técnica de março para setembro;
- e)Decreto n.º 46.993, de 02/05/2016, que estabeleceu a obrigatoriedade da execução de auditoria técnica extraordinária de segurança de barragem alteada a montante, proibiu o licenciamento ambiental para novas barragens, bem como a ampliação daquelas alteadas dessa forma;
- f)Instrução de Serviço (IS) n.º 02/2018 do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SISEMA, de 06/11/2018, que esclareceu definitivamente os limites de atuação da fiscalização estadual em relação à segurança de barragens.

4 REVISÃO DE LITERATURA, ASPECTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS

Nesta seção apresentamos o conceito de financeirização, fenômeno que muito contribuiu para a ocorrência do desastre industrial. Em continuação, conceituamos desastre industrial, acidentes sistêmicos, sistema de atividade e apontamos os métodos de investigação de acidentes utilizados por todo o mundo. Por fim, é apresentado em detalhes o método que será utilizado como referencial teórico para o desenvolvimento do estudo.

4.1 A financeirização e os incentivos financeiros

As grandes tragédias ocorridas, especialmente na década de 1980, voltaram com força no século 21 e são explicadas por alguns autores como decorrentes de mudanças no processo produtivo no contexto da financeirização da economia global. Esse fenômeno relaciona-se à introdução e à intensificação de tecnologia de informação e automação, aumento da terceirização e ao acirramento da competição global com aumento da pressão por resultados para atender aos acionistas (METZGER; MAUGERI; BENEDETTO-MEYER, 2012; DIAS; LIMA, 2014; LE COZE, 2016).

Segundo Bruno (2011), a financeirização manifesta-se pela vigência de um padrão de funcionamento das economias onde a acumulação de riquezas desenvolve-se, de forma preponderante, por canais financeiros e não através das atividades diretamente produtivas (indústria, comércio, agricultura etc).

A financeirização moderna é a subsunção da organização e gestão das corporações à lógica da maximização do valor para o acionista. A lógica industrial subordina-se à lógica financeira, isto é, as decisões dentro dos sistemas produtivos que antes seguiam uma lógica produtiva passaram a seguir uma lógica financeira de curto prazo e baseada em disputas em torno de indicadores chave de performance (DIAS; LIMA, 2020, p. 84).

O processo de financeirização poderia levar a uma mudança na própria composição dos lucros das empresas, de modo que o lucro não operacional aumentaria a sua participação no lucro total em decorrência de uma queda da participação do lucro operacional (CORRÊA; LEMOS; FEIJO, 2017).

Outra ferramenta que pode contribuir com a financeirização é a agressividade fiscal. Lanis e Richardson⁶ (2011 apud GOMES *et al.*, 2022) mostraram que o desenvolvimento de ações para reduzir os impostos pagos pelas corporações, por meio da agressividade fiscal, tem se tornado cada vez mais comum no âmbito organizacional em todo o mundo. Há evidências na literatura de que um melhor desempenho das empresas poderá ser alcançado com a adoção de um planejamento tributário eficiente, pois quanto menor o valor dos tributos pagos, maior o lucro, que poderá ser distribuído e/ou reinvestido pelos acionistas, e resultará na valorização das ações (FRANK⁷*et al.*, 2009; CHEN⁸*et al.*, 2010 apud GOMES *et al.*, 2022). O objetivo é reduzir os impostos e o grau de agressividade fiscal dependerá das práticas adotadas, no que diz respeito à sua legalidade e ao seu nível de intensidade, gerando uma diminuição significativa dos impostos explícitos (MARTINEZ⁹, 2017 apud GOMES *et al.*, 2022).

O poder de mercado está positivamente relacionado à lucratividade, gerando resultados maiores e mais persistentes. Empresas com resultados maiores e mais persistentes são as que mais podem se beneficiar da agressividade tributária, levando-as a se engajar em níveis cada vez mais agressivos (GOMES *et al.*, 2022).

Metzger, Maugeri e Benedetto-Meyer (2012, p. 234-236) estudaram a implementação do *Balanced Scorecard (BSC)* no âmbito de dois estabelecimentos de uma multinacional. O *BSC* é um dispositivo de gestão financeira criado nos anos 1980 e que foi introduzido em grandes grupos industriais do mundo. O efeito principal do *BSC* é obter um alinhamento perfeito dos comportamentos dos funcionários, do alto ao baixo nível da pirâmide hierárquica, atrás de quaisquer indicadores modelos, que devem “dizer a verdade” sobre o desempenho organizacional. Os indicadores modelos são os financeiros, e qualquer assalariado, graças ao *BSC* e aos dispositivos a ele conectados, deve poder ser avaliado por sua capacidade de melhorá-los.

O enquadramento das atividades pelo *BSC*, em qualquer nível da pirâmide hierárquica, é um enquadramento integrado das dimensões julgadas estratégicas ao funcionamento empresarial que tem como objetivo final a performance financeira. A hierarquia intermediária e os técnicos dos estabelecimentos analisados, embora conscientes

⁶LANIS, R.; RICHARDSON, G. The effect of board of Director composition on corporate tax aggressiveness. **Journal of Accounting and Public Policy**, 30(1), p. 50-70, 2011.

⁷FRANK, M. M.; LYNCH, L. J.; REGO, S. O. Tax reporting aggressiveness and its relation to aggressive financial reporting. **The Accounting Review**, 84(2), p. 467-496, 2009.

⁸CHEN, S.; CHEN, X.; CHENG, Q.; SHEVLIN, T. Are family firms more tax aggressive than non-family firms? **Journal of Financial Economics**, 95(1), p. 41-61, 2010.

⁹MARTINEZ, A. L.; MOTTA, F. P. Agressividade fiscal em sociedades de economia mista no Brasil. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, 17(43), p. 136-148, 2020.

dos esforços e sacrifícios pessoais, acreditavam que os desafios impostos pela empresa eram justos, isto é, que o investimento a serviço dos acionistas valia a pena ser feito, pois a empresa à qual pertenciam lhes oferecia incontestáveis possibilidades de sucesso, até que ela decidisse dispensá-los. Os dirigentes que foram entrevistados na pesquisa de Metzger e colegas (op. cit., p.237) admitiram que sua função na empresa e sua remuneração se justificavam apenas por sua capacidade de fazer os “proprietários ganharem dinheiro”. O jogo capitalista era uma oportunidade para os mais “capazes” e “empreendedores” de fazer carreira e melhorar sua situação profissional e social.

Embora a busca pela satisfação do cliente fosse o coração do *BSC*, o objetivo principal permanecia sendo a satisfação dos acionistas (op. cit.). Para Schneiderman, um dos idealizadores do *BSC*, “focalizar seu olhar sobre o objetivo de otimização dos resultados financeiros pode conduzir à catástrofe, uma vez que certas decisões estratégicas podem se revelar excelentes no curto prazo, mas letais em longo prazo (STATA¹⁰, 1989, apud METZGER; MAUGERI; BENEDETTO-MEYER, 2012, p. 235).

Dias e Lima (2014, p. 12) trouxeram-nos informações sobre os indicadores chave de desempenho (KPI), um sistema que se proliferou entre organizações contemporâneas, tanto públicas quanto privadas. No sistema KPI, um conjunto de indicadores é definido, com base nos objetivos estratégicos da companhia e implantado através de vários níveis hierárquicos e diferentes funções. Os indicadores operam como mecanismos de coordenação, comunicando aos trabalhadores o que é esperado deles, dirigindo suas ações, assistindo suas tomadas de decisão e, ao mesmo tempo, controlando-os. Cada aspecto da companhia pode ser refletido no sistema KPI: custos, qualidade, flexibilidade e mesmo inovação. Esse sistema é frequentemente ligado ao sistema de recompensas, de tal forma que o cumprimento de metas gerará consequências para a remuneração ou plano de carreira dos trabalhadores.

4.2 Definições: acidente maior, desastre industrial, acidente de trabalho ampliado

Segundo a Convenção n.º 174 -Convenção sobre a Prevenção de Acidentes Industriais Maiores, aprovada em 1993, na 80ª reunião da Organização Internacional do Trabalho, a expressão acidente maior designa todo evento subitâneo [repentino], como emissão, incêndio

¹⁰STATA, R. Organizational learning – the key to management innovation. Sloan Management Review, Boston, v. 30, n. 3, p. 63-74, 1989.

ou explosão de grande magnitude, no curso de uma atividade em instalação sujeita a riscos de acidentes maiores, envolvendo uma ou mais substâncias perigosas e que implica grave perigo, imediato ou retardado, para os trabalhadores, para a população ou para o meio ambiente (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO, 1993)¹¹.

Para Valêncio (2014), desastre é um acontecimento coletivo trágico no qual há perdas e danos súbitos e involuntários que desorganizam o modo de vida de uma coletividade.

A Política Nacional de Defesa Civil (BRASIL, 2000) definiu desastre como:

Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais [...] A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e a vulnerabilidade do sistema e é quantificada em função de danos e prejuízos.

De acordo com o Art. 2º do Decreto n.º 10.593, de 24 de dezembro de 2020, que regulamentou a Lei n.º 12.608/2012, desastre é resultado de evento adverso decorrente de ação natural ou antrópica sobre cenário vulnerável que cause danos humanos, materiais ou ambientais e prejuízos econômicos e sociais (BRASIL, 2020c).

Acidentes industriais ampliados são definidos por Freitas, Porto e Machado (2000, p. 28) como:

[...] eventos agudos, como explosões, incêndios e emissões nas atividades de produção, isolados ou combinados, envolvendo uma ou mais substâncias perigosas, com potencial para causar simultaneamente múltiplos danos, sociais, ambientais e à saúde física e mental dos seres humanos expostos.

Segundo Martins (2016, p. 118), o desastre industrial ocorrido em 1984 nas instalações da Union Carbide, em Bophal, na Índia, foi o maior desastre industrial da história. As estimativas fazem supor que milhares de pessoas tenham morrido entre a noite do acidente e as semanas seguintes, 25 mil nos anos subsequentes, e que mais de cem mil ficaram com sequelas permanentes importantes.

Acidente de trabalho pode ser explicado como uma ocorrência geralmente não planejada que resulta em danos à saúde ou à integridade física de trabalhadores ou de indivíduos do público (BRASIL, 2010a, p. 8).

Quando os impactos do acidente de trabalho extrapolam os limites físicos e estruturais de responsabilidade da empresa, provocando danos humanos, sociais, culturais, econômicos e ambientais para além do espaço geográfico do empreendimento, tanto para os

¹¹https://www.ilo.org/brasil/convencoes/WCMS_236693/lang--pt/index.htm

trabalhadores quanto para a população atingida, de forma imediata, a médio e/ou longo prazo, teremos um acidente de trabalho ampliado (PINHEIRO; DA SILVA, 2019, p. 38).

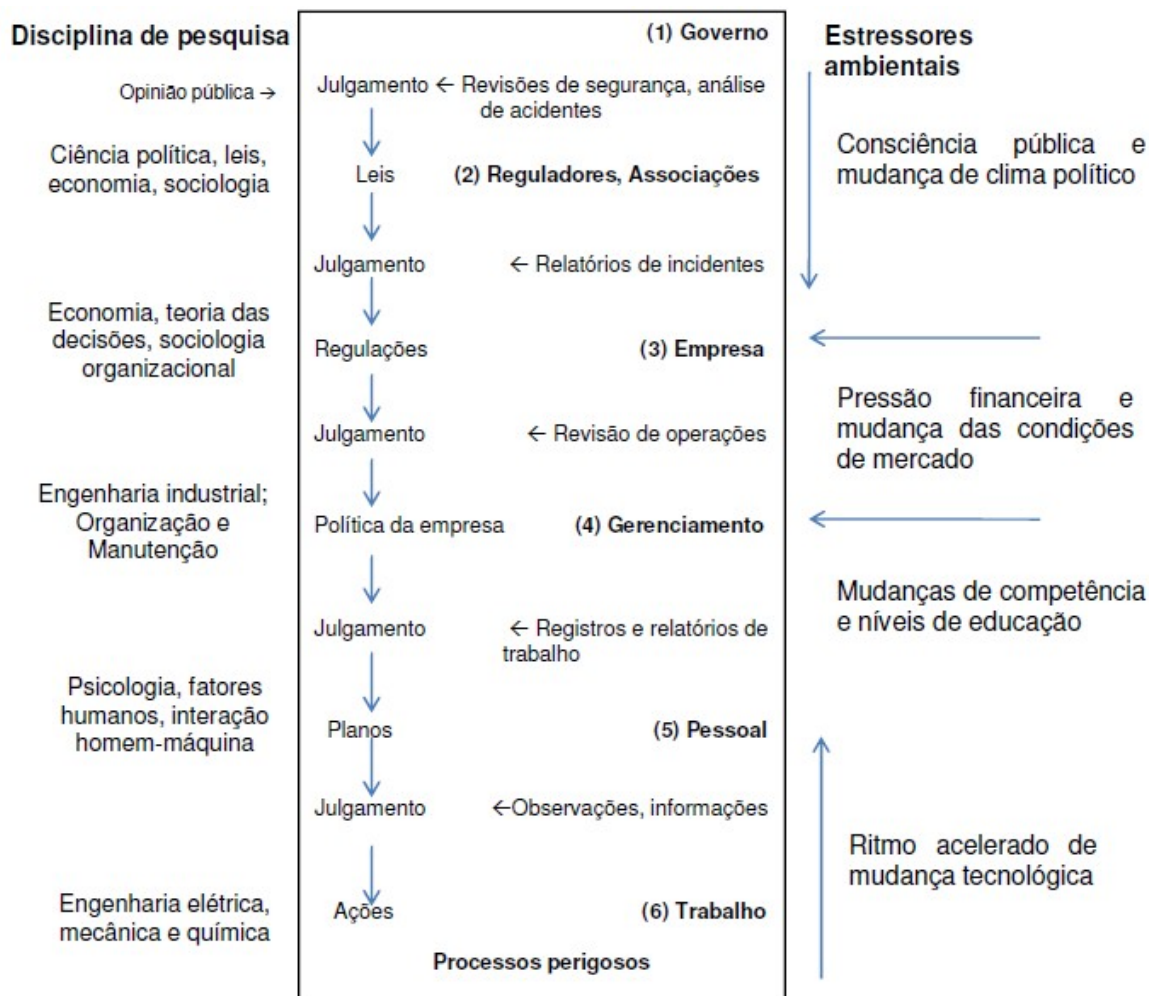
Um evento catastrófico envolvendo uma barragem de mineração pode ser enquadrado em qualquer uma das definições expostas acima. Nesta tese, o rompimento da B I em Brumadinho será tratado como um desastre industrial, pois o mesmo afetou toda a sociedade, em particular aqueles que viviam às margens do rio Paraopeba e seus afluentes, e levou à morte 270 pessoas, dentre eles 258 trabalhadores da VALE e de várias de suas prestadoras de serviço.

4.3 O sistema sociotécnico

Para fazer frente ao dinamismo da sociedade, as pesquisas de Rasmussen e Svedung (1997, p.184, tradução nossa) descreveram o sistema sociotécnico de fato envolvido no controle de segurança, representando o espaço problema, de baixo para cima, com várias disciplinas acadêmicas envolvidas em cada um dos vários níveis, conforme Figura 12.

No topo (1), a sociedade busca controlar a segurança por meio do sistema legal: a segurança tem alta prioridade, mas também o emprego e a balança comercial. A legislação torna explícitas as prioridades de metas conflitantes e define os limites de condições humanas aceitáveis. A pesquisa nesse nível está dentro do foco das ciências política e legal. Em seguida, estamos no nível (2) de autoridades e associações industriais, sindicatos de trabalhadores e outras organizações de interesse. Aqui, a legislação é interpretada e implantada em regras para controlar atividades em certos tipos de locais de trabalho, para certos tipos de trabalhadores. Este é o nível dos cientistas de gestão e sociólogos do trabalho. Para funcionar, as regras agora têm que ser interpretadas e implantadas no contexto de uma determinada empresa (3), considerando os processos e equipamentos aplicados. Novamente, muitos detalhes extraídos das condições locais e processos devem ser adicionados para tornar as regras operacionais (4) e, novas disciplinas envolvem agora psicólogos do trabalho e pesquisadores na interação homem-máquina (5). Finalmente, no nível inferior (6), encontramos as disciplinas de engenharia envolvidas no projeto dos processos e equipamentos produtivos e potencialmente perigosos e no desenvolvimento de procedimentos operacionais padrão para os estados operacionais relevantes, incluindo distúrbios das instalações (RASMUSSEN, 1997, p.184-185, tradução nossa).

Figura 12 - Níveis do sistema sociotécnico onde ocorrem decisões para controle dos processos perigosos



Fonte: Adaptado de Rasmussen e Svedung, 2000, p. 11, tradução nossa.

4.4 Métodos de investigação de acidentes

Hollnagel (2004) classifica modelos de acidentes em três categorias: modelo sequencial, epidemiológico e sistêmico. Os modelos preveem os princípios que podem explicar como os acidentes ocorrem, isto é, são as bases teóricas. Já os métodos descrevem como a investigação deve ser realizada na prática, com a finalidade de produzir uma explicação para o acidente, é o passo-a-passo da investigação, limitando as interpretações subjetivas.

Citaremos alguns métodos de investigação de acidentes de trabalho encontrados na literatura técnica, sem, contudo, esgotar o assunto. A intenção aqui é demonstrar os olhares de diferentes autores sobre a investigação de AT desde a década de 30.

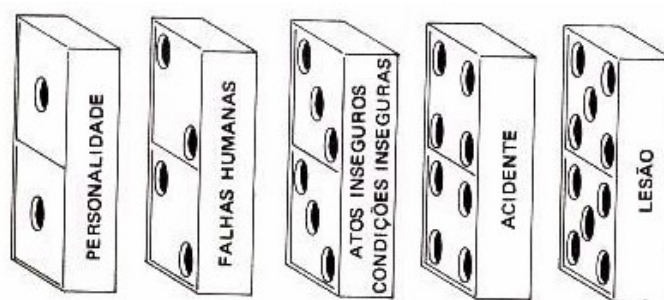
4.4.1 Métodos baseados no modelo sequencial

No modelo sequencial assume-se a ideia que um evento indesejado, conhecido como causa raiz, inicia a sequência de eventos que leva ao acidente e que a relação causa-efeito entre os eventos é linear e determinística.

O modelo sequencial é bem caracterizado pela teoria do dominó, de Herberth Willian Heinrich, na década de 30. Segundo Heinrich, o acidente é o último evento de uma sequência linear, representada por série de cinco pedras de dominó, posicionadas de tal maneira que a queda de uma desencadeia a queda das demais a sua frente, conforme Figura 13. A terceira pedra é a que se refere aos atos e às condições inseguras (HEINRICH¹², 1959, apud ALMEIDA, 2000, p. 4-5).

Segundo essa teoria, os acidentes são eventos simples, com origens em uma ou poucas causas, privilegiando as falhas dos operadores ou intervenções em que ocorre desrespeito à norma ou à prescrição de segurança (VILELA; IGUTI; ALMEIDA, 2004, p. 571).

Figura 13 - Cinco pedras do dominó apontadas na teoria de Heinrich



Fonte: Segurança do trabalho NWN, 2020.

As investigações de acidente de trabalho, baseadas na concepção dicotômica de atos inseguros e condições inseguras, frequentemente, desembocam na atribuição de culpa à vítima e recomendam medidas de prevenção orientadas para mudanças de comportamento dos trabalhadores (BINDER; ALMEIDA, 1997, p. 751).

Os métodos Árvore de Falhas e Árvore de Causas estão associados ao modelo sequencial de investigação de acidentes (GONÇALVES FILHO, 2017, p. 160-161).

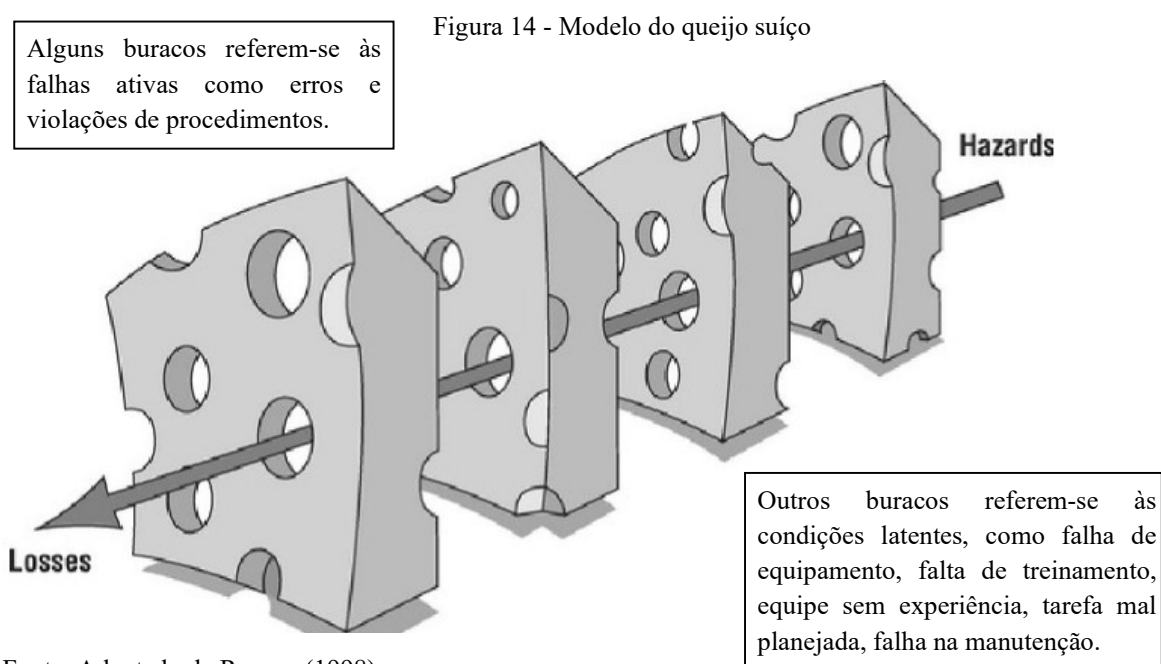
¹²HEINRICH, H. W. **Industrial Accident Prevention**. A Scientific Approach. New York: McGraw-Hill Book Company, 1959.

4.4.2 Métodos baseados no modelo epidemiológico

No modelo epidemiológico, o acidente é uma combinação de fatores latentes e causas ativas dentro do sistema sociotécnico. Como o nome indica, o modelo faz uma analogia do acidente com uma doença que se espalha no corpo do sistema.

O modelo do queijo-suíço desenvolvido por Reason (1998) retrata bem o modelo epidemiológico. Nele os queijos representam as defesas do sistema e os seus buracos representam as falhas latentes e as falhas ativas. Quando os buracos estão alinhados, as barreiras do sistema são ultrapassadas e os acidentes acontecem (Figura 14).

Os métodos de investigação WAIT (Técnicas de Investigação de Acidentes de Trabalho), HSE (Investigando Acidente e Incidente) e TRIPOD são baseados no modelo epidemiológico (GONÇALVES FILHO, 2017, p. 162-163).



4.4.3 Métodos baseados no modelo sistêmico

Os modelos sistêmicos consideram o sistema como um todo e descrevem o acidente como resultante de uma relação descontrolada de suas partes constituintes. Esses modelos surgiram no fim dos anos 90 e refletiram o aumento de complexidade dos sistemas sociotécnicos que apresentavam uma diversidade de fatores contribuintes para um acidente. Tais fatores estão presentes em diferentes níveis do sistema e existe uma complexa interação entre eles. Fatores externos como o político, o econômico, o financeiro e o tecnológico

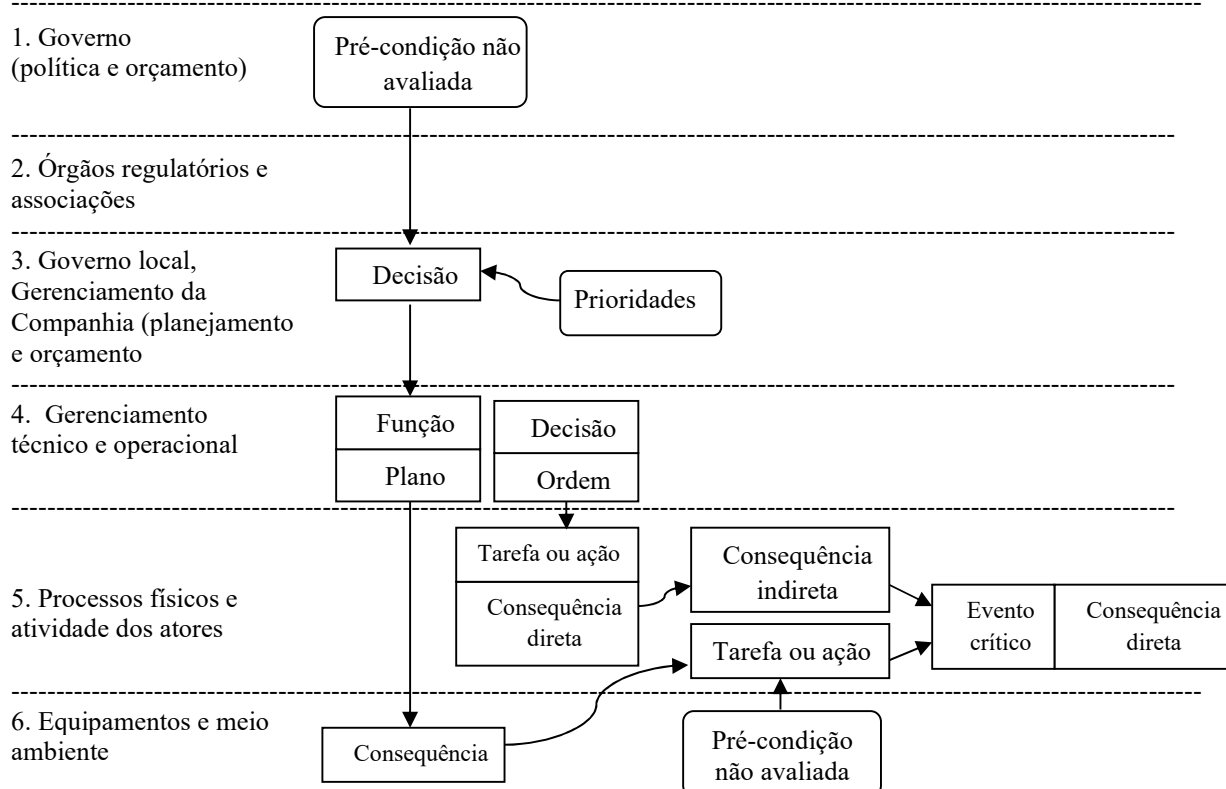
também contribuem para o acidente (BRANDFORD¹³, 2011 apud GONÇALVES FILHO, 2017, p. 159). Podem ser citados como métodos baseados no modelo sistêmico o AcciMap - Accident Map (RASMUSSEN; SVEDUNG, 2000; 2002) e o MAPA - Modelo de Análise e Prevenção de Acidentes (ALMEIDA; VILELA, 2010), ambos detalhados a seguir, o FRAM - Functional Resonance Analysis Method (HOLLNAGEL, 2004) e o CAST - Causal Analysis based on System Theory (LEVENSON, 2011).

4.4.3.1 AcciMap (Mapa de um Acidente)

Para auxiliar na tarefa de análise de acidentes sistêmicos, Rasmussen e Svedung desenvolveram o método AcciMap no final dos anos 90 (RASMUSSEN, 1997; RASMUSSEN; SVEDUNG, 2000). No mapa do acidente, eventos e condições se interagem dentro dos vários níveis do sistema sociotécnico para resultar em um acidente (Figura 15).

Figura 15 - Eventos e condições que resultam em acidente dentro do sistema sociotécnico

Nível do sistema sociotécnico



Fonte: Adaptado de Rasmussen e Svedung, 2000, p. 21, tradução nossa.

¹³BRANDFORD, K. Seeing the big picture of mishaps: applying the Accimap approach to analyze system accidents. *Aviation Psychology and Applied Human Factors*, Göttingen, v. 1. n.1, p. 31-37, 2011.

Citamos a seguir os eventos e as condições que podem constar de cada um dos níveis do mapa, partindo da base (6) até o topo (1) (RASMUSSEN; SVEDUNG, 2000; BRANFORD; NAIKAR; HOPKINS, 2009, p. 197):

6. Equipamentos e meio ambiente: Representa a topografia da cena do acidente: a configuração e características físicas da paisagem, construções, equipamentos, ferramentas, veículos, etc. encontrados no local e envolvidos no acidente.
5. Processo físico e atividade dos atores: São representadas a sequência física dos eventos, inclusive as falhas técnicas, e as condições do meio ambiente físico que foram necessárias para dar sentido a essa sequência. Também são citados violações, ações e erros humanos, falsas percepções, mal entendidos, perda da consciência da situação, além da condição física dos atores, como fadiga, intoxicação, inconsciência, adocimento.
4. Gerenciamento técnico e operacional: Trata de questões referentes ao gerenciamento de atividades técnicas, como operação e manutenção das instalações.
3. Governo local, Gerenciamento da Companhia - planejamento e orçamento: Questões organizacionais da empresa, como orçamento, alocação de recursos, fluxo de informações, cultura, gerenciamento de risco, recursos humanos, auditoria e treinamento, e a atuação dos órgãos de governo local são abordadas.
2. Órgãos regulatórios e Associações: Pode envolver a atuação de órgãos de fiscalização e a participação de sindicatos e de associações, sejam de empregadores ou de empregados.
1. Governo - política e orçamento: Aborda questões administrativas governamentais e de legislação.

Para Rasmussen (1997, p. 1, tradução nossa), o sistema sociotécnico envolvido na gestão de riscos inclui vários níveis, desde legisladores, passando por gerentes e planejadores de trabalho, até chegar aos operadores do sistema. Ele é forçado por um ritmo acelerado de mudanças tecnológicas, por um ambiente agressivo e competitivo, pela mudança de práticas regulatórias e pela pressão pública.

4.4.3.2 O MAPA

No Brasil, o Modelo de Análise e Prevenção de Acidentes - MAPA foi um produto de pesquisadores e profissionais de Segurança e Saúde no Trabalho (SST) desenvolvido no contexto de um projeto de pesquisa em política pública entre 2007 e 2009 (ALMEIDA; VILELA, 2010; ALMEIDA *et al.*, 2014). O método integrou um conjunto de conceitos já utilizados na análise de acidentes com forte influência da Análise Ergonômica do Trabalho, Análise de Mudanças e Análise de Barreiras. O MAPA diferencia-se de outros por ter como ponto de partida o entendimento do trabalho real (*work as done*) versus o trabalho prescrito (*work as imagined*).

Após oficinas de trabalho realizadas em 2016 e 2017, os desenvolvedores do MAPA decidiram por ampliar o alcance do método, designando-o, então, como MAPA Expandido - MAPA^{EX} (BELTRÁN-HURTADO *et al.*, 2020).

O MAPA^{EX} entende que os acidentes ocorrem em quatro dimensões: sistêmica, temporal, social e de agência transformadora. A grande diferença do método expandido é que nele os investigadores transformam-se em facilitadores e os trabalhadores são considerados como autores da análise e da construção de soluções na prevenção de acidentes. A aprendizagem baseia-se no método da dupla estimulação quando os facilitadores instigam os participantes a buscar as origens sistêmicas e históricas do evento, fornecendo conceitos e ferramentas que são dominados pelos sujeitos. Espera-se alcançar a compreensão do evento como resultado do constrangimento dos atores locais e como eles conduzem suas ações de acordo com crises, dilemas e conflitos (*op. cit.*, 2020).

4.5 Acidentes sistêmicos

Acidente é sinal da ocorrência de uma disfunção em um sistema sociotécnico aberto. As instalações, equipamentos, ferramentas, matérias-primas e fontes de energia são componentes técnicos escolhidos pelos proprietários e chefias do empreendimento. Esses componentes sofrem influência (e influenciam) dos objetivos de produção, da situação de mercado, da legislação vigente, de relações sociais estabelecidas entre empregados, seus organismos de representação e empregadores e de relações entre empregadores e organismos sociais de defesa de direitos sociais e individuais (ALMEIDA, 2000).

Como apontou Llory (1999, p. 156) alguns acidentes nunca acabam, pois a análise não é completa, abrangente, não se consegue cercá-la e concluí-la. A compreensão de um acidente exige uma enormidade de fatos, acontecimentos, fenômenos, conhecimentos que nem sempre se relacionam todos com o domínio técnico, material, com o mundo da racionalidade objetiva e instrumental. Destaca Llory (*op. cit.*, p. 185) que:

Sem dúvida, é preciso recuar bastante no tempo para compreender o acidente, e não o explicar apenas pelos mecanismos fatais imediatos. É necessário examinar as causas indiretas, subjacentes, que não são logo visíveis. Conviria, portanto, que nos entregássemos mais uma vez a um trabalho de médico clínico, de analista do funcionamento das organizações [...].

Os acidentes com as usinas nucleares Three Mile Island - TMI (1979), Chernobyl (1986) e Fukushima (2011), com os ônibus espaciais Challenger (1986) e Columbia (2003), com as plataformas de petróleo Piper Alpha (1988) e Deepwater Horizon (2010), com a

Refinaria de petróleo Texas City (2005) e os acidentes químicos de Seveso (1976) e de Bhopal (1984) são exemplos clássicos de acidentes sistêmicos (LLORY; MONTMAYEUL, 2014; HOPKINS, 2022).

Para entender o acidente envolvendo o ônibus espacial Challenger em 1986, Vaughan estudou a complexa estrutura da NASA e todos os percalços da espaçonave do projeto até a sua explosão. Os engenheiros reconheciam os sinais de potencial perigo, tornaram oficial o risco, normalizaram o desvio (aceitação do risco) e lançaram inúmeros voos (VAUGHAN, 2016, p. 65, tradução nossa). Para explicar a normalização de desvio, Vaughan teve de se debruçar sobre três fatores dentro do centro espacial Marshall: a produção de uma cultura de grupo, a cultura da produção e o segredo estrutural (op. cit., p. 65).

Para Le Coze (2016, p. 18) os resultados de um acidente sistêmico mostram uma rede de interações entre dimensões técnicas, organizacionais, sociais, culturais, econômicas, jurídicas e políticas. A compreensão das causas sistêmicas de um acidente pode ser alcançada através de uma análise organizacional do evento ou a partir da compreensão das contradições em um sistema ou rede de atividade (ENGESTRÖM, 1987; YOON *et al.*, 2016).

Reason (1997, p. 16) definiu fatores organizacionais como decisões estratégicas, processos organizacionais genéricos – previsão, orçamento, alocação de recursos, planejamento, programação, comunicação, gerenciamento, auditoria, tomados dentro de determinada empresa. Segundo o autor, tais processos são delineados em face da cultura corporativa da empresa por meio da qual a organização conduz seus negócios.

4.6 Sistema de atividade

Baseado na Teoria Cultural e Histórica da Atividade (TAHC), Engeström (1987)¹⁴ desenvolveu a representação do sistema de atividade humana, conforme Figura 16.

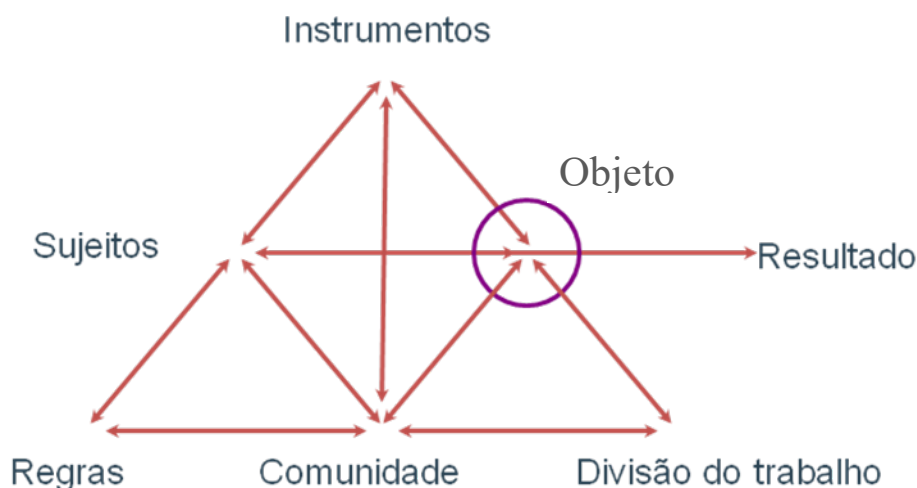
Sistema de atividade (SA) é aquele que representa as relações múltiplas de mediação cultural da atividade humana. Os sujeitos da atividade utilizam-se de instrumentos intelectuais e práticos, regras e a divisão do trabalho para interagir com o objeto da atividade e com outros membros da atividade que trabalham com esse objeto. O objeto define a atividade, pode ser material ou um ideal, presente na percepção ou existente apenas na imaginação ou no pensamento (LEONTIEV¹⁵, 1978, p. 62, apud VIRKKUNEN; NEWNHAM, 2015, p. 88). O

¹⁴ENGESTRÖM, Y. *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit, 1987.

¹⁵LEONTIEV, A. N. *Activity, consciousness and personality*. Engewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1978.

objeto de uma atividade é a sua motivação social verdadeira, que lhe dá uma direção determinada (op. cit., p. 92). Porém, o objeto e a motivação da atividade não determinam diretamente as ações dos indivíduos, em razão da divisão do trabalho entre os indivíduos participantes (vértice inferior direito da Figura 16). A posição do indivíduo na divisão de trabalho da atividade conjunta determina os tipos de ação que ele deve fazer no âmbito dessa atividade.

Figura 16 - Representação do sistema de atividade humana



Fonte: Adaptado de Virkkunen e Newnham, 2015, p. 89.

A análise da atividade concentra-se nas mudanças históricas que ocorreram no objeto e em outros elementos do SA, levando em consideração as mudanças resultantes no modo de mediação das relações de interação do SA (VIRKKUNEN; NEWNHAM, 2015, p. 94).

Uma análise histórica das mudanças ocorridas na estrutura da atividade e uma análise empírica atual acerca das ações cotidianas dos profissionais e de sua coordenação permitem identificar as contradições internas no SA. Contradições não são problemas ou conflitos, são tensões estruturais historicamente acumulativas nos SAs e entre eles (ENGESTRÖM, 2001a, p. 137). Elas manifestam-se como perturbações, rupturas e desperdícios no processo mediante o qual se realiza a atividade, bem como conflitos e discordância entre indivíduos (ENGESTRÖM; SANNINO¹⁶, 2011 apud VIRKKUNEN; NEWNHAM, 2015, p. 115).

Dentro do SA, pode haver contradição primária em cada componente constituinte da atividade, isto é, uma contradição entre o valor de troca e o valor do uso desses componentes. Também pode haver uma contradição secundária entre os vários elementos do SA, isto é, os elementos são incompatíveis e estabelecem exigências contraditórias para ações dos sujeitos

¹⁶ENGESTROM, Y.; SANNINO, A. **Volition and agency in organizations: an activity-theoretical perspective.** Conference of Association International de Management Strategies AIMS, Nantes, France, June 9, 2011.

no sistema. Por exemplo, pode haver uma contradição secundária entre o objeto e as regras atuais, ou de algo que não pode ser obtido com as ferramentas atuais. Superar contradições secundárias é possível com uma reconceituação expansiva do objeto e da motivação da atividade e a criação de novas ferramentas correspondentes e de outros elementos do SA. Trata-se da transformação expansiva do SA. A implementação prática de novos modelo e elementos na atividade conduz a contradições terciárias em todos os elementos do SA, contradições entre sua forma existente e as aplicações do novo modelo (VIRKKUNEN; NEWNHAM, 2015, p. 116).

A partir da TAHC (VILELA *et al.*, 2020, p. 46; BELTRÁN-HURTADO *et al.*, 2020, p. 290; LOPES *et al.*, 2020, p. 97) os acidentes são entendidos como manifestações de contradições dentro e entre sistemas de atividade. Analisando sistemas de atividade que tiveram como objeto a B I, poderemos apontar hipóteses de contradições que estariam incubadas historicamente e que podem ter levado ao rompimento da estrutura.

4.7 Referencial teórico para análise do evento

Alguns métodos de análise de AT levam pouco em conta o "aspecto do tempo", ou seja, a "história" não é explicitamente uma dimensão da investigação. Eles não vão muito "rio acima" na história; fazem perguntas que começam (quase) no momento da falha ativa, ou seja, voltam algumas etapas antes da falha ativa para definir a sequência de eventos que levaram ao acidente e/ou à detecção de algumas falhas latentes (DIEN; DECHY; GUILLAUME, 2012, p. 1400).

Dien, Dechy e Guillaume (op. cit., p. 1400) lembram que alguns métodos são principalmente estáticos e determinísticos, ou seja, eles pertencem ao paradigma "causa ↔ consequência" com mais ou menos ligações diretas entre causa(s) e consequência(s). Eles podem lidar mal com fenômenos complexos, circuitos de retroalimentação, fenômenos sobrepostos e adiamento de efeitos. Esses métodos, exceto para SOL, AcciMap ou STAMP, podem mal abordar questões interorganizacionais e suas influências sobre a deterioração da segurança.

Finalmente, os autores destacam que esses métodos não são concebidos para a detecção de alguns fenômenos culturais e sociológicos relacionados com a segurança, como também não são abordados temas como a "normalização do desvio" (VAUGHAN, 2016), os sinais fracos (VAUGHAN, 2016; LLORY, 1999), os disparadores de alertas, as questões de poder, os efeitos sobre falhas de comunicação dentro de uma organização complexa, o

equilíbrio entre as pressões de produção e a segurança (DIEN; DECHY; GUILLAUME, p. 1400). Aspectos como a produção de uma cultura de grupo, a cultura da produção e o segredo estrutural explicariam a normalização de desvios que aconteceu na NASA antes do acidente da Challenger (VAUGHAN, 2016).

Como vimos no item 4.1, alguns autores têm correlacionado grandes desastres ocorridos no século 21 às mudanças no processo produtivo inseridos no contexto da financeirização da economia global. A financeirização e seus impactos estariam incluídos no nível 3 do método AcciMap proposto por Rasmussen e Svedung (2000).

Entendendo a complexidade da investigação do rompimento da barragem em Brumadinho, que fatores causais fora do contexto organizacional podem ter contribuído para a ocorrência do acidente, como aqueles advindos da ação (ou omissão) de agentes políticos, de lacunas da legislação, de ausência ou insuficiência de fiscalização por órgãos públicos e da financeirização da empresa, além de que a utilização de um único método poderia restringi-la, esta pesquisa foi realizada dentro dos vários níveis do sistema sociotécnico proposto Rasmussen e Svedung (1997) e de acordo com a abordagem da análise organizacional da segurança trazida por Llory e Montmayeul (2014).

A análise organizacional da segurança explora três dimensões: a transversal, a vertical e a temporal histórica (LLORY; MONTMAYEUL, 2014, p. 92). Na dimensão transversal são verificadas as interações entre diferentes entidades dentro do sistema sociotécnico. Essas entidades podem pertencer a mesma empresa (setores, departamentos), podem ter relações contratuais (fornecedores, empresas terceirizadas, consultoras), podendo também manter relações regulamentares (órgãos de fiscalização). Para gerir o sistema sociotécnico, essas entidades devem se coordenar, se comunicar e manter cooperação (op. cit., p. 93). Podemos citar aqui os níveis 2, 3 e 4 do sistema de atividade proposto por Rasmussen e Svedung (2000), conforme figura 15.

Na dimensão vertical são verificadas: a comunicação entre os diferentes setores; as formas e os critérios de avaliação de desempenho; a coordenação transferida às unidades de base e aos próprios operadores; a resolução das contradições entre todas as normas e restrições que pesam sobre a atividade de trabalho e alteram os modos de cooperação entre as equipes e os operadores. É necessário checar se algumas disfunções provêm da ausência de tomada de decisão, ou pelo contrário, de instruções, de decisões tomadas em um nível mais alto, às vezes, no nível mais alto de todos, que se difundiram na organização e “caíram como

chuva fina” (VAUGHAN, 1997)¹⁷, sem que suas consequências tenham sido bem avaliadas (op. cit., p. 93-95). Aqui podem ser localizados os níveis 3, 4 e 5 do sistema de atividade proposto por Rasmussen e Svedung (2000).

Quanto à dimensão temporal, Llory e Montmayeul (op. cit., p. 96) invocam o conceito de período de incubação, que é o período no qual os acontecimentos não são percebidos como significativos ou não são compreendidos. Caracteriza-se o período de incubação (TURNER¹⁸, 1978 apud LLORY; MONTMAYEUL, 2014, p. 99) pela emergência de sintomas ou de sinais anunciadores de um possível acidente e que se pode classificar de maneira simples: sinais fracos e repetitivos, incidentes menores, mas frequentes, indo até a quase acidentes.

É bom esclarecer que o significado de sinal fraco apontado pelos autores é diferente daquele apontado por Vaughan (2016), pois ela define sinal fraco como aquele que é transportado por informação informal e/ou ambígua, de tal forma que o seu significado – e, portanto, a ameaça à segurança - não seja claro.

Duas abordagens são apontadas por Llory e Montmayeul na análise organizacional da segurança: abordagem clínica e a abordagem compreensiva (op. cit., p. 106). Na abordagem clínica são diagnosticadas as patologias ou vulnerabilidades e a solidez da organização. O diagnóstico é preparado ao longo da análise por um jogo de idas e vindas contínuas entre constatações, hipóteses e procura de novos dados.

Para a abordagem compreensiva é preciso entrevistar as pessoas, já que só elas podem nos dizer o que viveram no seu trabalho, de que maneira o viveram, a que atribuem suas dificuldades, o que elas sentiram e pensavam dele.

A análise organizacional da segurança requer a elaboração de uma descrição detalhada, não somente dos fatos, mas também dos elementos subjetivos e culturais, denominada descrição densa (GEERTZ¹⁹, 1998 apud LLORY; MONTMAYEUL, 2014, p. 114). Após essa etapa, procura-se fazer uma descrição depurada, extraíndo o sentido da análise, em particular as articulações entre fenômenos e fatores de influência e suas tendências de evolução. Pode-se dizer que o relato apurado dá a interpretação mais provável do contexto analisado (op. cit., p. 115).

Por fim, teremos o diagnóstico da análise, assim definida por Llory e Montmayeul:

¹⁷ Vaughan, D. The trickle-down effect: policy decisions, risky work, and the challenger tragedy. *California Management Review*, 39 (2), 80–102, 1997.

¹⁸TURNER, B. **Man-made disasters**. Wykeham Publications, 1978.

¹⁹GEERTZ, C. La description dense. *In: La description*, tome 1” revue Enquête, n. 6. Éditions Parentheses, 1998, p. 73-105.

Os diagnósticos concernentes à organização, suas falhas e disfunções, ou até mesmo as suas patologias [...] devem ser feitos colocando em perspectiva a variedade e a intensidade dos riscos que ameaçam o sistema sociotécnico, o público e o meio ambiente (op. cit., p. 120).

[...]

Diagnóstico: o estado dos locais, uma espécie de fotografia em um momento dado do sistema sociotécnico, colocando em evidência, entretanto, as dinâmicas da evolução da degradação ou das resistências à degradação e as correções, os esforços eventuais para o restabelecimento da segurança (op. cit., p. 36).

Adotaremos também nesta pesquisa o olhar da pesquisa etnográfica de Vaughan (2016) e Hopkins (2022). Ao longo do texto faremos uso de inúmeros termos utilizados por esses autores, como: normalização de desvios, crença e sinais fracos (Vaughan); visão em túnel, decisão por consenso e cultura dos silos (Hopkins). Esses termos serão explicados à medida do desenvolvimento do texto.

Por último, serão hipotetizadas contradições históricas, de acordo com a TAHC (VIRKUNNENN; NEWHMAN, 2015; VILELA *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020; BELTRÁN-HURTADO *et al.*, 2020) que poderiam ter contribuído para o evento catastrófico.

5 METODOLOGIA

Nesta seção informamos a estratégia metodológica adotada, os principais procedimentos que nortearam a pesquisa, as diversas fontes de informações e a maneira como os resultados são apresentados e interpretados. Por fim, abordamos as questões éticas.

5.1 Tipo de pesquisa

Na pesquisa qualitativa existem inúmeras estratégias de investigação: etnografia, teoria fundamentada, estudo de caso, pesquisa fenomenológica, narrativa, pesquisa ação (CRESWELL, 2010, p. 37).

Estudo de caso é uma estratégia de investigação em que o pesquisador explora profundamente um programa, um evento, uma atividade, um processo ou um ou mais indivíduos. Os casos são relacionados pelo tempo e pela atividade, e os pesquisadores coletam informações detalhadas usando vários procedimentos de coleta de dados durante um período de tempo prolongado (STAKE²⁰, 1995 apud CRESWELL, 2010, p.38).

Segundo Yin (2010, p.32), o estudo de caso é o preferido no exame dos eventos contemporâneos, com capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências – documentos, artefatos, entrevistas e observações. O caso pode ser um único indivíduo, mas também algum evento ou entidade. Os estudos de caso têm sido realizados sobre decisões, programas, processo de implementação e mudança organizacional. Também é desejável, para quase qualquer caso escolhido, o estabelecimento de limites específicos de tempo para definir o começo e o fim do caso (op. cit., p.51-53).

Considerando a amplitude do problema estudado, pois o rompimento de uma barragem de contenção de rejeitos envolve uma série de eventos que ocorreram ao longo da história do empreendimento mineral, inclusive sociais, esta pesquisa qualitativa foi concebida como um “Estudo de Caso “limitado ao desastre industrial ocorrido em Brumadinho, Minas Gerais, Brasil, em 25/01/2019, quando do rompimento da B I.

Da Matta (1987, p. 21) lembra que fatos sociais são irreprodutíveis e quase sempre fazem parte do passado. São eventos a rigor históricos e apresentados de modo descritivo e narrativo. Podem-se reconstruir algumas realidades (ou pedaços de realidade), mas jamais clamar que a reconstrução é a verdadeira, que foi capaz de incluir todos os fatos e que se pode

²⁰STAKE, R. E. The art of case study research. Thousand Oaks, CA: Sage, 1995.

compreender perfeitamente bem todo o processo em questão. Tal totalização é impossível, embora possa ser um alvo desejável para muitos cientistas sociais. A reconstrução sempre será parcial, pois depende de documentos, observações, sensibilidade e perspectivas.

Apesar desta pesquisa não ser etnográfica, é importante citar Clifford (2016, p. 60): "[...] escrita e leitura etnográficas são sobredeterminadas por forças que, em última instância, estão além do controle tanto dos autores quanto de comunidades interpretativas". Também observa o autor: "[...] não podemos mais saber toda a verdade, ou mesmo pretender nos aproximar dela". Pode-se falar que tais observações também se aplicam ao estudo do caso Brumadinho.

Esta pesquisa vai muito além do manejo específico de métodos, pois envolve a relação entre o fenômeno observado e o pesquisador. Este pesquisador vem, desde sua participação na análise do acidente com a BRF em Mariana (BRASIL, 2016a), estudando estruturas de contenção de rejeitos na mineração, ativas ou não, construídas por métodos diferentes, participando de audiências judiciais, extrajudiciais ou públicas, seminários e cursos, além de ministrar palestras sobre o tema. O pesquisador também participou da análise de acidente do trabalho em Brumadinho conduzida pela SRT/MG (BRASIL, 2019a) e de auditorias em barragens de mineração em outras empresas.

Não se tem a pretensão de apontar toda a realidade dos fatos que levaram à ruptura da B I dada a complexidade do evento. São apresentados como resultados aquilo que foi possível decifrar após a análise e interpretação de documentos, de mensagens eletrônicas, do conteúdo de depoimentos em comissões de investigação e de entrevistas com pessoas que de alguma forma estiveram ligados à gestão, à auditoria, à manutenção e à operação da B I. Contudo, traremos para a reflexão aquilo que não foi possível identificar.

Pretendemos construir conhecimento e como lembra Ingold (2016, p. 410):

Conhecimento não é construído a partir de fatos que simplesmente estão lá, esperando para serem descobertos e organizados de acordo com os conceitos e categorias que se tem. Pelo contrário, o conhecimento cresce e é nutrido através das relações com outras pessoas.

5.2 Procedimentos

São citados no Quadro 5 os principais procedimentos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, cada qual tentando responder às várias questões propostas ao final da seção Introdução.

Quadro 5 - Síntese dos principais procedimentos realizados durante a pesquisa

Procedimentos	Objetivos	Como?	Quanto tempo?
Pesquisa documental	Contemplar todas as perguntas.	Pesquisando documentos referentes à operação, à manutenção e ao monitoramento da barragem, à atuação da fiscalização federal e estadual, à auditoria externa, ao fluxo de comunicação, aos fenômenos físicos que levaram ao evento ruptura, às consequências do acidente.	De 05/04/2021 a 30/06/2022.
Análise de conteúdo de depoimentos	Contemplar as perguntas “d”, “e”, “f”, “g” e “h”.	Ouvindo as falas de pessoas que depuseram nas comissões de investigação da Câmara Federal, Senado Federal e ALMG.	De 10/09/2021 a 30/06/2022.
Análise documental	Contemplar todas as perguntas.	- Analisando os documentos citados acima. - Posicionando fatores causais identificados dentro dos vários níveis do sistema sociotécnico.	De 05/04/2021 a 30/06/2022.
Análise da legislação federal e estadual sobre barragens	Contemplar a pergunta "a".	- Verificando lacunas na legislação quanto à segurança de barragens. - Posicionando as lacunas dentro do nível do sistema sociotécnico pertinente.	De 05/04/2021 a 30/06/2022.
Entrevista		- Entrevistando empregados VALE, revisores da norma ABNT, servidor FEAM/GERIM, sindicalistas.	De 01/08/2022 a 30/10/2022.
Análise e interpretação de conteúdo das entrevistas	Contemplar as perguntas “b”, “i”, “l” e “m”.	- Transcrevendo as entrevistas. - Agrupando informações por categorias. - Empregando técnica análise do conteúdo.	De 01/08/2022 a 09/11/2022.

Notas: a) Existiram lacunas legislativas e/ou normativas nacionais quanto à segurança de barragens de contenção de rejeitos antes do acidente da B I? b) Os órgãos de fiscalização de barragens conseguiram desempenhar seu papel de forma satisfatória? c) A VALE aprendeu com as lições decorrentes do rompimento da Barragem de Rejeitos do Fundão em 2015? d) Ocorreram conflitos de interesse em relação à contratação de empresas de auditoria externa pela VALE? e) Os relatórios de auditoria externa contratada refletiam a verdadeira situação da B I? f) Qual a crença existente entre os engenheiros da VALE em relação à estabilidade física da B I? g) Por qual motivo a VALE demorou tanto a adotar medidas preventivas para aumentar o fator de segurança da B I? h) As informações sobre a situação da B I chegavam até que nível hierárquico da empresa? i) A comunicação entre níveis hierárquicos era eficaz? j) Houve preferência entre a distribuição de lucros aos acionistas e a remuneração de diretores em detrimento dos investimentos em barragens? l) Quais aspectos da cultura organizacional da VALE podem ter contribuído para o desastre industrial? m) Qual pode ter sido o gatilho para a liquefação da B I?

5.3 Fontes de informações

Foram utilizados nesta pesquisa como fontes de informações: relatórios produzidos por órgãos públicos técnicos; áudios, vídeos, transcrições e relatórios de comissões parlamentares de inquérito; documentos produzidos pela VALE e por suas empresas consultoras; leis e normas vigentes sobre segurança de barragens; entrevistas junto a empregados VALE, sindicalistas, prestador de serviços, revisores da norma ABNT NBR13028/2017; obras científicas sobre o tema barragens de rejeitos na mineração; pesquisas etnográficas realizadas na VALE; informações concedidas pela VALE.

5.3.1 Comissões Parlamentares de Inquérito

Hopkins (2006) aponta três formas de se conhecer a cultura organizacional de uma empresa: *surveys*, etnografia e inquéritos de maiores acidentes. Acidentes graves muitas vezes dão origem a inquéritos multimilionários que são uma fonte inestimável de informações sobre as culturas organizacionais e a forma como elas impactam na segurança. Os membros das comissões de inquérito podem questionar as pessoas envolvidas por horas, procurando coisas que poderiam ter passado despercebidas, explorando inconsistências e conflitos de provas. As atas são gravadas e milhares de páginas de transcrição são geradas. Isso representa muito mais material do que conseguiria um pesquisador individual envolvido. Como resultado, a transcrição pode fornecer ao pesquisador uma fonte de dados relativamente inexplorada, um conjunto pronto de transcrições de entrevistas que podem ser extraídos para *insights* sobre a cultura da organização. O material é muitas vezes tão rico e tão diverso que os pesquisadores que o leem ficam efetivamente imersos no mundo dessa organização sem nunca pisar nas suas instalações. Sua pesquisa equivale à etnografia de poltrona.

Para esta pesquisa foram pesquisados áudios, vídeos, transcrições e relatórios das comissões parlamentares de inquérito do Senado Federal (CPI-SF), Câmara dos Deputados Federais (CPIBruma) e Assembleia Legislativa de Minas Gerais (CPI-ALMG).

5.3.2 Relatórios técnicos de órgãos públicos

Foi realizada pesquisa nos relatórios produzidos por órgãos públicos que analisaram o acidente da B I, quais sejam: SRT/MG (BRASIL, 2019a), CGE/MG (2019) e Polícia Federal (2019). Também foi analisada a denúncia do Ministério Público Estadual de Minas

Gerais (MPMG) protocolizada na Vara da Justiça Estadual em Brumadinho em 2020. Os citados documentos estão disponíveis na WEB.

Cabe esclarecer que o laudo técnico produzido pela perícia técnica da Polícia Federal (PF) em 2019 é um relatório preliminar e que não apontou as causas profundas do desastre industrial. Notícias veiculadas pela imprensa deram conta de um relatório final produzido pela Polícia Federal que seria entregue em novembro de 2021 (PIMENTEL; GABRIEL, 2021). Contudo, tal relatório final não foi disponibilizado na WEB. O Superintendente Regional do Trabalho de Minas Gerais requereu através de ofício cópia do documento à Superintendência da PF em MG, ainda em 2021, mas não houve retorno quanto à solicitação.

Para a redação do item "Lições não aprendidas após Mariana", foi acessado o relatório de análise de acidente referente ao rompimento da BRF, em Mariana, elaborado pela SRT/MG (BRASIL, 2016a).

Foram verificados relatórios de gestão da autarquia ANM/DNPM e relatórios de auditoria do TCU em suas respectivas páginas eletrônicas. Realizou-se consulta eletrônica ao TCU sobre os valores em reais orçados, empenhados e executados para o DNPM entre 2009 e 2014, já que no relatório de auditoria operacional, processo TC 032.034/2015-6, p.41, apenas existia um gráfico de barras.

Os pleitos de gestores do ANM/DNPM aos seus superiores para que a autarquia fosse reestruturada foram obtidos através de consulta a ofícios e a estudos produzidos por esses. Para tal utilizou-se o conteúdo do documento n.º 1516815, com 1563 páginas, constante do processo eletrônico n.º 00475.005284/2019-62, Serviço Eletrônico de Informação (SEI) da ANM.

A manifestação dos servidores públicos do ANM/DNPM sobre as dificuldades enfrentadas para cumprirem suas tarefas também foi extraída do processo eletrônico n.º 00475.005284/2019-62, SEI/ANM, e dos processos administrativos n.º 48403.933863/2015-43 e 48403.932430/2016-51, que ainda se encontram em meio físico. O acesso aos dois últimos ocorreu após autorização do Gerente Regional da ANM/MG, Despacho n.º 141476, de 14/10/2021.

Ao pesquisador foi autorizada pela SRT/MG a utilização de todos os dados da fiscalização que resultou na produção do relatório de análise de acidente de trabalho envolvendo a B I (BRASIL, 2019a), produzido em 2019 por Auditores-Fiscais do Trabalho, dentre os quais destacamos: relatório de inspeção de segurança regular (RISR) de 2015 a 2019, revisão periódica da segurança de barragem (RPSB) de 2017 (emissão inicial), estudos de *Dam Break*, plano de ação emergencial de barragem de mineração (PAEBM), relatórios

contratados pela VALE junto a empresas de hidrologia, relatório de avaliação de risco de barragem, estudos para a descaracterização, simulados de rompimento de barragens.

5.3.3 Relatórios de investigação contratados pela VALE

Foram identificados na WEB dois relatórios contratados pela VALE, quais sejam:

- a) Sumário executivo do relatório da investigação independente, elaborado pelo “Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Apuração” (CIAEA), coordenado pela ministra aposentada do Supremo Tribunal Federal, Ellen Gracie;
- b) Relatório do “Painel de Especialistas sobre as Causas Técnicas do Rompimento da Barragem I do Feijão”, elaborado por Peter K. Robertson e mais três engenheiros.

5.3.4 Relatórios de auditoria da B I

Relatórios técnicos contratados pela VALE junto a empresas de auditoria e consultoria e utilizados na pesquisa foram obtidos através de consulta ao processo de análise de acidente de trabalho da SRT/MG (BRASIL, 2019a). Como esses documentos não estão disponíveis para consulta pública, eles serão citados nas notas de rodapé. Foram disponibilizados ao pesquisador 746 arquivos eletrônicos que totalizaram 4,90GB. O relatório das premissas adotadas para o projeto do dique inicial da B I, elaborado em 1975, estava no idioma alemão e recebeu tradução livre. Os projetos do 3º alteamento da B I foram disponibilizados em meio físico.

5.3.5 Relatório da Universidade da Catalunha

A VALE acordou com o MPF a contratação de um relatório técnico que contivesse análises computacionais especializadas para esclarecer as causas da falha da B I.

O Centro Internacional de Métodos Numéricos em Engenharia da Universidade Politécnica da Catalunha da Espanha (CIMNE) foi indicado pelo MPF e contratado pela VALE para realizar as análises. O relatório que foi apresentado pelo CIMNE em agosto de 2021, no idioma inglês, possui 561 páginas e conteúdo de 40 MB. O resumo executivo do relatório foi apresentado em português e possui 5 páginas. Foi produzido também um relatório técnico complementar por GEOPHI Engenharia (2021), com 11 páginas, que atestou o relatório do CIMNE.

5.3.6 Literatura científica

Inúmeros artigos científicos que abordam o tema rompimento e segurança de barragens na mineração foram utilizados, sendo realizada busca na base de dados Scielo e no portal de periódicos da CAPES com dos descritores: barragem de rejeitos, liquefação, rompimento de barragem, financeirização. Também fizemos uso de livros sobre segurança de barragens e geotecnia, além de teses ou dissertações acadêmicas quando da abordagem de assuntos técnicos.

5.3.7 Pesquisas etnográficas

Duas pesquisas etnográficas nos ajudaram na compreensão da realidade enfrentada por trabalhadores da VALE. A primeira foi a obra de Minayo (2004), que abordou o dia a dia da VALE, desde a criação, passando pela privatização, até chegar em 2002. A segunda foi o livro de Aguiar (2022), que nos trouxe uma visão mais atual da companhia e nos aproximou da realidade vivida por trabalhadores no Brasil e no Canadá.

Outra obra que nos trouxe relatos importantes, momentos antes e após o desastre industrial, foi aquela redigida por Arbex (2022).

5.3.8 Leis e normas

A legislação federal referente à segurança de barragens foi obtida no site eletrônico da ANM e do Ministério do Trabalho. A legislação estadual sobre o tema foi verificada no site da SEMAD. A norma ABNT NBR13028, que versa sobre projetos de barragens na mineração, foi obtida através de acesso ao site eletrônico da ABNT. O primeiro e o segundo projetos de revisão da ABNT NBR 13028 de 2017 foram cedidos pela própria ABNT após requerimento do pesquisador. Normas internacionais foram consultadas através do acesso à WEB.

5.3.9 As entrevistas

Foram realizadas entrevistas compreensivas junto a oito empregados da VALE que estiveram envolvidos de alguma forma com a gestão, a operação e a manutenção de instalações em minas da VALE. Também foram entrevistadas duas pessoas que contribuíram com a revisão da norma técnica ABNT NBR 13028 de 2017, três representantes de diferentes sindicatos de trabalhadores, um prestador de serviços da VALE e um servidor público da GERIM/FEAM.

Os engenheiros, geólogo, gerentes e diretores que tiveram envolvimento direto com a B I já foram desligados da empresa. Tentamos entrevistar um ex-engenheiro, mas ele não aceitou nosso convite alegando ter sido orientado por seu advogado em razão do processo criminal em curso contra a VALE, seus diretores e empregados. Com exceção desse engenheiro, as demais pessoas que têm relação com a VALE e foram denunciadas pelo MPMG são assessoradas por advogado pago pela própria empresa.

Entrevista compreensiva é uma técnica qualitativa de recolha de dados que articula formas tradicionais de entrevista semidiretiva com técnicas de entrevista de natureza mais etnográfica. Com esse tipo de entrevista procura-se um discurso mais narrativo que informativo, resultado da intersubjetividade que se desenrola entre entrevistado e entrevistador. O resultado esperado é uma composição (social e discursiva) a duas vozes, em diálogo recíproco a partir das posições dos dois participantes, dando lugar a um campo de possibilidade de improvisação substancialmente alargado, quer nas questões levantadas, quer nas respostas dadas (FERREIRA, 2014).

O uso da entrevista compreensiva mostrou-se adequado, já que a fala dos entrevistados é reveladora de sistemas de valores, crenças, normas, isto é, da cultura vigente na organização. A entrevista iniciava-se com algumas perguntas norteadoras, mas a conversa ia fluindo de acordo com as respostas dos entrevistados.

As entrevistas foram gravadas e as falas aparecem no texto sem edições. Os empregados da VALE entrevistados são identificados no texto através da sigla EMP., seguido por um número, por exemplo, EMP. 1. O mesmo ocorre com o prestador de serviços (PREST.), com os revisores da norma ABNT NBR13028 (REV.), com os sindicalistas (SIND.) e com o servidor da GERIM/FEAM (SERV.). As entrevistas ocorreram nas residências ou escritórios de trabalho das pessoas, ou em ambientes neutros, nos municípios de Belo Horizonte, Brumadinho, Itabira e Sarzedo.

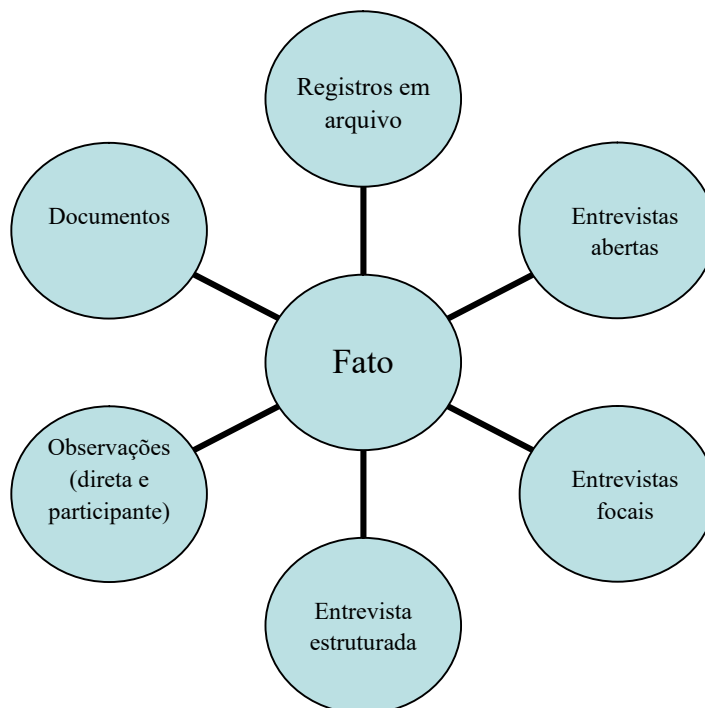
5.4 Apresentação e interpretação dos resultados

Conforme expõe Victora (2011), a interpretação deve ultrapassar a identificação e exposição dos dados. Ela implica propor explicações com responsabilidade e comprometimento com os pesquisados e com a divulgação dos resultados.

Foi realizada, sempre que possível, a triangulação de dados. Segundo Yin (2010, p. 143), "O uso de múltiplas fontes de evidência nos estudos de caso permite que o investigador aborde uma variação maior de aspectos históricos e comportamentais. São desenvolvidas linhas de convergência, um processo de triangulação [...]".

Com a triangulação dos dados (Figura 17), os problemas potenciais de validade do constructo também podem ser abordados, porque as múltiplas fontes de evidência proporcionam várias avaliações do mesmo fenômeno (YIN, 2010, p. 144). Como exemplo, foi realizada a triangulação de informações constantes de documentos, de entrevistas realizadas pelo pesquisador e de depoimentos dados em comissões parlamentares de investigação.

Figura 17 - Convergência de evidências, a triangulação de dados



Fonte: Adaptado de Yin, 2010, p. 144.

As entrevistas com empregados VALE contemplaram determinado contexto, isto é, um ambiente de significado, dentro do qual os eventos ocorreram. Os entrevistados trabalharam em épocas diversas dentro da empresa e exerceram, durante alguns anos, suas

atividades dentro da mina do Córrego do Feijão, onde se encontrava a B I. Com a coleta dos fatos e a realização das entrevistas, contemplamos a etapa da análise organizacional da segurança denominada por Llory e Montmayeul (2014) como descrição densa.

Após a descrição densa, faremos uma descrição apurada, isto é, a interpretação mais provável do contexto analisado (LLORY; MONTMAYEUL, 2014, p. 115). Por fim, chegamos à etapa do diagnóstico, isto é, os diagnósticos referentes à organização, suas falhas e disfunções, descrevendo a variedade e a intensidade dos riscos que ameaçaram o sistema sociotécnico, o público e o meio ambiente (op. cit., p. 120).

Os dados coletados são apresentados na forma textual e/ou mediante figuras, quadros e tabelas, inclusive o conteúdo de e-mails e das mensagens de *WhatsApp* trocadas entre empregados e contratados da VALE. Os depoimentos coletados nas comissões de investigação são apresentados na forma textual e contornados por uma borda.

A ficha de metadados da presente pesquisa está disponível no repositório da USP.

5.5 Questões éticas

Segundo Gray (2012, p. 60-64), a ética da pesquisa está relacionada à adequação do comportamento do pesquisador em relação aos sujeitos da pesquisa ou àqueles que são afetados por ela. Potencialmente, o autor entende que qualquer pesquisa que envolva a coleta de dados ou contato com populações humanas diz respeito a considerações éticas.

O presente trabalho de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da USP, registrado sob n.º 54147321.0.0000.5421, com parecer de aprovação sob o n.º 5.273.608, conforme apresentado no Anexo II.

A entrevista compreensiva foi concedida mediante concordância do entrevistado com o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), conforme apêndice III. O entrevistado foi informado no início da entrevista sobre esse termo e, ao fim da mesma, foi colhida a sua assinatura.

Apesar dos entrevistados expressarem suas visões e suas opiniões sobre questões relacionadas ao seu trabalho e ao acidente envolvendo a B I, incluindo críticas à organização e sua administração, a pesquisa envolveu risco mínimo aos participantes. Os resultados são divulgados de forma coletiva, não havendo possibilidade de identificação de qualquer indivíduo do grupo.

As entrevistas foram gravadas com a permissão dos entrevistados. Duas entrevistas foram realizadas on-line através da plataforma *Google Meet*. Uma entrevista foi realizada

fazendo uso do *WhatsApp* e as demais ocorreram de forma presencial, sendo utilizado aparelho celular para a gravação.

Foi requisitada junto ao Superintendente Regional do Trabalho em Minas Gerais autorização para a utilização dos dados dos relatórios de análise de acidente referentes ao rompimento da BRF, em Mariana (BRASIL, 2016a) e da B I, em Brumadinho (BRASIL, 2019a), além de informações sobre outras fiscalizações que ocorreram em barragens da VALE a partir de 2019. O Anexo I apresenta o despacho do Superintendente Regional do Trabalho em Minas Gerais autorizando a pesquisa.

Os documentos utilizados para a coleta de dados da pesquisa ficaram inacessíveis a qualquer pessoa, com exceção do pesquisador e de seu orientador.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Começamos com uma visão geral da empresa VALE e uma descrição breve do caso. Seguimos relatando os principais eventos ocorridos ao longo da história da B I.

Na sequência, apresentamos os fatores que podem ter contribuído com o rompimento da B I de acordo com os seis níveis do sistema sociotécnico (RASMUSSEN; SVEDUNG, 2000, p. 21), começando do nível inferior (equipamentos e meio ambiente) até o nível superior (fatores governamentais/legislação).

À medida que nossos resultados são apresentados, ocorrem as discussões à luz dos resultados apresentados por outros pesquisadores, seguidas da nossa interpretação sobre o assunto abordado.

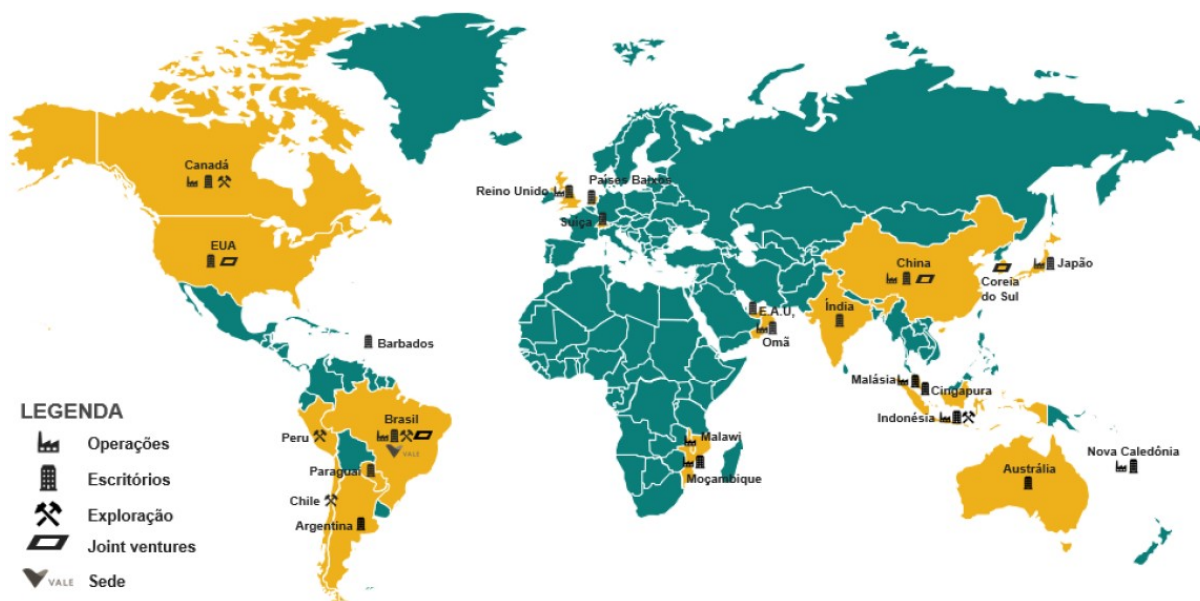
6.1 A VALE

A mineradora foi criada em 1942 como uma empresa estatal no município de Itabira, Minas Gerais, e sua razão social era Companhia Vale do Rio Doce (CVRD). À época, Itabira possuía somente 11.942 habitantes (MINAYO, 2004, p. 50). Nasceu no contexto da Segunda Guerra Mundial, por meio de acordo firmado entre os EUA, Inglaterra e Brasil (op. cit., p. 57).

Em 1997, quando da administração do presidente Fernando Henrique Cardoso, a empresa estatal foi privatizada por apenas R\$ 3,4 bi num período de paridade entre o real e o dólar americano. Esse valor foi subavaliado, pois não foram incorporados valores referentes ao conjunto de empresas do grupo e às reservas minerais (GODEIRO, 2007). Em 2001, o grupo VALE, que incluía empresas controladas e aquelas nas quais tinha participação, exportou US\$ 3,297 bi, tendo obtido o primeiro lugar entre as empresas exportadoras do Brasil, ficando acima da Embraer e da Petrobrás (op. cit., p. 64).

Em 2019, já atuando em mais de 20 países nos cinco continentes, a VALE exercia a liderança no mercado global em minério de ferro (Figura 18). A empresa encerrou 2019 com 149,3 mil trabalhadores, sendo 75,6% alocados no Brasil. Existiam ainda unidades produtivas no Chile, Canadá, Reino Unido, China, Japão, Nova Caledônia, Malawi, Malásia, Moçambique e Omã (VALE, 2020d). A empresa ainda possuía escritórios nos EUA, Argentina, Suíça, Índia, Singapura, Austrália e Emirados Árabes.

Figura 18 - Atuação mundial da VALE em 2019



Fonte: VALE, 2020a.

A empresa opera no Brasil amplo sistema de logística, incluindo ferrovias, terminais marítimos e portos, para escoar sua produção minerária. Dispõe de centros de distribuição para apoiar a entrega de minério de ferro ao redor do mundo (VALE, 2022e).

Além do minério de ferro, a VALE produz, no Brasil e no mundo, níquel, manganês, cobre, níquel, cobalto, platina, ouro e carvão mineral, além das pelotas de minério de ferro (VALE, 2019a, 2020a, 2021b, 2022b).

A produção de minério de ferro no Brasil, o lucro operacional líquido e o preço médio do minério de ferrosos nos últimos anos ocorreram conforme Tabela 1. No ano de 2021, a produção e as vendas de finos de minério de ferro e pelotas de minério de ferro diminuíram, principalmente, como resultado da suspensão das operações após o rompimento da B I e da sazonalidade climática mais forte do que o normal (VALE, 2022b). Mas apesar da menor produção em 2021, a receita operacional líquida foi maior em virtude da majoração do valor da tonelada de minério de ferro no mercado internacional.

Tabela 1 - Produção de minério de ferro, valor por tonelada e receita operacional líquida da VALE (2018-2021)

Ano	Produção minério de ferro (Mt)	Valor tonelada minério de ferro (US\$)	Receita operacional líquida (US\$ mi)
2018	384,60	66,40	36.575
2019	302,00	78,10	37.570
2020	300,40	107,42	40.018
2021	275,46	140,50	54.502

Fonte: VALE, 2019a, 2020a, 2021b, 2022b.

Em 31 de março de 2022, a VALE operava 103 barragens de mineração no país, sendo que 73 estruturas (65 estruturas nas operações de minerais ferrosos e 8 em operações de metais básicos) tiveram DCE emitidas (VALE, 2022b, p. 18).

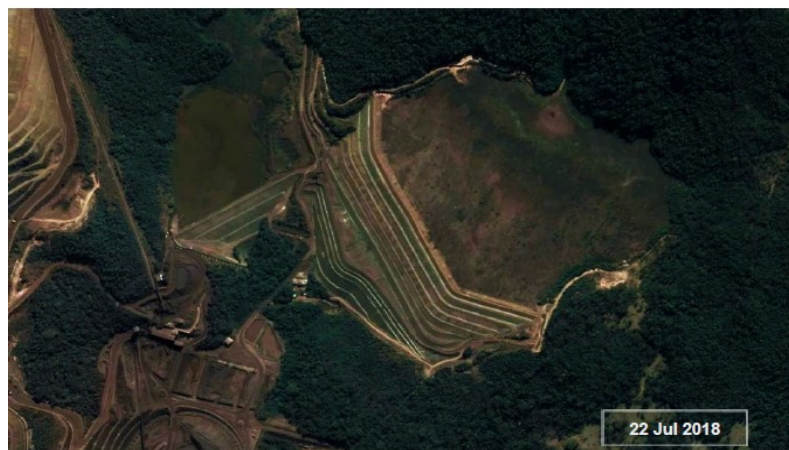
A empresa também opera barragens de rejeitos no Canadá, incluindo barragens compactadas a montante de casco externo, que não estão sendo descaracterizadas por enquanto. Em Moçambique, a única barragem de rejeitos não está mais ativa e um plano de fechamento está atualmente em fase conceitual. Na mina da Samarco, a *joint venture* VALE e BHP Billiton, existem duas barragens de rejeitos a montante, inativas e em conformidade com o projeto atualmente aprovado. A outra empresa do grupo, a Mineração Rio do Norte (MRN) possui 24 barragens de rejeitos (12 ativas), sendo que duas das inativas são alteadas a montante e têm planos de descaracterização em andamento (VALE, 2022b, p. 17).

6.2 O caso

No dia 25 de janeiro de 2019, às 12h28min, ocorreu o rompimento de uma das barragens VALE, a B I, que continha rejeitos de minério de ferro da mina do Córrego do Feijão, localizada no município de Brumadinho, a 60 quilômetros de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais.

A B I possuía, entre barramento e rejeitos armazenados, aproximadamente 11,6 Mm³ (Figura 19). Grande parte desse material desceu pelo vale do ribeirão Ferro-Carvão e no seu caminho encontrou as barragens de contenção de sedimentos B IV e B IV-A, que também se romperam. As Figuras 20, 21 e 22 retratam o local após o rompimento.

Figura 19 - Vista superior da barragem BI, Brumadinho, 2018



Fonte: Google Earth.

Figura 20 - Visão do local após o rompimento da barragem B I



Fonte: Adaptado de Brasil, 2019a.

Nota: A linha em vermelho tracejada aponta a posição aproximada da B I antes do rompimento.

Figura 21 - Sentido do deslocamento dos rejeitos pelo vale do ribeirão Ferro-Carvão



Fonte: Adaptado de Brasil, 2019a.

Nota: A seta vermelha tracejada aponta o sentido do deslocamento dos rejeitos de mineração.

Figura 22 - Visão superior da barragem B I após seu rompimento



Fonte: Google Earth.

6.3 Linha do tempo da B I

Iniciamos agora a análise da dimensão temporal histórica usando as bases conceituais de Llory e de Montmayeul (2014). A linha do tempo apresenta os eventos históricos referentes à B I (Quadro 6), começando com a aquisição da mina do Córrego do Feijão pela empresa alemã Ferteco Mineração (FERTECO) em 1973. O fim da história ocorreu com o rompimento da barragem em 25/01/2019. As várias etapas de construção da barragem são informadas de dois modos: o número real do alteamento (Figura 23) e o número adotado por auditores externos e pela própria VALE em seus relatórios, que aparecem dentro de parênteses.

Quadro 6 - Eventos históricos da barragem B I na mina do Córrego do Feijão

Mês/Ano	Evento
1973	FERTECO adquire a mina do Córrego do Feijão.
1975	FERTECO contrata o projeto da B I junto a empresa alemã Christoph Erb.
Jan./abr.1976	Construção do dique inicial da B I pela Emtel.
1982	Construção do 1º (2º, etapa 1) alteamento a montante pela TERCAM, projeto TECNOSAM.
1983	- Relato de surgências em carta da TECNOSOLO ²¹ . - FS de estabilidade física igual a 1.44 segundo Relatório do Projeto elaborado por TECNOSAM ²² . - Construção 2º alteamento (2º, etapa 2) a montante.
1984	Construção do 3º alteamento (2º, etapa 3) por linha de centro pela Construtora Sul Minas, projeto TECNOSAM.
1986	Construção do 4º (2º, etapa 4) alteamento a montante, projeto TECNOSAM.
1990	Construção do 5º (2º, etapa 5) alteamento a montante pela UNIENGE, projeto TECNOSAM.
1991	Construção do 6º (3º, etapa 1) alteamento a montante pela Construtora Sul Minas, projeto Riad Chammas.
1993	Construção do 7º (3º, etapa 2) alteamento a montante, projeto Riad Chammas.
1995	- Projeto do 8º (4º) alteamento elaborado pela TECNOSOLO. - FS de estabilidade física inferior a 1.3, o que motivou o recuo do eixo da barragem ²³ . - Construção do 8º (4º) alteamento a montante pela CMS.
1998	- Projeto do 9º (5º) alteamento pela TECNOSOLO. - TECNOSOLO aponta FS de 1.32 para o 9º alteamento, talude a jusante, em operação normal, linha piezométrica desfavorável, com ruptura limitado no platô da cota 900 ²⁴ . - Construção do 9º (5º) alteamento a montante pela U&M.
2000	- Projeto do 10º (6º) alteamento pela TECNOSOLO. - Construção do 10º (6º) alteamento a montante pela Dragagem Paraopeba.
2001	VALE adquiriu a mina do Córrego do Feijão.
2003	- Estudos de estabilidade física elaborados pela DAM Engenharia e DF Consultoria apontam FS menor que o mínimo. - Construção do 11º (7º) alteamento a montante pela Construtora Impar.
2004	Construção do 12º (8º) alteamento a montante pela Integral Engenharia.

Continua

²¹TÜV SÜD, Revisão Periódica de Segurança da Barragem, Nº RC-SP-117/17.

²²TECNOSAM, Relatório N/COD-4014/83, de Dezembro de 1983.

²³POTAMOS/TÜV SÜD, Relatório POTVAL02G2-1-TC-RTE-0006.

²⁴POTAMOS/TÜV SÜD, Relatório POTVAL02G2-1-TC-RTE-0006.

Continuação

Mês/Ano	Evento
29/05/2005	Elaborado estudo por GEOCONSULTORIA para desmonte da B I, construção de barragem Santana e construção da nova B I ²⁵ .
2008	Construção do 13º (9º) alteamento a montante pela Integral Engenharia.
2009	Elaboração de dissertação de mestrado para reaproveitamento do minério de ferro contido nos rejeitos armazenados na B I ²⁶ .
2011	A projetista VOGBr elaborou projeto conceitual para recuperação de finos da B I ²⁷ .
Julho / 2012	A VALE solicitou a licença ambiental na SUPRAM para a recuperação de finos.
2013	- Construção do 14º (10º) alteamento a montante pela SALUM Engenharia. - Elaboração de artigo científico sobre o potencial de liquefação dos rejeitos armazenados na B I ²⁸ .
2015	- Análise de risco elaborada por Pimenta de Ávila apontou FS médio de 1.10 para resistência de pico, condição não drenada, baseando-se em resultados CPTU e de 1.20 baseado em resultados SPT ²⁹ , para a seção 2. - VALE solicitou em agosto licença ambiental para reminerar os rejeitos da B I, ampliar a produção das minas de Córrego do Feijão e Jangada, alargamento de estrada, dentre outros serviços.
25/02/2016	Última fiscalização do DNPM/ANM na B I.
07/07/2016	Gerd Peter Poppinga, Diretor Executivo de Ferrosos, determinou a paralisação de lançamento de rejeitos na B I.
Julho/2016	Interrompido o lançamento de rejeitos na B I.
26/07/2016	Análises de estabilidade à liquefação elaborada por GEOCONSULTORIA apontou FS igual a 1.0 para resistência de pico, condição não drenada, para razão de resistência de 0.25 ³⁰ , para seção 3.
30/08/2016	Relatório de inspeção de segurança regular elaborado por GEOCONSULTORIA apontou FS igual a 1.3 para resistência de pico, condição não drenada, para razão de resistência de 0.36 ³¹ , para seção 2.
11/11/2016	Relatório técnico da auditoria extraordinária elaborado por GEOCONSULTORIA, Revisão 2, apontou FS igual a 1.3, igual ao relatório anterior ³² .
26/01/2017	Apresentação de Lúcio Cavalli ao Conselho de Administração sobre fatores de segurança mínimos recomendados por auditores e pela prática internacional (1.5 para condição não drenada e 1.3 para condição não drenada) ³³ .
Fev./2017	Criada a Gerência de Gestão de Riscos Geotécnicos - GRG, também chamada de Gerência de Geotecnia Corporativa ³⁴ .
22/02/2017	VALE contratou Consórcio POTAMOS e Bureau de Projeto e Consultoria (TÜV SÜD) para a GRG de 13 barragens ³⁵ .
22/05/2017	Posse do CEO da VALE Fábio Schvartsman.
28/07/2017	A Secretaria de Governança Corporativa enviou ao Comitê de Controladoria a apresentação referente ao 1º Independent Panel of Experts for Safety and Risk of Geotechnical Structures – PIESEM-I, março de 2017 ³⁶ .

Continua.

²⁵GEOCONSULTORIA. Relatório Técnico VL 28-RT-01, Rev. O, de 29 de setembro de 2005.

²⁶GOMES, M. A. **Caracterização tecnológica no reaproveitamento de minério de ferro**. Dissertação (Mestrado). Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto. 2009.

²⁷POTAMOS e TÜV SÜD. Relatório de "Consolidação de dados e premissas da Barragem I, Rev. 1", p. 20.

²⁸PIRETE, W.; GOMES, R.C. Tailings liquefaction analysis using strength ratios and SPT/CPT results. **Soil Sand Rocks**, São Paulo, 36(1): 37-53, January-April, 2013.

²⁹POTAMOS/TÜV SÜD. Relatório POTVAL02G2-1-TC-RTE-0006.

³⁰GEOCONSULTORIA. Análise de estabilidade da Barragem B I do Córrego do Feijão - VL47MC01-RO

³¹GEOCONSULTORIA. Relatório de inspeção de segurança regular da Barragem B I, 2016 - VL55-RT05.

³²GEOCONSULTORIA. Relatório de inspeção de segurança regular da Barragem B I, Revisão 02, VL55-RT05.

³³CIAEA, 2020, p. 30

³⁴Idem 27, p. 30.

³⁵Contrato nº 5500043549.

³⁶CIAEA, 2020, p. 33.

Continuação.

Mês/Ano	Evento
Agosto/2017	César Grandchamp deixou a Gerência de Geotecnia Operacional, ficando o cargo vago até junho/2018.
13/09/2017	Relatório de inspeção de segurança regular 2017 elaborado por TRACTEBEL apontou FS idênticos aos calculados pela GEOCONSULTORIA para resistência de pico, condição não drenada, seção 2 ³⁷ .
14/09/2018	Apresentado ao Subcomitê de Riscos Operacionais o mapa de riscos de barragens, desenvolvido na GRG, com 10 estruturas, inclusive a B I, dentro da zona de atenção (método ALARP) ³⁸ .
13-17/11/2017	- Realização do 2º PIESEM-I. - Apresentado FS de estabilidade física igual a 1.06 para resistência de pico, condição não drenada. - Recomendado pelos especialistas o uso do FS mínimo de 1.3 para resistência de pico, condição não drenada.
20/11/2017	Consórcio POTAMOS/TÜV SÜD apresenta o relatório "Análise da probabilidade de ruptura da barragem B I", apontando FS de 1.06 para resistência de pico, condição não drenada, seção 4-4 (de maior altura).
11 e 21/12/2017	- Reuniões entre POTAMOS/TÜV SÜD e VALE para discutir alternativas para incremento da segurança da B I quanto à liquefação. - VALE decide executar drenos horizontais profundos - DHP.
20/12/2017	Coordenador do PIESEM-I de novembro de 2017 enviou e-mail com o relatório do painel à liderança da Geotecnia Corporativa ³⁹ .
22/02/2018	Início da perfuração dos DHP.
Fev.-Mar/2018	Empresa FUGRO realizou testes de vida nos instrumentos de auscultação.
22/03/2018	VALE recomendou POTAMOS realizar uma revisão dos seus estudos adotando resultados dos ensaios geotécnicos de campo e de laboratório.
23-24/03/2018	Primeiras negociações entre VALE e TÜV SÜD para que a última assumira a revisão periódica de segurança da B I.
29/03/2018	Relatório de inspeção de segurança regular 2018 elaborado por TRACTEBEL apontou os mesmos FS apresentados em setembro de 2017 ⁴⁰ .
15/05/2018	VALE contratou a TÜV SÜD para execução de projeto <i>As is</i> (como está) para as barragens que não possuíam <i>As built</i> (como construído) e para elaboração de revisão periódica de segurança de barragens ⁴¹ .
18/05/2018	FUGRO apresentou relatório dos testes de vida nos instrumentos de auscultação da B I e faz várias recomendações de adequação.
20/05/2018	TÜV SÜD apresentou FS de 1.09 para resistência de pico, condição não drenada, seção 4-4.
Junho/2018	Renzo Albieri assumiu a Gerência de Geotecnia Operacional.
11/06/2018	Fratura hidráulica no dique inicial após perfuração do 15º DHP.
13/06/2018	Emitida a declaração de condição de estabilidade (DCE) da B I referente à "Revisão Periódica de Segurança de Barragem - RPSB" da B I.
14/06/2018	Paralisação da perfuração dos DHP após reunião entre VALE e consultores.
18-20/06/2018	Realização do PIESEM-N, com apresentação do estudo de análise de liquefação da B I em 19/06.
10/07/2018	Enviado e-mail com o relatório do PIESEM-I de novembro de 2017 aos membros da Geotecnia Corporativa e da Operacional, quase 8 meses após o coordenador do PIESEM tê-lo enviado à liderança da Geotecnia Corporativa ⁴² .
16/07/2018	VALE realizou simulado externo de emergência nas comunidades Córrego do Feijão e Vila Ferteco caso a barragem Menezes I se rompesse.

Continua.

³⁷ TRACTEBEL. Relatório de inspeção de segurança regular, 2017, AT-LT-PFE-107-01.17, Revisão 0.

³⁸CIAEA. 2020, p. 35.

³⁹CIAEA. 2020, p. 23.

⁴⁰TRACTEBEL. Relatório de inspeção de segurança regular, 2018, AT-LT-PFE-107-01.18.

⁴¹Contrato nº 5500052294.

⁴²CIAEA. 2020, p. 23.

Conclusão.

Mês/Ano	Evento
22/08/2018	Início de instalação de 46 piezômetros automatizados.
01/09/2018	Emitida a DCE da B I referente ao RISR de setembro/2018.
03/09/2018	Empresa Alphageos, que executou os DHP, informou à TÜV SÜD que as perfurações na B I deveriam ser feitas pelo método <i>hollowauger</i> , ou seja, sem injeção de água.
26/09/2018	Apresentação realizada junto ao Comitê Executivo de Riscos apontando 10 barragens estruturas dentro da zona de atenção (método ALARP), mas sem informar quais eram ⁴³ .
1-5/10/2018	Realização do 3º PIESEM-I, quando foi discutido o fechamento da B I. Especialistas informaram que o FS para a B I estava marginalmente adequado, mas com parâmetros provavelmente subestimados.
Outubro/2018	Exposição em reunião da Diretoria Executiva da presença de barragens na zona de atenção (método ALARP), mas sem menção às estruturas ⁴⁴ .
01 a 22/10/2018	Realização de treinamento teórico sobre rompimento de barragem para os trabalhadores próprios da VALE.
23/10/2018	Realização de treinamento prático sobre rompimento de barragem para os trabalhadores próprios da VALE.
29/11 à 04/12/2018	FUGRO realizou ensaios de SPT e CPTU e instalou novos piezômetros e inclinômetros na B I.
Out.- Dez./2018	Realização de leitura mensal na barragem dos piezômetros recém instalados pela empresa TECWISE, contratada pela TÜV SÜD.
11/12/2018	COPAM aprovou a licença ambiental para remineração de rejeitos da B I e expansão das minas do Córrego do Feijão e Jangada.
10/01/2018	Instalação do <i>data logger</i> para armazenamento automático da leitura dos 46 piezômetros automatizados instalados na B I.
17/01/2019	TÜV SÜD apresentou FS igual a 1.13 para resistência de pico, condição não drenada, seção 4.
21/01/2019	- Início da execução da sondagem mista SM-13 na berma do 12º alteamento. - <i>Download</i> das leituras dos 46 piezômetros automatizados armazenados no <i>data logger</i> entre 10 e 21/01 pela TECWISE.
22/01/2019	VALE requisitou à TECWISE disponibilizar mais profissionais para corrigir pendências e fazer leituras em barragens, pois o contrato terminaria em 26/01/2019.
23/01/2019	- TÜV SÜD envia à VALE a leitura dos 46 piezômetros armazenada no <i>data logger</i> , informando que existiam piezômetros com leituras discrepantes (troca de TAG) e outros sem leitura. - Inspeção na barragem com 6 Técnicos da VALE e 3 da TÜV SÜD a fim de coletar dados para o relatório de inspeção de segurança regular a ser emitido até março/2018.
24/01/2019	VALE comunica-se com TÜV SÜD referente às leituras discrepantes e ausência de leitura de piezômetros.
25/01/2019	- VALE requisitou à TECWISE revisão do CR310 (<i>data logger</i>) da B I e os Técnicos da empresa ficaram de ir lá no dia 26/01. - Ruptura da B I às 12h28min.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos destacar alguns eventos críticos que marcaram a história da barragem. Evento crítico é definido como uma sequência de ocorrências que resultam em transformações duráveis mais radicais de estruturas (SEWELL⁴⁵, 1996 apud LOPES, 2016).

⁴³CIAEA, 2020, p. 35.

⁴⁴CIAEA, 2020, p. 36.

A história da B I começa com a empresa alemã FERTECO que contratou o também alemão Christoph Erb para elaborar o projeto do dique inicial. Estranhamente, o projetista alemão não é mais chamado para projetar os alteamentos. A linha do tempo da B I mostra que os vários alteamentos foram projetados e construídos por empresas diferentes.

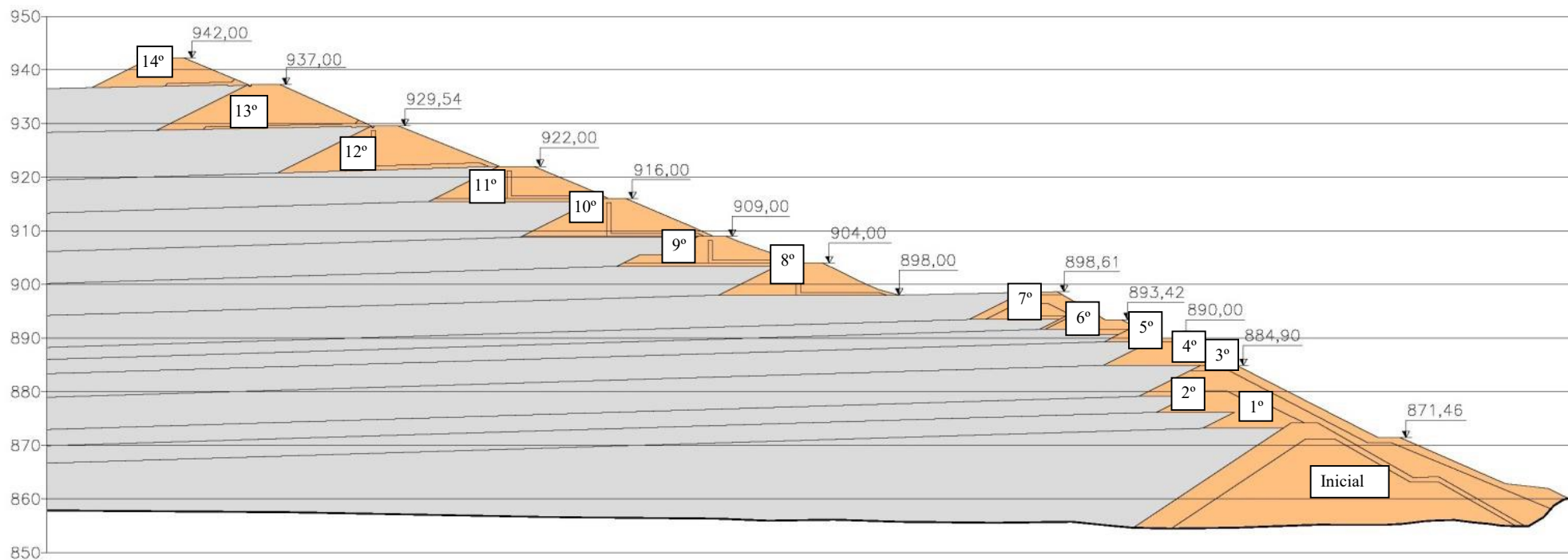
Em 2001, ocorreu a aquisição da mina do Córrego do Feijão pela VALE. Em 2005, a VALE contratou a empresa Geoconsultoria para elaborar um cronograma para desmontar a B I, construir uma nova barragem que receberia os rejeitos da mineração. Enquanto isso, uma nova B I seria construída no local da antiga, o que não ocorreu à época. Somente em 2011, a VALE contratou um projeto de engenharia junto à empresa VOGBr para reminerar os rejeitos armazenados. Em 2012, a empresa requereu junto à SUPRAM, a licença ambiental para o reaproveitamento. Entretanto, em 2015, ela apresentou pedido de licença ambiental bem mais amplo, agora envolvendo várias instalações das minas de Córrego do Feijão e Jangada. Verificamos então que existia uma preocupação antiga da empresa em desmontar a B I.

Em 2016, os problemas com a estabilidade da B I tornaram-se mais importantes, obrigando a VALE a interromper o lançamento de rejeitos no mês de julho. Em 2017, estudos foram contratados para a proposição de medidas que pudessem aumentar o fator de segurança da mesma. Mas as medidas propostas não foram acatadas e a empresa decidiu executar drenos horizontais profundos (DHP), iniciados em fevereiro de 2018. Em 11 de junho, quando da perfuração do 15º DHP, ocorreu uma fratura hidráulica no maciço inicial e a perfuração foi suspensa. Mesmo com um fator de segurança abaixo do indicado por especialistas estrangeiros e pelas próprias consultoras da VALE, as declarações de condição de estabilidade continuaram sendo emitidas, como em 13/06/2018 e em 01/09/2018.

Novos instrumentos de auscultação precisavam ser instalados na B I, mas para isso era necessário a execução de perfurações, iniciadas em 22/08/2018. Em 11/12/2018, foi aprovada a licença ambiental pleiteada em 2015. Em 21/01/2019, iniciou-se a execução do furo de sondagem SM-13 no 12º alteamento. O furo foi concluído em 25/01/2019 pela manhã e a barragem chegou à ruptura às 12h28min. Todos os eventos serão discutidos em profundidade ao longo da tese.

⁴⁵SEWELL, W. H. JR. Historical events as transformations of structures: inventing revolution at the Bastille. *Theory and Society*, v. 25, p. 841-881, 1996.

Figura 23 - Ateamentos ocorridos na barragem B I



Fonte: Adaptado de GEOCONSULTORIA. Relatório de inspeção de segurança regular da barragem B I, 2016, p.6.

6.4 Dimensão vertical da VALE

Exporemos agora a estrutura organizacional da VALE, dimensões vertical e transversal seguindo a base conceitual de Llory e de Montmayeul (2014). Até agosto de 2017, a VALE era dividida na região Sudeste em corredores logísticos, o Sudeste e o Sul. Em agosto de 2017, alguns meses após a posse do CEO Fábio Schvartsman, a estrutura foi alterada, e os dois corredores foram fundidos no corredor Sudeste (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019), havendo um enxugamento no número de diretorias e de gerências.

No novo corredor, em agosto de 2017, a Diretoria de Operações foi assumida por Silmar Magalhães Silva e a Diretoria de Planejamento e Desenvolvimento de Ferrosos e Carvão passou a ser dirigida por Lúcio Flavo Gallon Cavalli.

A Diretoria de Operações estava à frente de quatro complexos minerários (Itabira, Paraopeba, Vargem Grande e Mariana/Brucutu), da estrada de ferro Vitória-Minas, de três portos no Complexo de Tubarão, no estado do Espírito Santo, e mais dois portos no estado do Rio de Janeiro (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019a). Eram 23 estabelecimentos minerários e um total de 107 barragens instaladas (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019), conforme declarou Renzo Albieri, da Gerência de Geotecnia Operacional (GGO).

Segundo Silmar Silva, estavam subordinadas a ele nove gerências executivas (GE), dentre elas a GE Operacional Paraopeba, chefiada por Rodrigo Artur Gomes de Melo, que assumiu a função em julho de 2017 (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019a).

A GE de Planejamento, Programação e Gestão do Corredor Sudeste passou a ser conduzida por Joaquim Pedro de Toledo em outubro de 2017 (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019). Estavam sob sua coordenação as seguintes gerências: Laboratório físico e químico de minério de ferro, Geotecnia Operacional, Programação Logística e Automação Industrial.

A GGO, que era chefiada pelo geólogo César Augusto Paulino Grandchamp, ficou sem comando entre agosto de 2017 e junho de 2018, quando assumiu Renzo Albieri Guimarães Carvalho (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019). César Grandchamp passou a exercer a função de Especialista Técnico em Geotecnia, uma espécie de consultor, mas ainda continuou a assinar as Declarações de Condição de Estabilidade das barragens da VALE.

Cada barragem ou um grupo de barragens de mineração possuía um responsável técnico (RT) pela inspeção e pelo monitoramento. No caso da B I, o RT de inspeção e

monitoramento era a eng.^a Cristina Heloíza da Silva Malheiros, subordinada ao gerente da GGO, eng.^o Renzo Albieri. Cristina acompanhava o funcionamento de várias barragens, como as localizadas na mina de Jangada e na mina Córrego do Feijão, além de estruturas em outras minas. Passou a ser assessorada pelo eng.^o Artur Bastos Ribeiro em 15/05/2017.

Oito GE, 25 gerências de áreas, 40 minas, nove portos, sendo cinco para embarque de minério de ferro, no Brasil e no continente africano, estavam subordinados ao diretor Lúcio Cavalli (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019a). Uma das GE era a de Governança em Geotecnia e Fechamento de Minas, chefiada por Alexandre de Paula Campanha. Subordinavam-se a Alexandre Campanha a Gerência de Geotecnia Corporativa (GGC), chefiada por Marilene Christina Oliveira Lopes de Assis Araújo, e a Gerência de Fechamento de Mina, comandada por Alessandro Resende.

As diretorias de Silmar Silva e Lúcio Cavalli estavam subordinadas ao Diretor Executivo de Ferrosos e Carvão, Gerd Peter Poppinga, que compunha com mais cinco diretores e o CEO, Fábio Schvartsman, a Diretoria Executiva (DE) da VALE até janeiro de 2019.

O diagrama vertical (Figura 24) apresenta os vários níveis da organização que estavam envolvidos com a gestão da mina do Córrego do Feijão e com a B I até janeiro de 2019, sendo omitidos aqueles não ligados à gestão de riscos de barragens.

6.5 Dimensão transversal da VALE

O diagrama transversal (Figura 25) aponta as relações da GGO da mina do Córrego do Feijão e da GGC com as empresas de auditoria externa contratadas para elaboração de documentos (relatórios técnicos sobre gerenciamento de riscos, RPSB, RISR, *Asis*, estudos hidráulicos) e execução de serviços (perfuração de DHP, ensaios de campo CPTu e SPT, automatização de instrumentos).

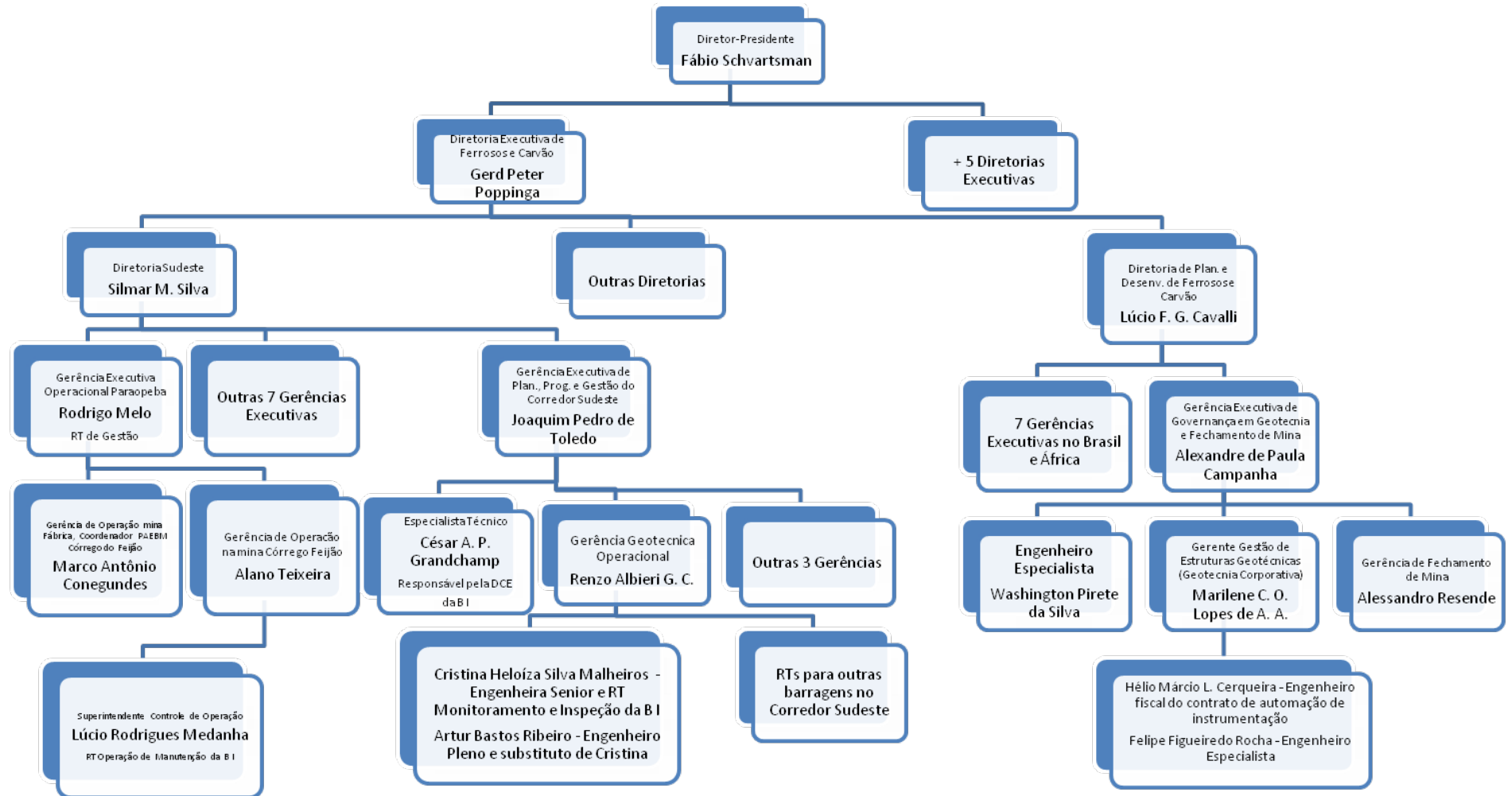
A GGC era a responsável pela seleção das empresas de auditoria externa, como a Geoconsultoria, Consórcio POTAMOS/TÜVSÜD e Tractebel. Algumas dessas subcontratavam algumas atividades, como é o caso dos ensaios de campo e automatização de instrumentos.

Ao centro do diagrama horizontal aparece o PIESEM, painel internacional ou nacional de especialistas em estruturas geotécnicas, um evento do qual participavam, além dos especialistas convidados, empregados da VALE e de suas contratadas. Alguns gerentes

executivos da VALE e os Diretores Silmar Silva e Lúcio Cavalli participavam dos painéis no dia de fechamento do evento e/ou recebiam os relatórios finais elaborados pelos especialistas.

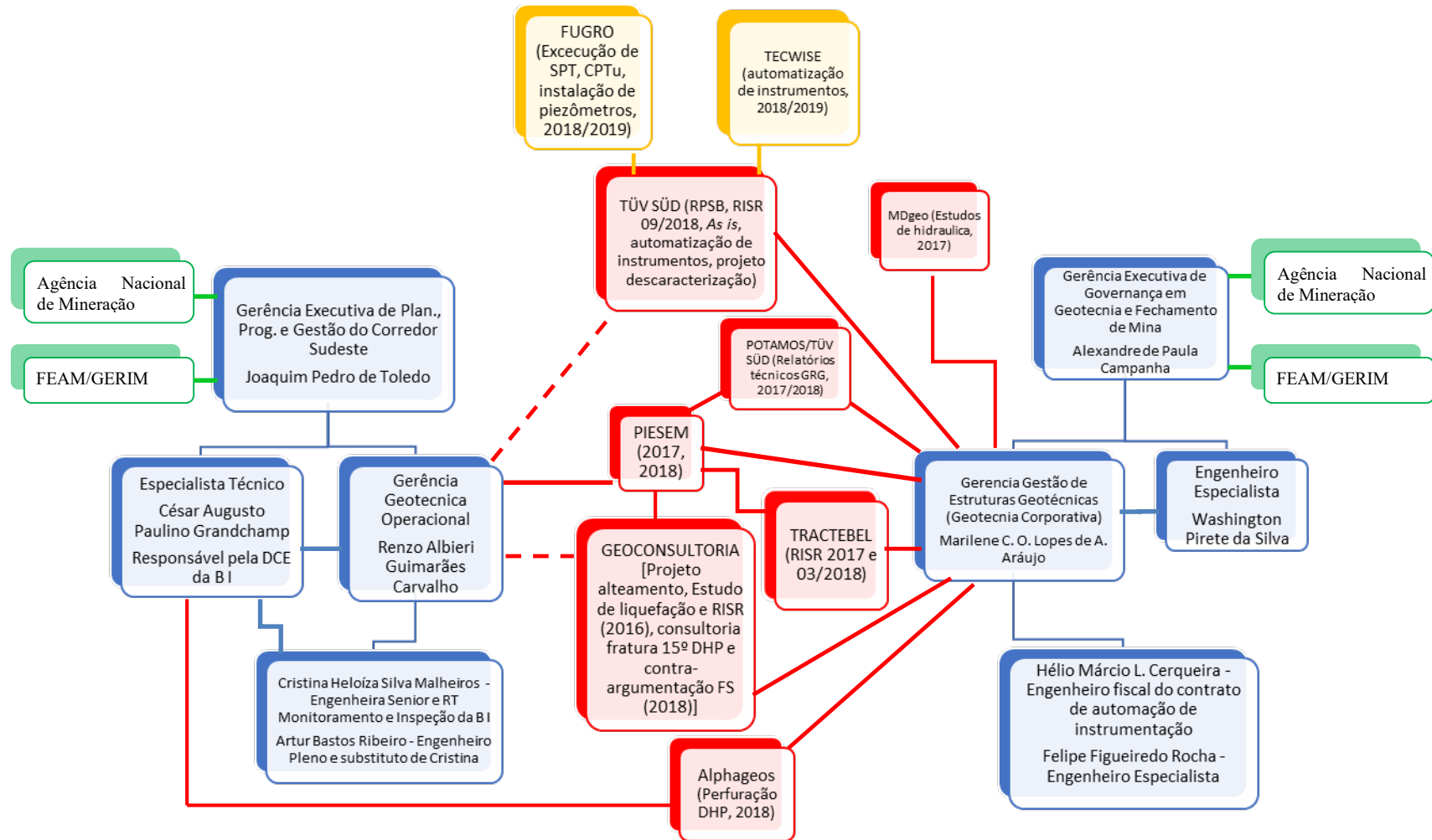
Podemos citar também que, transversalmente, GGO e GGC mantinham relações com o órgão estadual de fiscalização de barragens, a GERIM/FEAM, e com o órgão federal, a ANM/DNPM. As relações verticais e horizontais da VALE serão detalhadas ao longo desta tese.

Figura 24 - Diagrama vertical da VALE para a mina do Córrego do Feijão e a barragem B I



Fonte:Elaborado pelo autor.

Figura 25 - Diagrama transversal das relações entre as Gerências de Geotecnia da VALE, suas contratadas e órgãos de fiscalização



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: Em azul: relações entre setores e empregados VALE. Em vermelho: relações entre VALE e seus contratados. Em laranja: relação contratada com subcontratadas. Em verde: relação empresa e órgãos de fiscalização. Linhas contínuas: relações mais fortes. Linhas tracejadas: relações mais fracas. PIESEM: Painel de Especialistas Geotécnicos.

6.6 Equipamentos e meio ambiente

Neste item abordaremos os elementos pertencentes ao nível inferior do sistema sociotécnico de acordo com a Figura 12. Traremos os resultados do desastre industrial em termos de prejuízos às pessoas, às propriedades, ao meio ambiente, e à agropecuária.

6.6.1 Os trabalhadores acidentados

Segundo a SRT/MG (BRASIL, 2019a), o rompimento da B I levou à morte 270 pessoas, dentre eles 258 trabalhadores, conforme a seguir: 127 empregados da VALE (Figura 26); três estagiários VALE, 118 empregados terceirizados VALE; um profissional liberal (fonoaudiólogo); nove trabalhadores que estavam fora dos limites da mina Córrego do Feijão, sendo seis empregados e três proprietários da Pousada Nova Estância. Outros 64 empregados tiveram a Comunicação de Acidente do Trabalho (CAT) emitida por adoecimento, sendo 22 empregados VALE e mais 42 terceirizados. Dos 64, 40 sofreram com distúrbios mentais. Ao todo, trabalhadores de 32 empresas contratadas pela VALE foram atingidos.

Figura 26 - Corpo encontrado sob os rejeitos de minério de ferro



Fonte: Empregado 7.

O Sr. Marco Conegundes, Coordenador do PAEBM, declarou à CPIBruma que chegou à mina Córrego do Feijão às 14h do dia 25/01/2019 e presenciou, inclusive apoiou, o resgate de

200 trabalhadores pelo Corpo de Bombeiros de Minas Gerais (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019, p. 1825).

O relatório do CIAEA (2020, p. 14) informou que foi registrado um total de 665 vítimas, das quais 395 foram localizadas com vida, mas não detalhou quais seriam essas últimas, isto é, se trabalhadores e/ou pessoas da comunidade.

6.6.2 Os trabalhadores abalados após a tragédia

Vários trabalhadores da mina do Córrego do Feijão que sobreviveram à tragédia trabalharam no resgate dos corpos dos colegas soterrados na lama. Eles operavam escavadeiras que mobilizavam a lama de rejeitos de um lado para outro, acompanhados pelos militares do Corpo de Bombeiro de Minas Gerais (CBMG). Até enxadas e pás eram utilizados pelos empregados da VALE na tarefa (Figura 27). Os corpos encontrados eram embalados e retirados do local pelos militares (Figura 28).

O EMP. 5 relatou em entrevista:

Eu fui um dos poucos que sobreviveu. [...] E eu ali trabalhando no intuito de ajudar os bombeiros, ajudando todo mundo. Porque é muito triste, pois ali eu presenciei cenas que nós, os trabalhadores VALE, eram os que mais faziam as coisas, porque a gente via os próprios colegas sendo retirados. [...] A gente não ganhou nome. Tipo assim, a gente não foi valorizado em momento nenhum pela empresa com relação a isso. [...] Era o pessoal Vale que tirava o corpo, que achava o corpo dos colegas. [...] Os bombeiros tinham roupa tudo adequada, cêta me entendendo, funcionário Vale não. Pegava o poeirão. [...] Eu fui uma das pessoas afetadas. Tive a CAT. [...] Três meses depois do acidente.

Figura 27 - Trabalhadores VALE retirando corpo de colega soterrado



Fonte: Empregado 7.

Figura 28 - Militares do Corpo de Bombeiros retirando corpo encontrado na lama



Fonte: Empregado 7.

Uma ação fiscal da SRT/MG foi iniciada em outubro de 2019 para análise de doenças do trabalho que estavam ocorrendo na VALE. Em maio de 2020 foi produzido um relatório⁴⁶ por Auditor-Fiscal do Trabalho, constatando a ocorrência de dezenas de casos de adoecimento dos trabalhadores após o rompimento da barragem, em especial doenças relacionadas ao CID (Classificação Internacional de Doenças) F, que são os "Transtornos Mentais e Comportamentais". A Tabela 2 representa o adoecimento mental dentro da VALE a partir de 2017.

Tabela 2 - Adoecimento mental ocupacional e não ocupacional na VALE por CID (2017-2019)

Ano	Não ocupacional			Ocupacional		
	CID F ²	CID F43 ³	CID F43.1 ⁴	CID F	CID F43	CIF F43.1
2017	166	23	3	3	0	0
2018	182	31	3	3	2	0
2019 ¹	235	67	15	44	36	31

Fonte: SRT/MG, 2020, p. 9.

Nota: 1 - Número de doenças registradas até setembro de 2019; 2 - Transtornos mentais e comportamentais; 3 - Reação ao estresse grave e transtornos de adaptação; 4 - Transtorno de estresse pós-traumático.

De acordo com dados fornecidos pela VALE, de 2018 até setembro de 2019, o número de adoecimentos ocupacionais por “Reação ao estresse grave e transtorno de adaptação – CID F43” subiu 18 vezes. Já em relação ao “Transtorno de estresse pós-traumático – CID F43.1”, o número partiu de zero para 31 casos no período.

⁴⁶BRASIL. Superintendência Regional do Trabalho de MG. Relatório de adoecimento dos trabalhadores sobreviventes ao rompimento da barragem B I da empresa Vale S.A. Maio de 2020.

Como se observa, o número de empregados VALE afastados por transtorno mental é bem maior que as 22 CAT inicialmente emitidas pela empresa e que constaram do relatório de análise de acidente de trabalho da SRT/MG (BRASIL, 2019a).

O relatório da SRT/MG⁴⁶ chamou a atenção para o grande número de adoecimento não ocupacional em 2019 na VALE. Poderia estar havendo uma subnotificação das doenças ocupacionais, haja vista que todos os casos surgiram após o rompimento da B I.

6.6.3 As pessoas das comunidades afetadas

Doze pessoas da comunidade morreram, sendo seis hóspedes da Pousada Nova Estância, cinco cidadãos que estavam no caminho da lama e mais uma candidata a emprego na VALE (BRASIL, 2019a).

Dois nascituros perderam o direito à vida e pelo menos 105 crianças ficaram órfãs. Quanto à saúde física e mental das pessoas da comunidade, os danos foram dos mais variados, desde a contaminação pelos rejeitos vazados até os impactos psicossociais (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2021, p. 78).

Somam-se a isso os danos aos meios de vida e de produção: as relações com o lugar em que se mora, com a casa, com os deslocamentos, com os meios de transporte, com o comércio da cidade, com o trabalho e as fontes de sobrevivência e de renda. O relatório da CPI-ALMG destacou a forte ligação das pessoas da comunidade com “algo ou alguém” que já foi bom, mas que passou a causar sofrimento, como ilustrado nas palavras de Fernando Henrique Barbosa Coelho, que perdeu o pai no desastre: “Eu nasci e fui criado lá, dentro daquela mineração. [...] A minha vida inteira foi ali, naquele lugar. [...] Não é só o pai, não. Eu perdi mais de 150 amigos, entendeu? E tudo de uma vez. Perdi prima também. [...] Eu sinto vergonha de um dia ter trabalho nessa empresa (op. cit., p. 79).

Quanto aos indígenas da aldeia Pataxó NaôXohã, no município de São Joaquim de Bicas, que vivem à margem do rio Paraopeba, os problemas referiram-se à impossibilidade de acesso à água potável e de utilização do rio, pois ficou inviável pescar, irrigar as plantações, dar de beber aos animais. Os Pataxó tiveram prejuízos quanto à dificuldade de comercializar o artesanato produzido na aldeia. Além disso, eles perderam o que lhes era sagrado, o rio Paraopeba (op. cit., p. 79).

Não foi possível quantificar o número de familiares de empregados da VALE que precisaram de atendimento médico ou psicológico após o desastre. A empresa possui um

plano de saúde próprio e os familiares foram encaminhados a profissionais de saúde contratados por esse, prejudicando então uma possível análise.

De acordo com os dados da Secretaria Municipal de Saúde de Brumadinho, o crescimento no atendimento à demanda de saúde mental foi consideravelmente grande. Isso exigiu do município maior investimento na compra de medicamentos específicos (ansiolíticos e antidepressivos). O número médio de medicamentos cresceu em média 31,4% de 2018 a 2021, mas alguns medicamentos cresceram até 103% nesse período, como é o caso da Sertralina (PREFEITURA DE BRUMADINHO, 2022).

Também houve a necessidade de ampliar o número de profissionais para atendimento desta demanda. O número de psicólogos foi de 17 em 2018 para 49 em 2022 e o de psiquiatras pulou de dois para cinco no período. O número de tentativas de autoextermínio (suicídio), que era de 66 em 2018, atingiu o pico de 100 em 2019, caindo para 80 em 2021 (op. cit.).

Depoimentos na CPI-ALMG retrataram bem o sofrimento mental dos que perderam seus entes queridos ou a alegria de viver na região atingida pela lama:

A Cachoeira não tem graça mais. Morar sem alegria não dá e, aqui, a alegria acabou! Eu ainda tenho a minha casa, mas o cheiro me faz querer sair. Ficou muito complicado viver aqui. Morador do Parque da Cachoeira (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2021, p. 102).

A gente compra algo para viver e não para sofrer. É um final de vida em que a gente queria estar bem, e olha como estamos! Tanto faz se é Parque da Cachoeira, ou Córrego do Feijão, Alberto Flores ou Pires, estamos vivendo ultimamente assim: apreensivos. A gente está com o psicológico todo mexido. Cada um está mais trêmulo do que o outro, cada um está mais triste do que o outro, angustiados. Há pessoas dentro daquela lama que eu vi nascer. Estão ali debaixo da lama, até agora não foram achados. Moradora do Parque da Cachoeira (op. cit., p. 102).

[...] Não são só os que morreram, não, porque há muitos que estão vivos, mas só de corpo presente, porque, em seu interior, já estão mortos há muito tempo. Morador do Parque da Cachoeira (op. cit., p. 102).

Quem vai trazer ela de volta? Ela estudou tanto, e vem a Vale e carrega a minha filha assim? Essa dor nunca vai acabar. Pai de uma das vítimas que morava em frente ao portão da VALE (op. cit., p. 103).

Tudo está debaixo da lama, inclusive nosso sonho. Produtora rural (op. cit., p. 104).

6.6.4 As propriedades atingidas

As principais localidades atingidas no município de Brumadinho foram Córrego do Feijão (Figura 29) e Parque da Cachoeira ou próximas, como no caso de Pires. Na região de Córrego do Feijão, estão as localidades de Cantagalo e Vila Ferteco. Próximo à área urbana, está o povoado de Alberto Flores. Os povoados de Córrego do Feijão e Alberto Flores, Cantagalo e Parque da Cachoeira, além de Vila Ferteco, são locais pequenos, com poucas edificações, pequena população, próximos uns dos outros e – com exceção de Córrego do Feijão e Vila Ferteco, que são mais próximos da mina – estão às margens do rio Paraopeba (ARCADIS, 2022b, p. 514).

Figura 29 - Casa destruída no povoado Córrego do Feijão



Fonte: Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 2021, p. 115.

Entre as 396 edificações inseridas na Zona de Autossalvamento (ZAS), encontravam-se 111 edificações diretamente interceptadas pela lama, das quais 42 eram domicílios-casas, 32 estruturas VALE, 29 estruturas vinculadas, quatro comércios e três estruturas mapeadas que não puderam ser acessadas, além de uma estrutura abandonada. Entre as edificações interceptadas, foi registrado o total de 69 estruturas (Figura 31), sendo que 34 delas apresentaram estrutura vinculada, 29 eram domicílios-casas, quatro eram estruturas VALE, uma era estrutura industrial e outra estrutura que não foi possível acessar (op. cit., p. 516). Dezenas de máquinas da VALE viraram uma montanha de sucata e foram armazenadas separadamente (Figura 30).

Em consequência da interceptação total ou parcial de moradias, 266 pessoas, o que corresponde a 81 famílias, ficaram desabrigadas⁴⁷ e/ou desalojadas⁴⁸ em Brumadinho, na região da ZAS ou próxima a ela. Dessas 266 pessoas (142 são mulheres e 124 são homens), 184 eram adultos (170 entre 18 e 65 anos, 14 entre 66 a 90 anos ou mais), 22 adolescentes (entre 12 e 17 anos) e 60 crianças (entre 0 e 11 anos) (ARCADIS, 2022b, p. 517).

Figura 30 - Montanha de ferragens de máquinas da VALE retiradas da lama de rejeitos



Fonte: Empregado 7.

Figura 31- Área ao redor da instalação de tratamento de minério tomada pela lama



Fonte: Empregado 7.

⁴⁷Aquelas que moravam na ZAS e perderam sua moradia, totalmente ou parcialmente atingida pela lama de rejeito, inviabilizando a permanência da família no local.

⁴⁸Aquelas que moravam na ZAS, ou em local próximo, e não tiveram sua casa interceptada pela lama, porém tiveram que ser evacuados, temporariamente ou definitivamente, em razão de ação preventiva, em geral movida pela Defesa Civil, ou porque a moradia apresentava problemas fitossanitários decorrentes do rompimento.

6.6.5 Prejuízos à agropecuária

O rompimento das barragens atingiu, sobretudo, os agricultores familiares, com propriedades próximas à mina Córrego do Feijão, em Brumadinho (Figura 32). No entanto, a restrição do acesso à água para dessedentação animal, irrigação e consumo humano afetou os produtores ao longo da calha do rio Paraopeba (ARCADIS, 2022b, p. 418). O rejeito ocupou uma área de 294 ha na mina Córrego do Feijão e no entorno. Foram identificadas nove áreas com cultivo agrícola atingidas pelo rejeito, que somaram um total de 17,09 ha. Observou-se que nenhuma propriedade foi inteiramente atingida, mas houve perda de áreas produtivas, impactando diretamente os produtores rurais e seus rebanhos, sobretudo o bovino (op. cit., p. 419).

Outro importante demanda foi quanto à alimentação animal, em virtude da perda das áreas de pastagens e, em alguns casos, em razão da falta de recursos financeiros para aquisição do alimento, devido à mudança repentina do cotidiano das pessoas, perda de emprego, entre outros fatores relacionados à vida dos tutores dos animais (op. cit., p. 420).

Figura 32 - Área de cultivo de hortaliças atingida pela lama da barragem B I



Fonte: Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 2021, p. 119.

A restrição do acesso à água, associada à perda de área produtiva, gerou problemas para manutenção dos rebanhos. Segundo a Embrapa, o cenário restritivo do uso da água para a dessedentação animal teve como consequências a redução do crescimento, do bem-estar, da saúde e o aumento do estresse dos animais. Os três municípios que mais demandaram o

fornecimento de água para dessedentação animal foram Pompéu, São Joaquim de Bicas e Paraopeba (ARCADIS, 2022b, p. 421-423).

Uma das particularidades da região era a sua vocação para produção de alimentos orgânicos e agroecológicos, uma vez que 313 (71%) dos 443 estabelecimentos agropecuários existentes não utilizavam agrotóxicos. Também foram atingidas várias propriedades rurais nas margens do rio Paraopeba (MILANEZ *et al.*, 2019).

6.6.6 A destruição do meio ambiente

Dividiremos os resultados que afetaram o meio ambiente em danos à fauna, às áreas vegetadas, ao solo e aos cursos de água.

6.6.6.1 Danos à fauna

Os impactos à fauna podem ser mensurados através das ações de salvamento de animais realizadas pela própria empresa, por determinação dos órgãos ambientais e da Justiça. Até 15/7/2019, haviam sido registradas 511 carcaças de animais terrestres (206 animais silvestres e 305 animais domésticos) e 25 de animais não identificados, além de 2.881 carcaças de peixes (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2021, p. 83).

Foram resgatados os seguintes animais com vida:

- 42 eram silvestres terrestres (29 foram reintegrados ao ambiente, cinco morreram e oito ficaram sob a responsabilidade da empresa, no Centro de Triagem de Animais - Ceta - Fazenda Abrigo da Serra);
- 713 eram animais domésticos e foram atendidos no hospital veterinário; 82 foram devolvidos aos donos, 24 foram para adoção ou para criadores autorizados, cinco morreram, 465 ficaram sob responsabilidade da empresa no Ceta e outros 46 no hospital de Córrego do Feijão. Os demais foram distribuídos entre abrigos temporários, clínicas veterinárias etc.;
- 184 eram peixes, entre os quais 102 eram nativos e foram resgatados no rio Paraopeba. Desse total, 30 morreram e os demais foram levados para um ponto do rio não atingido pelos rejeitos.
- outros 77 eram exóticos, dos quais 30 morreram (op. cit., p. 84).

Uma fazendeira da região teve nove cavalos internados, dos quais três morreram. Outra afirma ter perdido 35 galinhas e um cavalo. Segundo uma criadora que vive a 600 metros do rio Paraopeba:

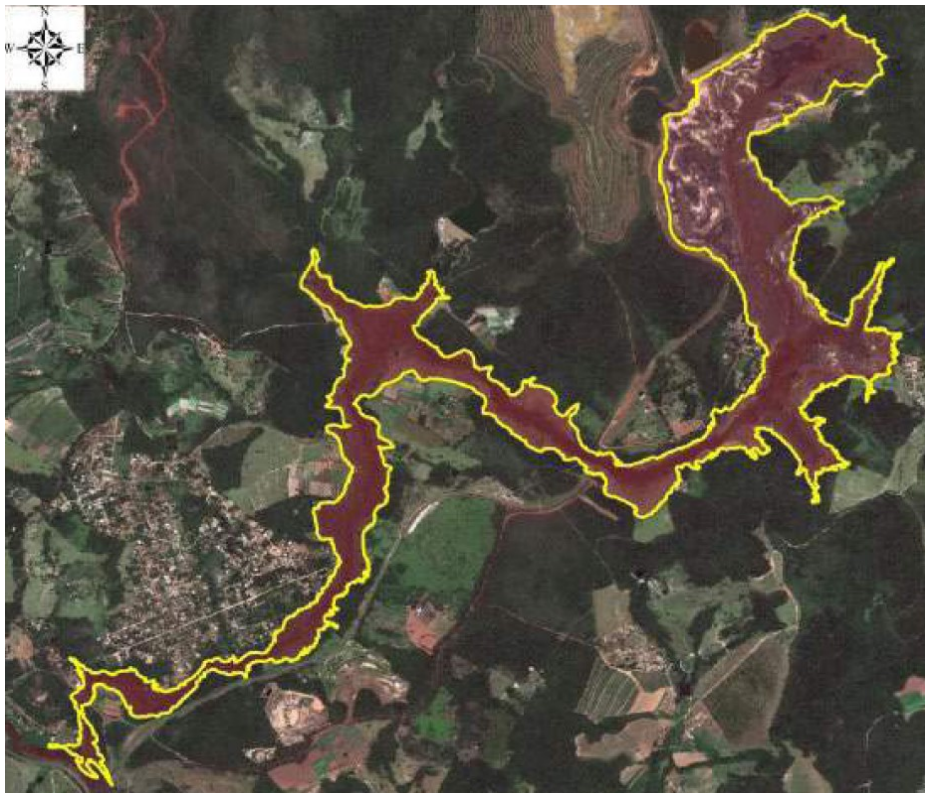
Antes, eu só perdia galinha por causa de invasão de cachorro. Já gastei mais de R\$ 6 mil com veterinário nesse período. Tenho cavalos que perderam cem quilos em 20 dias. Eu crio peixe, porco, carneiro, de tudo, mas ninguém compra mais nada porque tem medo da água que abastece minhas coisas (op. cit., p. 84).

6.6.6.2 Danos às áreas vegetadas

Com o rompimento da B I houve transformação da paisagem, em função da deposição do material extravasado ao longo do vale do ribeirão Ferro-Carvão, concentrada nas zonas de baixa declividade, onde ocorre a confluência de afluentes do ribeirão Ferro-Carvão, isto é, córregos Samambaia, Olaria, Laranjeiras, entre outros sem nomenclatura oficial, até o rio Paraopeba (ARCADIS, 2022a, p. 74).

De uma área de 294,05 ha ocupados pela mancha de resíduos (Figura 33), 132,6 ha foram de Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica), 12,6 ha de áreas úmidas e 6,4 ha de corpos de água. Áreas de cultivo agrícola e pastagens foram afetadas em 17,1 ha e 22,5 ha, além de bambuzal e solo exposto, que tiveram 0,4 ha e 2,1 ha atingidos (op. cit., p. 59).

Figura 33 - Mancha de inundação provocada pelos rejeitos da B I



Fonte: ARCADIS, 2022a, p. 67.

Foram afetadas pela mancha de rejeito 85,46 ha de Áreas de Preservação Permanente (APP). Para as reservas legais situadas na região do ribeirão Ferro-Carvão, área de 16,67 ha foi afetada pelo extravasamento e deposição de rejeito (op. cit., p. 63).

6.6.6.3 Danos aos solos

Com o rompimento da barragem, a energia liberada foi capaz de misturar e transportar rejeitos, solo, sedimentos e uma ampla diversidade de detritos e resíduos. Foi estimado que o fluxo de massa seguiu pelo talvegue do ribeirão Ferro-Carvão, alcançando a velocidade de 99 km/h, próximo à barragem e, em zonas de menor energia, na confluência com o rio Paraopeba, chegou a velocidade inferior a 8 km/h. Assim, o material do ribeirão Ferro-Carvão, principalmente areia, foi depositado a 8,4 km da barragem, no rio Paraopeba, e o material fino continuou seu movimento por suspensão ou por material de fundo do rio (ARCADIS, 2022a, p. 71).

Um programa de caracterização geoquímica dos rejeitos foi desenvolvido a fim de compreender as características físicas e químicas do rejeito extravasado da B I, podendo-se assim entender a reatividade ambiental, ou seja, a capacidade do rejeito em alterar a qualidade dos compartimentos ambientais sob sua influência direta ou indireta ou, ainda, provocar riscos à biota e à saúde humana na área da bacia dos rios Paraopeba e São Francisco. Foram coletadas 127 amostras de rejeito e outras 13 amostras de solo não afetado (SNA) no entorno dos rejeitos espalhados pela planície do ribeirão Ferro-Carvão (op. cit., p. 71-73). As amostras foram coletadas por GEOENVIRON, COPPE/UFRJ e ARCADIS.

Os resultados composicionais nas amostras de rejeitos com características originais (CO) e de rejeitos misturados (RM) foram comparados com os padrões regulatórios de solos de prevenção estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 420/2009 (limites de referência de qualidade), que define critérios para qualidade do solo e diretrizes para a gestão ambiental de áreas contaminadas por substâncias resultantes de atividades antropogênicas. Dos resultados analisados, 90% encontraram-se dentro dos limites preconizados. Os parâmetros Cu (cobre), Ba(bário), Co (cobalto), As (arsênio) e Ni (níquel), tanto nas amostras RM quanto CO, apresentaram maiores extrapolações aos valores de prevenção (VP) e tiveram como base as referências agrícolas. Dentre as amostras coletadas em áreas não afetadas pelo rejeito, foram detectadas concentrações acima do VP no solo para Sb (antimônio), As, Cr, Ba e Cu em apenas duas amostras. Não houve excedentes para rejeitos ou rejeitos misturados em relação a Pb (chumbo), Cr (cromo), Hg (mercúrio), Mo (molibdênio) e Zn (zinco) (op. cit., p. 78).

6.6.6.4 Danos às águas

O rompimento da BI acarretou o rompimento, em sequência, das barragens a jusante BIV e BIV-A e resultou no carreamento de rejeitos por toda a calha do ribeirão Ferro-Carvão e do rio do Paraopeba até a UHE Retiro Baixo, entre os municípios mineiros de Curvelo e Pompéu, um trecho de aproximadamente 250 Km.

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM, a Companhia de Saneamento do Estado de Minas Gerais - COPASA, a Agência Nacional de Águas - ANA e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM instituíram uma rede integrada de monitoramento de qualidade das águas e sedimentos na bacia do rio Paraopeba após o rompimento da B I, sendo cada entidade responsável por monitorar 14, 3 e 6 pontos, respectivamente. O monitoramento ocorreu desde o ribeirão Ferro-Carvão em Brumadinho até o rio Paraopeba em Três Marias, de 26 de janeiro até 28 de agosto de 2019, ao longo de cinco trechos, com o auxílio de servidores do Sistema Único de Saúde - SUS (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, 2019, p.1).

Na primeira semana de monitoramento, um trecho inicial de 40 km ficou totalmente impactado, inviabilizando o uso da água para as mais diversas finalidades, pois se encontrava com valores significativos de turbidez, ferro total, manganês total, cádmio total, níquel total, zinco total, chumbo total e mercúrio total (op. cit., p.6).

Com relação ao período de 26 a 28 de agosto de 2019, verificou-se que a qualidade da água melhorou em todo o rio Paraopeba, principalmente a partir do trecho entre os municípios de Paraopeba e Pompéu. Atribuiu-se essa melhora ao período de estiagem que favoreceu a deposição do rejeito no leito do rio. Assim, o parâmetro turbidez encontrou-se em conformidade com os limites legais em todos os trechos monitorados. Manganês ficou acima do limite da legislação (de 1.5 a 2 vezes) nos trechos 1, 2 e 3 (um, dois e três). O ferro dissolvido mostrou-se pouco mais de 1.5 vezes acima dos níveis permitidos no trecho 2. O alumínio dissolvido apareceu até duas vezes acima nos trechos 2 e 3 (dois e três). No que se refere aos últimos resultados dos metais chumbo total e mercúrio total, todos os resultados estiveram abaixo do limite de detecção do método analítico.

Ao fim, o estudo de monitoramento concluiu que:

Dessa maneira, fica mantida a suspensão dos usos da água bruta do rio Paraopeba no trecho que abrange os municípios de Brumadinho até Pompéu (aproximadamente 250 km de distância do rompimento). Essa medida considera que ainda não se tem a comprovação de ausência de risco à saúde humana pela utilização da água devido à deposição dos rejeitos no leito do rio Paraopeba, já que existe a possibilidade de revolvimento dos sedimentos em função das atividades de remoção do rejeito na

área impactada; do aumento do escoamento superficial no solo e da vazão do rio no próximo período chuvoso (o que poderá acarretar uma lavagem nos sedimentos do rio Paraopeba) (op. cit., p.19).

O IGAM (2022, p. 5) ainda continua a monitorar a qualidade da água ao longo da bacia do rio Paraopeba. O boletim n.º 38, de julho de 2022, informou que:

[...] é possível observar, ao comparar os resultados de julho de 2022 com junho de 2022, que em ambos os meses não houve violações para chumbo total, mercúrio total e turbidez.

As quantidades de violações para o alumínio dissolvido e ferro dissolvido se mantiveram iguais de um mês para outro (duas e três, respectivamente). Já o manganês total reduziu de seis para quatro o valor acima do limite legal.

Valores acima do limite legal foram registrados para:

- Alumínio dissolvido em Paraopeba (BP077) e Curvelo (BP078);
- Manganês total em Brumadinho (BPE2), Mário Campos (BP068), São Joaquim de Bicas (BP070) e Esmeraldas (BP082);
- Ferro dissolvido em Mário Campos (BP068), Betim (BP072) e Felixlândia (BPE9).

Em relação aos parâmetros arsênio total, cromo total, níquel total, zinco total, cádmio total e cobre dissolvido, registra-se que esses não foram detectados no mês de julho de 2022 (todos os resultados estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico).

Depoimentos na CPI-ALMG retrataram bem a dificuldade das pessoas de ter acesso a água de qualidade na região atingida pela lama:

A Vale sempre destruiu o sonho dos vizinhos lá. Nunca fez nada. Hoje ela fica fazendo propaganda, mas é propaganda enganosa. A Vale matou meu sonho que eu tinha de um sítio que eu comprei com o meu suor. Matou a água, acabou com a água, assoreou a mina de água. Ela diz que fabrica microfone, fabrica carro, fabrica computador. Mas, sem a água, quem poderia estar falando nesse microfone? Morador de Córrego do Feijão (grifo nosso) (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2021, p. 99).

O rio é o deus que nos criou. Sem água, hoje ninguém vive. Estamos sem nossos rituais nas águas, nossas crianças não se banham mais no rio e não há mais peixes. Esposa do cacique Tehé Pataxó, da aldeia NaôXohã (grifo nosso) (op. cit., p. 99).

A Vale trouxe pra nossas vidas foi a contaminação, que já começou a dar ferida em várias pessoas. Eu sou uma delas, que estou com as feridas no corpo, meu pescoço está com umas feridas que eu não sei o que é. A Vale sempre fala que nós podemos consumir a água das nossas cisternas, mas ela não quer levar nem um litro pra dar pra sua mãe ou pro seu filho, ela quer que nós, atingidos, consumamos. Moradora de São Joaquim de Bicas (grifo nosso) (op. cit., p. 102).

6.6.6.5 A segunda onda

A segunda onda do desastre industrial, segundo os moradores de Brumadinho, foi a da reparação, lenta e que continua perpetuando a violação de direitos humanos, principalmente com relação à participação no processo de reparação. Aos atingidos não foi dado espaço de fala e decisão nos projetos, eles foram obrigados a aceitar acordos e ações estabelecidas por instituições de justiça, governo estadual, assessoria técnica e VALE, que

não os consultaram e tampouco repararam os danos causados (DORNELLAS; TEODÓSIO; DIAS, 2021, p. 10).

Os atingidos foram ignorados, cooptados e por vezes ocorreu a seleção daqueles que deviam ou não falar, seja por escolha da assessoria técnica, seja por determinação do estado de Minas Gerais ou das instituições de justiça a nível estadual ou federal (op. cit., p. 13). A população passou a ser interpretada como peças de tabuleiro disputadas por “forasteiros” que, sem laço social com o território, reivindicavam indenizações e narrativas de uma experiência que não viveram (DORNELLAS, 2022, p. 71).

O acordo de reparação dos danos causados pelo rompimento da B I, estabelecido entre o estado de Minas Gerais e a VALE, no valor de quase R\$ 38 bi, foi celebrado com louvores pelo Ministério Público e pela Defensoria Pública. Por mais que a todo o momento essas instituições reforçassem que o acordo beneficiava os atingidos, ele foi fechado sem a participação dos mesmos e da prefeitura de Brumadinho (op. cit., p. 92).

Manipulação de símbolos, virtualidade nas relações, ameaças e cooptação de resistências são características clássicas da sociedade do espetáculo e foram mecanismos utilizados pelas instituições de justiça para manter o controle da cidade de Brumadinho para efetivar a sua grande conquista: o maior acordo jurídico já celebrado, da cifra de aproximadamente 38 bi de reais (op. cit., p. 145).

O acordo estabeleceu ‘Obrigações de Fazer’ e ‘Obrigações de Pagar’ da VALE. No primeiro caso, trata-se daquelas ações e projetos cuja própria empresa será responsável pelo financiamento e pela execução, conforme definição dos compromitentes⁴⁹.

As ‘Obrigações de Pagar’ da VALE totalizaram R\$ 22,5 bi, sendo que o acordo previu que apenas parte deste valor será repassada ao poder executivo estadual para aplicação em finalidades já estabelecidas no próprio instrumento. Nesse sentido, o acordo destinou o montante de R\$ 11,06 bi para a execução de projetos de fortalecimento ao serviço público⁴⁹.

Um dos projetos que será mobilizado pelo governo de Minas Gerais é o da construção de um Rodoanel na região metropolitana de Belo Horizonte. A alça sul do rodoanel é uma das mais contestadas pela população e movimentos sociais, por prever impacto ambiental direto em serras, com perfurações para túneis e terminar seu traçado afetando diretamente Brumadinho, passando por cima de Casa Branca (DORNELLAS;

⁴⁹Governo de Minas Gerais. <https://www.mg.gov.br/pro-brumadinho/pagina/obrigacoes-de-pagar-da-vale-de-implementacao-pelo-poder-executivo-estadual>

TEODÓSIO; DIAS, 2021, p. 11). Podemos dizer que o acordo está reparando um dano ambiental e criando outro.

6.7 Aspectos físicos e atores

Vamos nos ater aos principais fatores físicos e atores que de alguma forma contribuíram com o rompimento da B I através do fenômeno da liquefação e agravaram as suas consequências. Os trabalhadores administrativos, que estavam na mina de Jangada já a algum tempo, retornaram para Córrego do Feijão. As chuvas, apesar de fenômeno natural, são importantes quando se discute o comportamento de um reservatório. O não acionamento das sirenes após o rompimento da B I teve grande relevância, já que inúmeras pessoas poderiam ter se salvado caso elas tocassem. Apresentaremos a hipótese mais plausível para o gatilho da liquefação analisando os vários relatórios que discutiram o assunto. Por último, descrevemos como a onda de rejeitos atingiu a ITM, as oficinas mecânicas, escritórios administrativos, almoxarifado, posto médico e refeitório.

6.7.1 O retorno para os prédios da mina Córrego do Feijão

As minas do Córrego do Feijão e de Jangada formavam um complexo interligado. Trabalhadores da operação, como motoristas de caminhão, operadores de escavadeira, perfuratrizes, supervisor de produção etc, ora estavam na cava do Córrego do Feijão, ora estavam em Jangada.

Foram construídos em Jangada prédios de escritórios, banheiros, refeitório e oficina mecânica. Segundo informações dos EMP. 6, 7 e 8, os trabalhadores que permaneciam nos prédios administrativos em Córrego do Feijão foram removidos para os prédios de Jangada. Aproximadamente em outubro de 2017, segundo o EMP. 8, ocorreu o retorno para Córrego do Feijão.

Declarou o Emp. 7 em entrevista:

Mais ou menos um ano antes da barragem estourar [...] tava todo mundo em Jangada. [...] O prédio administrativo em Jangada ele foi construído, eles reformaram ele, derrubou o velho que era de madeira, da época da MBR, e fez um novo. Esse novo era construído de alumínio e isopor. [...] E teve um incêndio florestal na traseira, atrás do prédio. [...] E comprometeu a estrutura. [...] Aí eles isolaram algumas salas e teria que fazer a reforma do prédio. [...] Aí o coordenador da mina lá, que morreu também [...] o Lúcio Mendanha. Eu tava com ele, tava eu, ele o Alaércio, tinha mais gente. E ele conversando com o Alano [gerente] por telefone, ele falou assim: 'Não, não precisa reformar isso aqui agora não. Vamos levar todo mundo pra baixo'. Aí desceu com todo mundo lá pra baixo. [...] Pessoal

de segurança do trabalho, que morreu praticamente todo mundo [...] pessoal do planejamento. Foi uma tristeza, eu conhecia todo mundo.

Ainda informou o Emp. 7 sobre a reforma ocorrida nos prédios administrativos da mina Córrego do Feijão:

Tinha reformado lá tudo, tinha pouco tempo que tinha reformado tudo. A sala lá, do gerente, do Alano. Tinha três dias que o Alano tinha chegado, tinha voltado de férias. E eles tinham inaugurado a reforma que eles tinham feito. [...] Eles reformaram ele (refeitório), mas eu não lembro se ampliou. Eles fizeram uma reforma boa nele.

Sobre a mudança do local de trabalho da mina do Córrego do Feijão para Jangada e o retorno, declarou o Emp. 6:

Nós tivemos que mudar de sala. Nós fomos obrigados de certa forma a sair da Mina de Feijão e ir pra mina de Jangada. Isso por segurança, mas eles não falaram isso pra nós. [...] Só que, um mês antes do acidente acontecer, nós voltamos. Nós não sabemos o porquê, nós voltamos pra Feijão. [...] Depois que liberou o processo da barragem, que foi liberada a barragem pela comunidade e a licença ambiental. Aí, depois que conseguiu isso, eles voltaram com todo mundo pra Feijão. [...] Voltou com a sala de despacho, com a nossa sala de [informação preservada], com o Alano. [...] Por que eles aumentaram [o refeitório]. Como ele trouxe a maior parte que estava em Jangada pra Feijão, eles ampliaram o refeitório de Feijão pra receber.

O EMP. 8 declarou que não entendeu o motivo do retorno para as instalações de Córrego do Feijão, pois a produção estava concentrada na mina de Jangada. Para ele foi unicamente por decisão do novo gerente, o Sr. Alano, que tinha dito em reunião: “Eu não quero nada do velho, eu quero tudo novo. Tipo assim, eu não quero nada que o gerente que tava aqui fez, quero fazer diferente. Quero levar essa mina a nível internacional”.

Requisitamos à VALE informações sobre os motivos e a data da movimentação dos empregados das instalações da mina Córrego do Feijão para Jangada e vice-versa. A empresa respondeu-nos que não identificou em seus registros a situação relatada.

Aqui tivemos uma situação que mudou a história da tragédia. Apesar da produção estar concentrada na mina de Jangada, os trabalhadores foram obrigados a retornar para a mina do Córrego do Feijão. Se ainda estivessem em Jangada, teríamos um número de mortos bem menor, pois em Córrego do Feijão estavam trabalhando, antes do retorno, apenas o pessoal da ITM, da pêra ferroviária e um mecânico, conforme informou o EMP. 8. Além disso, os trabalhadores almoçavam no refeitório que havia em Jangada antes da mudança.

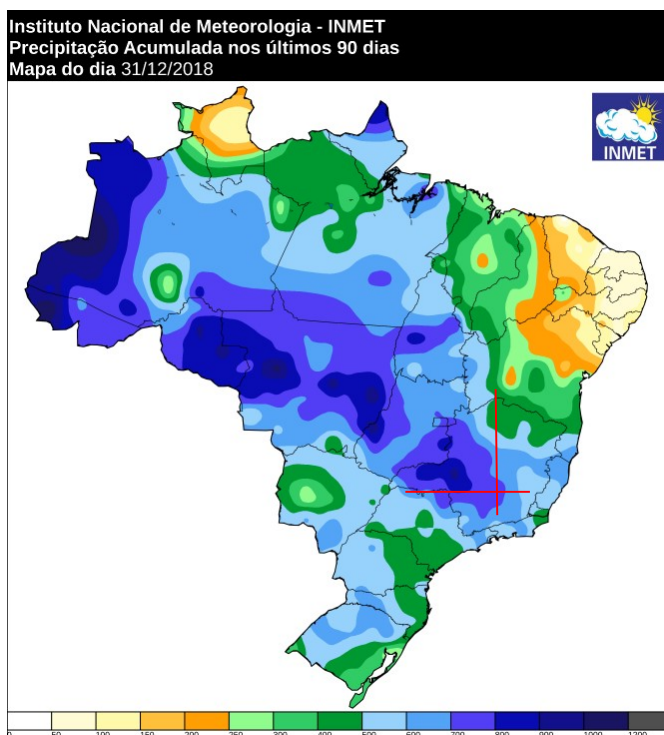
6.7.2 As chuvas

Foi realizada pesquisa no site eletrônico do Instituto Nacional de Metrologia (INMET) para verificar a pluviometria na região de Brumadinho. Neste item estamos

informando os meses de forma abreviada, não em números, com o intuito de facilitar o entendimento para os leitores. Foram produzidos mapas de precipitação acumulada nos seguintes períodos: 90 dias antes de 24/jan./2019, 24/jan./2018, 24/jan./2017, 31/dez./2018, 31/dez./2017 e 31/dez./2016 (Figura 34, Figura 35, Figura 36, Figura 37, Figura 38 e Figura 39). Esses mapas só estão disponíveis na página eletrônica do INMET em períodos de até 90 dias. A pesquisa dos 90 dias anteriores a 24/jan./2016 e a 31/dez./2015 apresentou erro na página do INMET.

Nos dois períodos de 90 dias pesquisados, isto é, de 01/out./2018 a 31/dez./2018 e de 25/out./2018 a 24/jan./2019, a precipitação em Brumadinho esteve entre 700 e 800 mm. Nos períodos de 01/out./2017 a 31/dez./2017 e de 25/out./2017 a 24/jan./2018, a precipitação esteve entre 500 e 600 mm e 600 e 700 mm, respectivamente. Esta diferença é natural, pois janeiro costuma ser mais chuvoso que outubro. Já entre 01/out./2016 a 31/dez./2017 e entre 25/out./2016 a 24/jan./2017, a precipitação em Brumadinho esteve entre 700 e 800 mm.

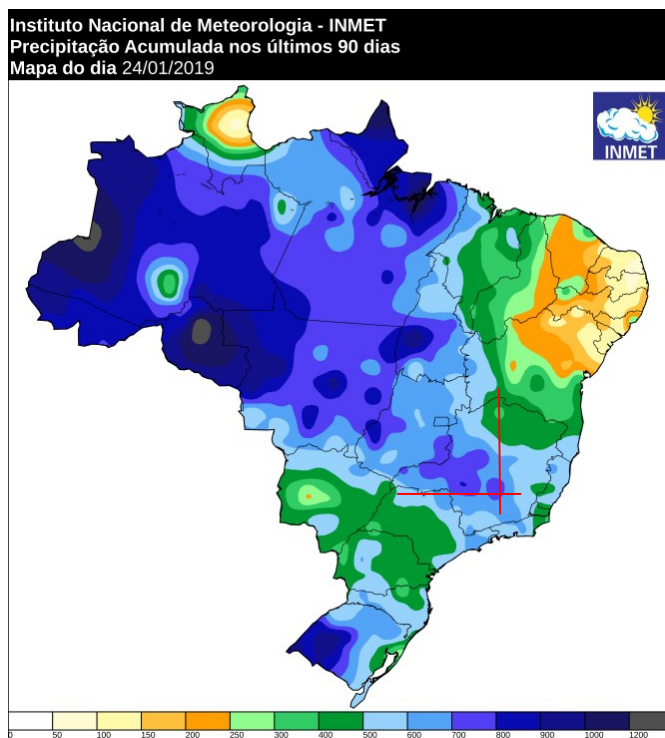
Figura 34 - Pluviometria em Brumadinho nos 90 dias anteriores a 31/dez./2018



Fonte: <https://tempo.inmet.gov.br/PrecAcumulada>.

Nota: O município de Brumadinho está na interseção das duas retas traçadas em vermelho nos mapas de precipitação.

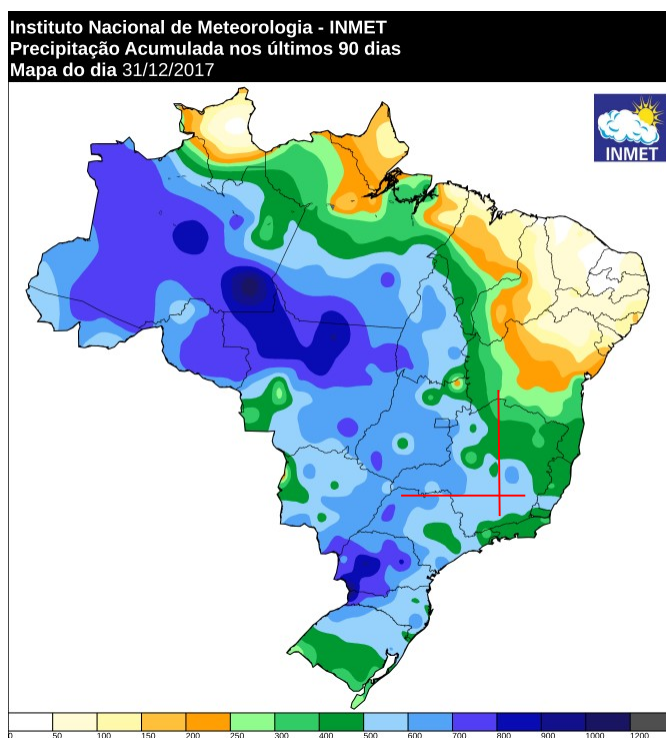
Figura 35 - Pluviometria em Brumadinho nos 90 dias anteriores a 24/jan./2019



Fonte: <https://tempo.inmet.gov.br/PrecAcumulada>.

Nota: O município de Brumadinho está na interseção das duas retas traçadas em vermelho nos mapas de precipitação.

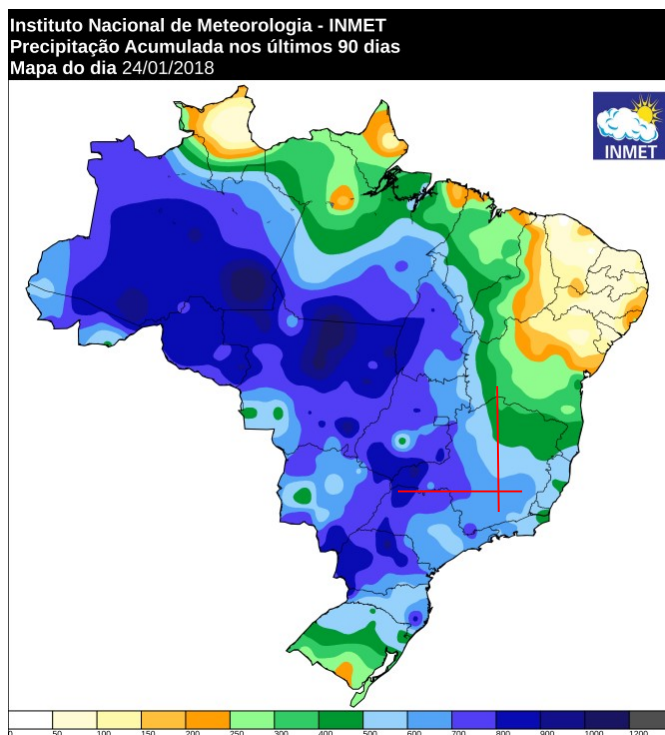
Figura 36 - Pluviometria em Brumadinho nos 90 dias anteriores a 31/dez./2017



Fonte: <https://tempo.inmet.gov.br/PrecAcumulada>.

Nota: Brumadinho está na interseção das duas retas traçadas em vermelho nos mapas de precipitação.

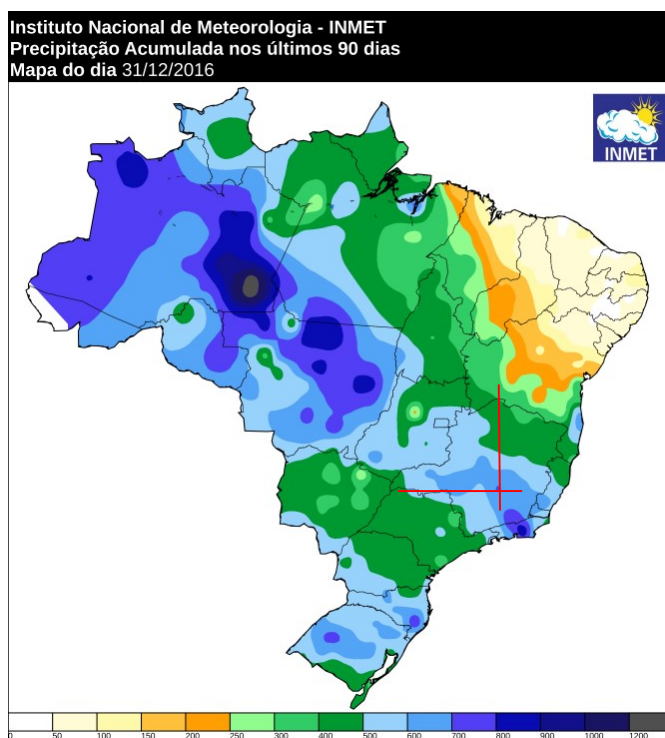
Figura 37 - Pluviometria em Brumadinho nos 90 dias anteriores a 24/jan./2018



Fonte: <https://tempo.inmet.gov.br/PrecAcumulada>.

Nota: Brumadinho está na interseção das duas retas traçadas em vermelho nos mapas de precipitação.

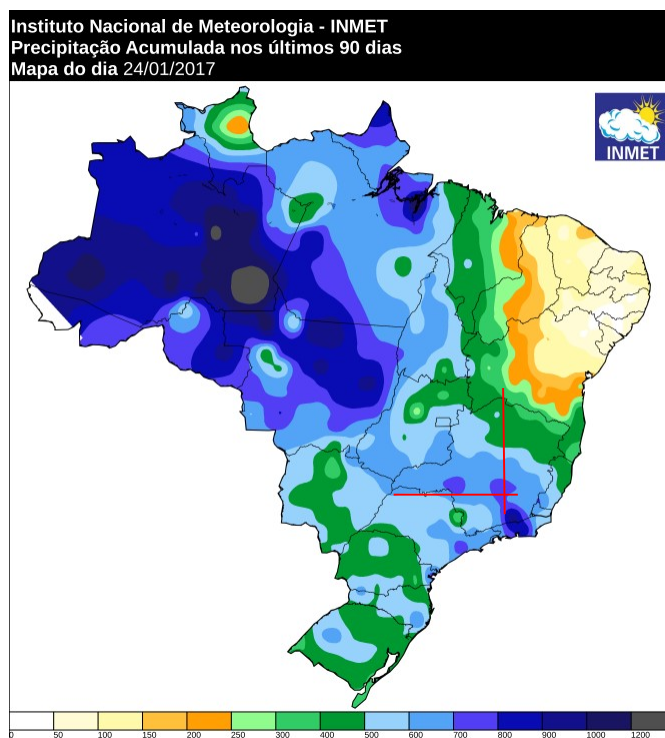
Figura 38 - Pluviometria em Brumadinho nos 90 dias anteriores a 31/dez./2016



Fonte: <https://tempo.inmet.gov.br/PrecAcumulada>.

Nota: Brumadinho está na interseção das duas retas traçadas em vermelho nos mapas de precipitação.

Figura 39 - Pluviometria em Brumadinho nos 90 dias anteriores a 24/jan./2017



Fonte: <https://tempo.inmet.gov.br/PrecAcumulada>.

Nota: Brumadinho está na interseção das duas retas traçadas em vermelho nos mapas de precipitação.

Também foi pesquisada a precipitação acumulada na estação meteorológica de Ibirité (Rola Moça), a que se encontra mais perto de Brumadinho. Neste caso é possível obter períodos acima de 90 dias e optamos por fazer duas pesquisas. A primeira entre os dias 01/out. a 31/dez. dos anos 2015, 2016, 2017 e 2018. A segunda entre os dias 01/out. a 24/jan. dos anos de 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019. O período de 01/out./2015 a 24/jan./2016 foi escolhido por ser o período chuvoso anterior à interrupção de lançamento de rejeitos na barragem. O dia 24/jan. foi escolhido por ser a véspera da ruptura da B I (Tabela 3).

Tabela 3 - Precipitação acumulada medida estação meteorológica de Ibirité (Rola Moça) (2015 – 2018)

Período	Precipitação acumulada (mm)	Período	Precipitação acumulada (mm)
01/out./2015 a 31/dez/2015	534,0	25/out./2015 a 24/jan./2016	831,0
01/out./2016 a 31/dez./2016	735,6	25/out./2016 a 24/jan./2017	855,2
01/out./2017 a 31/dez./2017	590,0	25/out./2017 a 24/jan./2018	632,8
01/out./2018 a 31/dez./2018	817,4	25/out./2018 a 24/jan./2019	765,0

Fonte: tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/

Comparando-se os dados coletados na estação meteorológica de Ibirité (Tabela 3) com os mapas de precipitação, verifica-se grande coerência entre os números. As exceções foram a precipitação acumulada entre 01/out./2018 a 31/dez./2018, sendo maior o valor na Tabela 3

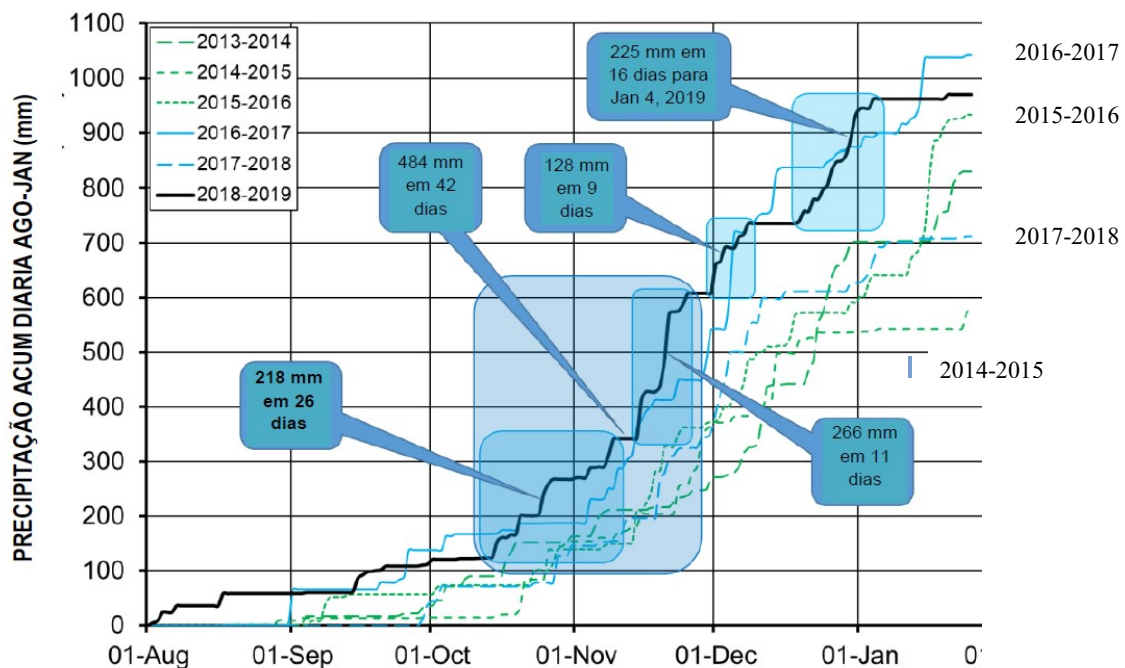
(817,4 mm) que na Figura 34 (entre 700 e 800 mm), e aquela entre 25/out./2016 a 24/jan./2017, sendo maior o valor na Tabela 3 (855,2 mm) que na Figura 39 (entre 700 e 800 mm).

Nota-se que no período de 90 dias mais chuvoso, de 25/out. a 24/jan., tivemos os dois primeiros anos (Tabela 3) com maior volume (831,0mm e 855,2mm) e os dois últimos com menor volume (632,8mm e 765mm). A diferença mais significativa ocorreu no período de 01/out. a 31/dez., quando em 2017 foram registrados 590 mm e 817,4 mm em 2018. O regime de chuvas foi oscilante, havendo aumento em um ano e diminuição no seguinte.

Robertson *et al.* também analisaram a pluviometria na região de Brumadinho fazendo uso dos dados da estação meteorológica de Ibitiré (Rola Moça). De acordo com a Figura 40, as precipitações tornaram-se mais volumosas a partir de 1º de outubro de cada ano. Verifica-se que para o período entre 01 de agosto e 25 de janeiro, o maior volume de chuvas ocorreu em 2016-2017, seguido de 2018-2019, 2015-2016, 2013-2014, 2017-2018 e 2014-2015. Como se observa, o volume de chuvas oscilou, subindo em um ano, caindo no segundo e voltando a subir no posterior, similar ao informado na Tabela 3.

O volume de chuvas aqui apresentado teria relação direta com um possível gatilho da liquefação levantado por Robertson *et al.* (2019) que será discutido no item a seguir.

Figura 40 - Precipitação na estação meteorológica de Ibitiré (Rola Moça) para o período de 01/ago. a 25/jan. para os anos que antecederam o rompimento da barragem B I



Fonte: Adaptado de Robertson *et al.*, 2019, p. 4.

6.7.3 Gatilho da liquefação

Para que o fenômeno da liquefação possa ocorrer, faz-se necessário um gatilho (*trigger*). Uma das perguntas da nossa pesquisa é referente ao gatilho que levou a B I à liquefação.

Começamos a tratar do assunto com o relatório que avaliou o potencial de liquefação quando da construção do último alteamento da B I⁵⁰:

Ao se avaliar o potencial de liquefação da barragem 1, estabeleceu-se que a mesma estaria sujeita apenas à liquefação estática, uma vez que para ocorrer a liquefação dinâmica, seria necessário um ciclo de carregamento e descarregamento num curto prazo de tempo, o que geralmente ocorre por meio de abalos sísmicos. No Brasil não há histórico de abalos que pudessem instigar um fenômeno de liquefação dinâmica. A liquefação estática está condicionada a um elemento de ignição, que pode ser para o caso em questão, a ruptura de um talude local e/ou a elevação da pressão neutra de modo a anular as tensões efetivas verticais (grifo nosso).

No RISR de 2015⁵¹ da B I é citado que:

Nota: Estudos sobre a possibilidade de ocorrência de liquefação estática, publicados em tese de mestrado, apontam a susceptibilidade à liquefação dos rejeitos existentes na barragem. A liquefação pode suceder caso um evento específico e de determinada magnitude ou natureza atue como gatilho. Esse evento, embora de baixa probabilidade de ocorrência, deve ser considerado, bem como deve ser mantido o sistema de drenagem interna em boas condições de operação, tendo em vista a minimização dos riscos de saturação completa do maciço.

A partir da ruptura da BRF em 2015, o fenômeno da liquefação começa a ter mais visibilidade no Brasil e a ter mais espaço nos relatórios produzidos por empresas de auditoria de barragens. O RISR de 2016 da B I⁵² informou quanto aos possíveis gatilhos para a liquefação:

Assim, é importante destacar que fatores de segurança inferiores ao valor de 1.3, ou mesmo inferiores à unidade, não significam que a barragem vai romper. Significa apenas que se ocorrerem os eventos responsáveis pelo carregamento não drenado, a barragem poderá romper-se.

Estes eventos são denominados "gatilhos", sendo identificados como: razão de alteamento elevada na construção da barragem, elevação da linha piezométrica, ruptura de algum talude individual ou composto, ruptura da encosta do reservatório, e que o atinja, redução da resistência do material com a deformação (*strain softening*). Assim sendo, se estes gatilhos forem controlados, o processo de ruptura em condição não drenada não se instala na barragem, e a mesma poderá ser estável durante sua vida operacional e no fechamento, mesmo com fator de segurança abaixo do mínimo estabelecido, ou até mesmo abaixo da unidade (grifo nosso).

⁵⁰GEOCONSULTORIA. Avaliação do potencial de liquefação da B I, VL28-RT-09, Rev. 0. Abril, 2008.

⁵¹PIMENTA DE ÁVILA. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, RD-639-RL-40142-01, 08/07/2015.

⁵²GEOCONSULTORIA. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, VL55-RT05, 30/08/2016.

A RPSB da B I⁵³ apontou que:

Para que o fenômeno da liquefação ocorra, além da presença de materiais suscetíveis, há também a necessidade de ocorrência de um gatilho. Os gatilhos podem estar associados a eventos estáticos ou dinâmicos, como: excesso de poropressões por carregamentos rápidos (alçamento rápido da barragem, elevação do nível do reservatório, etc.), excesso de poropressões por abalos sísmicos ou vibrações induzidas (sismos naturais, tráfego de equipamentos, detonações, rupturas de estruturas adjacentes, etc.), aumento das tensões cisalhantes ou deformações cisalhantes impostas (remoção de material do pé da barragem, movimentação da fundação, etc.), entre outros (grifo nosso).

Ainda traz a RPSB⁵³ a seguinte informação:

Para a avaliação do potencial de liquefação, considerou-se que algo imprevisível possa ocorrer e levar os materiais suscetíveis a atingirem sua resistência não-drenada de pico. A este evento, dá-se o nome de gatilho desconhecido. Outros gatilhos não foram avaliados, por se considerar que sua probabilidade de ocorrência seja mais reduzida que a do gatilho desconhecido (grifo nosso).

A liquefação pode ser ativada tanto por carregamentos dinâmicos (terremotos, explosões, vibrações por tráfego de equipamentos) quanto por carregamentos estáticos. Davies *et al.* (2002) citado por Freire Neto (2009, p. 55-56) apresentam os seguintes potenciais gatilhos para a liquefação estática em barragens de rejeitos:

- Aumento das poropressões induzido por uma subida rápida da superfície freática;
- Aumento das poropressões induzido por uma taxa de carregamento excessiva, como por exemplo, devido a um rápido alçamento da barragem;
- Tensões cisalhantes estáticas atuantes ultrapassando a superfície de colapso, levando a uma liquefação espontânea;
- Remoção da camada de suporte posicionada no pé da estrutura, promovida por galgamento da barragem ou por qualquer outra situação, aumentando as tensões cisalhantes atuantes;
- Movimento da fundação rápido o suficiente para criar um carregamento não drenado em rejeitos susceptíveis ao colapso espontâneo.

A partir daqui apresentaremos e discutiremos os relatórios de investigação que trataram do possível gatilho para a liquefação da B I.

6.7.3.1 Relatório da SRT/MG

O primeiro relatório a apontar o possível gatilho para a liquefação da B I foi o da SRT/MG (BRASIL, 2019a, p. 171):

Quanto às perfurações (incluindo sondagens) a úmido no barramento, estas não foram consideradas nos estudos de liquefação, elaborados pelas empresas consultoras contratadas pela Vale. Porém, segundo o documento *Guidelines for*

⁵³TÜVSÜD. Revisão Periódica de Segurança da Barragem – Barragem I, Nº RC-SP-117/17, 20/11/2017 (emissão inicial). A revisão 4 é datada de 24/08/2018.

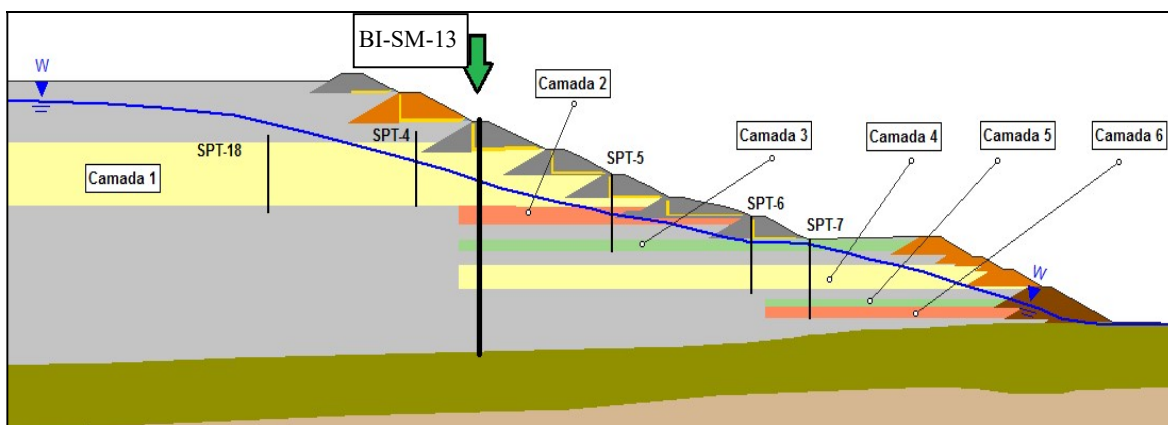
Drilling and, Sampling in Embankment Dam (Diretrizes para Perfuração e Amostragem em Barragens de Aterro) do Departamento do Interior dos Estados Unidos (op. cit.), o processo de perfuração a úmido provoca danos por fraturamento hidráulico durante a realização dos furos que podem abrir caminho para infiltração e por consequência criar condições para conduzir a um *piping* e, enfim, à falência da barragem.

No dia do rompimento da B I foi concluído um furo vertical de 68 m de profundidade a partir da berma do 8º alteamento da B I com uso de uma perfuratriz que utilizava água pressurizada. Este furo atravessou as camadas 1 e 2 que se mostraram mais críticas à liquefação conforme a análise de estabilidade probabilística. Esta situação pode ter levado a uma ruptura das citadas camadas, que por sua vez pode ter atuado como um gatilho, ocasionando a liquefação da barragem (grifo nosso).

Os Auditores-Fiscais do Trabalho (BRASIL, 2019a) informaram que as camadas de rejeitos 1 e 2 seriam as mais críticas à liquefação (Figura 41), conforme estudo da Pimenta de Ávila Consultoria elaborado em 2015.

Quanto à perfuração realizada no 8º alteamento (12º alteamento conforme figura 23), os AFT citaram que a sondagem mista n.º 13 (BI-SM-13), concluída pela empresa FUGRO no dia do rompimento (BRASIL, 2019a), avançou sobre as camadas críticas 1 e 2. Conforme Figura 41, a perfuração também atingiu as camadas 3 e 4 citadas no relatório da Pimenta de Ávila de 2015⁵¹ e chegou até o terreno natural. Na sondagem mista é utilizada água para lavar o material escavado e resfriar a ferramenta de perfuração.

Figura 41 - Seção da barragem B I mostrando seis camadas de rejeitos que foram analisadas quanto ao potencial de liquefação em 2015



Fonte: Adaptado de Brasil, 2019a.

Nota: Seta verde aponta a posição da sonda para a perfuração do furo BI-SM-13.

6.7.3.2 Relatório do Painel de Especialistas

O relatório contratado pela VALE e elaborado por Robertson *et al.* (2019), intitulado “Relatório do Painel de Especialistas sobre as Causas Técnicas do Rompimento da Barragem

I do Córrego do Feijão”, de dezembro de 2019, apresentou sua versão para o furo de sondagem BI-SM-13:

O furo de sondagem que estava sendo perfurado à época do rompimento era o SM-13. O potencial para essa atividade desencadear a liquefação foi avaliado pela imposição de uma condição de perda de resistência não drenada em um raio de 1 m do furo de sondagem, até uma profundidade de 80 m. Essa condição foi considerada como representativa de um cenário extremo. Essa condição não causou deformações significativas ou rompimento da barragem nos modelos representativos. Portanto, a perfuração do SM-13 não é considerada um gatilho viável (grifo nosso) (op. cit., p. 70).

Robertson *et al.* concluíram no relatório sobre o que levou ao rompimento da B I:

O Painel concluiu que a súbita perda de resistência e o rompimento resultante da barragem marginalmente estável foram devido a uma combinação crítica de deformações específicas contínuas devidas ao creep⁵⁴, e uma redução de resistência devida à perda de sucção⁵⁵ na zona não-saturada causada pela precipitação cumulativa desde que cessou o lançamento de rejeitos, incluindo a precipitação intensa no final do ano 2018. Isso seguiu vários anos de precipitação crescente depois de que o lançamento de rejeitos cessou em julho de 2016. As deformações específicas e a redução de resistência na zona não-saturada alcançaram um nível crítico que resultou no rompimento observado no dia 25 de janeiro de 2019. As deformações e as deformações específicas calculadas pré-rompimento por creep correspondem às pequenas deformações observadas na barragem no ano anterior ao rompimento (op. cit., p. 75).

A perda da sucção na zona não-saturada, segundo os especialistas, foi em decorrência da precipitação crescente depois que o lançamento de rejeitos cessou em julho de 2016. Mas como vimos na Tabela 3, a precipitação cresceu no último trimestre de 2016, decresceu em 2017 e voltou a subir no fim de 2018. Logo, a justificativa para a redução de resistência devida à perda de sucção pela infiltração da água de chuva, a princípio, não se sustenta, pois a precipitação não foi crescente nos últimos três anos.

No apêndice H – Deformação (ROBERTSON *et al.*, 2019), mecanismos de gatilho de liquefação para a B I foram avaliados em três estágios. No estágio 2 (dois), foram avaliados o furo de sondagem SM-13, o 15º DHP, nascentes existentes na região da barragem e a perda de sucção na região não saturada, isto é, acima da superfície freática. Os três primeiros gatilhos foram descartados. O estágio 3 (três) da avaliação envolveu mais estudos em relação ao gatilho com maior influência no estágio 2. Trata-se da perda de resistência de 15 kPa na zona não saturada devido à perda de sucção por infiltração de chuva, combinando-o com uma condição de deformação interna contínua (*creep*) dentro da barragem.

⁵⁴Deformações específicas que se desenvolvem com o tempo sob carga constante.

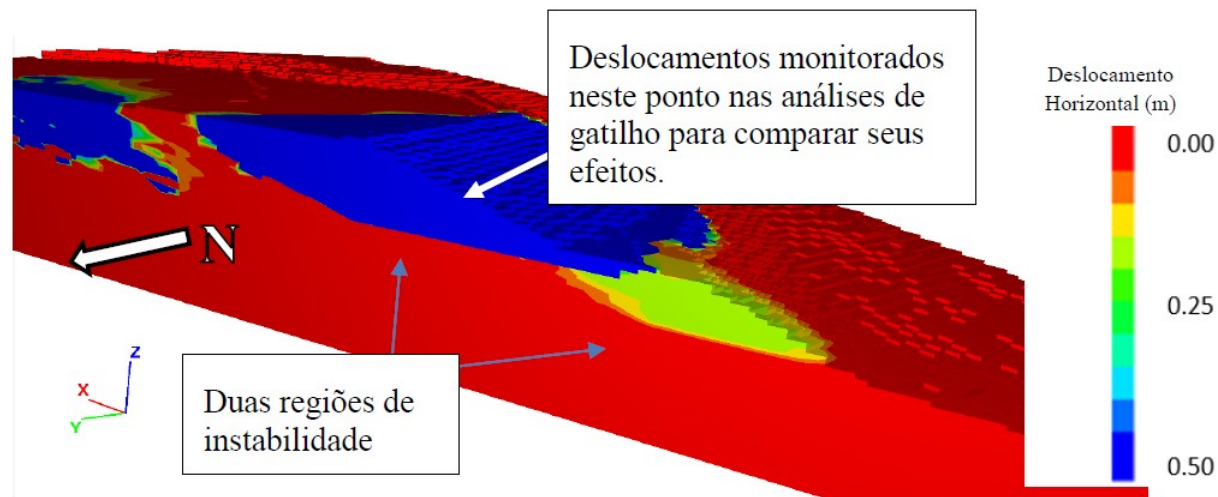
⁵⁵A água presa nos solos pelos efeitos capilares e por forças elétricas atuantes entre as partículas acaba por prender umas às outras. A sucção cresce para umidades decrescentes (CRUZ, 2019, p. 118 e 121).

Deslocamentos de 8 a 37 cm por *creep* registrados na face da B I causariam seu rompimento. Contudo, um deslocamento de somente 1 cm (*creep*) levaria ao rompimento quando se incluiu na análise a perda de resistência de 15 kPa na zona não saturada. Estabeleceu o relatório de Robertson *et al.* (op. cit., p. 34):

Foi escolhido um ponto no talude da barragem para ser monitorado durante as análises de gatilhos. Era importante monitorar os deslocamentos nessa região especificamente porque o objetivo dessa análise não era apenas determinar se os gatilhos causariam o rompimento da barragem, mas que causariam o rompimento na localização na qual o rompimento foi observado (grifo nosso).

O ponto escolhido no talude da B I durante as análises de gatilhos está apontado na Figura 42 através de uma seta branca. Contudo, o relatório não explicou por qual motivo foi esse ponto escolhido, tendo em vista que a primeira região que mais se deformou na barragem no momento do rompimento estava um pouco acima do dique inicial, linha tracejada vermelha na Figura 43, e não na região dos diques de alteamento que estava acima do recuo do eixo, conforme aponta a seta na Figura 42.

Figura 42 - Padrões de deslocamento desenvolvidos conforme instabilidade ocorrida nas análises de redução de resistência dos rejeitos saturados



Fonte: Robertson *et al.*, 2019, Apêndice H, p.34.

No item 4.5 – Condições de contorno, do Apêndice G – Análise de Percolação, informou o relatório:

Foi observada a exurgência de nascentes nos locais identificados na figura 21 [Figura 44 nesta pesquisa]. [...] Espera-se que o fluxo de água para os rejeitos, da fundação, seja pequeno em relação à contribuição do lago de decantação e das chuvas no balanço hídrico dos rejeitos (p. 29). Reconhece-se que o lago de decantação é formado por uma combinação de: (i) chuvas; (ii) escoamento de praia; (iii) escoamento da bacia de drenagem; e (iv) água de consolidação de rejeitos (p.28).

Figura 43 - Imagem do rompimento da barragem B I, dia 25/01/2019, às 12h28min26s



Fonte: VALE, 2019⁵⁶.

Nota: Região em destaque com maior deformação na B I quando do início do rompimento.

Figura 44 - Localização das nascentes exsurgentes após o rompimento da B I



Fonte: Robertson *et al.*, 2019, Apêndice H, p.29.

A equipe de Robertson não identificou e não citou em nenhuma parte do relatório a nascente à montante do lago informada mais adiante no item 6.8.7, com vazão aproximada de 1,17 m³/h. Apesar de ter sido construído um pequeno dique para represamento da água da nascente, ela acabava por alcançar o lago em razão de problemas com uma bomba elétrica.

⁵⁶VALE. Filme do rompimento da barragem B I disponibilizado à SRT/MG.

Outro ponto controverso no relatório de Robertson *et al.* foi a posição da linha freática dentro do maciço. No Apêndice G - Análise de Percolação, p. 39, foi informado que: “A revisão dos piezômetros e INAs resultou em 57 pontos de dados (ou seja, 41 piezômetros e 16 INAs) sendo considerados para calibração”. Na p. 41 do Apêndice G (ROBERTSON *et al.*, 2019) foi informado que:

Os resultados mostram que houve um declínio gradual no nível médio da água desde 2016. O declínio foi de cerca de 1,4 m para as instalações acima do recuo (900 m msl) e de cerca de 0,5 m para as instalações no recuo ou abaixo dele. Essa observação é atribuída a uma lenta redução líquida de água após a deposição de rejeitos cessar, em 2016. A água parece estar sendo drenada das partes superiores da barragem em direção às partes inferiores. A redução também cria uma crescente zona não saturada nas partes superiores da barragem. Os resultados também mostram pequenos aumentos de curto prazo no nível da água que parecem estar associados a respostas durante as estações chuvosas.

No item 6.9.14.3 abordaremos questões referentes à gestão dos instrumentos de auscultação pela VALE. Serão apontadas várias não conformidades quanto a tais instrumentos, o que não foi contemplado no relatório de Robertson *et al.* Mesmo com as irregularidades na gestão, utilizaremos os resultados dos instrumentos de auscultação instalados na B I para que possamos apontar o quanto a linha freática vinha caindo e comparar os resultados com aqueles obtidos por Robertson *et al.* (2019).

Fizemos um levantamento das leituras de todos os instrumentos ativos na B I, contando com os dados de uma tabela disponibilizada pela VALE à SRT/MG (BRASIL, 2019a), com leituras de janeiro de 2017 a dezembro de 2018, e das leituras constantes da RPSB⁵⁷. Contudo, não havia a leitura mensal dos meses finais de 2018 para vários instrumentos na tabela VALE, provavelmente em razão da automatização de 46 desses ocorrida a partir de 28/08/2018. Para que nosso levantamento ficasse o mais próximo possível do realizado por Robertson *et al.* (2019), fizemos uso das leituras constantes do seu Apêndice C para completar as lacunas. Quando o valor final estava na tabela disponibilizada pela VALE, demos preferência ao mesmo por apresentar três casas decimais.

Em nosso estudo, fizemos uso de dados de 71 instrumentos de auscultação, sendo 19 INA e 52 PZ, 14 a mais que Robertson *et al.* (op. cit.). Não constam do nosso estudo os instrumentos com leitura seca, os sem medição, os que tiveram apenas uma leitura (PZ-33C e PZ-34C) e três com leitura anômala (INA-02: queda de 2,30m entre 10/18 a 01/19; INA-13: queda de 5,279m entre 01/2016 a 25/01/2019; INA-16.4: queda de 5,038m entre 01/2017 e

⁵⁷TÜV SÜD. Revisão Periódica de Segurança da Barragem – Barragem I, Nº RC-SP-117/17, 20/11/2017 (emissão inicial). A revisão 4 é datada de 24/08/2018.

27/11/2018). Quando a primeira leitura de um instrumento ocorreu após janeiro de 2016, a ocorrência é informada no Quadro 7 e no Quadro 8.

Para os instrumentos PZC-41 a PZC-47 foram informadas leituras constantes da RPSB da B I⁵⁷ a partir de 11/10/2016. Em relação aos INA-40-16, INA-41-16 e 42-16, a leitura é a partir de 06/01/2017, constante da tabela VALE. Apesar de Robertson *et al.*(op. cit.) terem estudado a queda da linha freática a partir de janeiro de 2016, a inclusão destes 10 instrumentos em nosso estudo não trará prejuízos ao resultado final, haja vista que o período seco no Brasil ocorre entre abril e setembro de cada ano.

Do total de instrumentos, 34 estavam instalados acima do nível do recuo do eixo da barragem (El. 899,0m), isto é, do 4º alteamento para cima (Quadro 7). Outros 37 estavam instalados no nível do recuo do eixo até a fundação do dique inicial (Quadro 8).

Quadro 7 - Leitura dos instrumentos de auscultação da B I acima do nível 899m (recuo do eixo)

Local	Código Instrumento	Data	Leitura (m)	Diferença leituras (m)	Observação
Instrumentos acima do nível do recuo do eixo (>elevação 899m)	INA-01	01/01/2016	906,75	-2,306	Robertson, Ap. C, p. 101
		27/11/2018	904,444		VALE, S/M após a data
	INA-03	01/01/2016	897	-0,75	Robertson, Ap. C, p.103
		18/01/2019	896,25		
	INA-05	01/01/2016	904,6	-3,00	Robertson, Ap. C, p.104
		18/01/2019	901,6		
	INA-07	01/01/2016	906,6	-2,2	Robertson, Ap. C, p.106
		18/01/2019	904,4		
	INA-09	01/01/2016	911,6	-0,568	Robertson, Ap. C, p.108
		27/11/2018	911,032		VALE, S/M após a data
	INA-10	01/01/2016	896,4	-0,846	Robertson, Ap. C, p.109
		27/11/2018	895,554		VALE, S/M após a data
	INA- 11	01/01/2016	910,4	-1,069	Robertson, Ap. C, p.110
		27/11/2018	909,331		VALE, S/M após a data
	INA-14	01/01/2016	914,9	-0,841	Robertson, Ap. C, p.112
		31/08/2018	914,059		VALE, S/M após a data
	INA-16.2	19/01/2017	893,2	0,05	Primeira leitura
		27/11/2018	893,25		Robertson, Ap. C, p.115
	INA-16.5	19/01/2017	901,9	-1,35	Primeira leitura
		18/01/2019	900,55		Robertson, Ap. C, p.118
	INA-17	06/01/2017	889,432	-0,33	VALE
		27/11/2018	889,102		VALE, S/M após a data
	INA-21	01/01/2016	894,2	-0,47	Robertson, Ap. C, p.117
		27/11/2018	893,73		VALE, S/M após a data
	INA-16.1	02/2017	918,3	-0,315	Primeira leitura
		27/11/2018	917,985		Robertson, Ap. C, p.114
	PZ-17C	19/01/2017	902,75	-1,6	Robertson, Ap. C, p.59
		25/01/2019	901,15		
PZ-18C	01/01/2016	902,6	-1,7	Robertson, Ap. C, p.60	
	25/01/2019	900,9			
PZ-19C-1	01/01/2016	893,5	-1,275	Robertson, Ap. C, p.61	
	31/08/2018	892,225		VALE, S/M após a data	
PZ-21C	01/01/2016	903,6	-1,944	Robertson, Ap. C, p.63	
	31/08/2018	901,656		VALE, S/M após a data	
PZ-20C	01/01/2016	903	-1,70	Robertson, Ap. C, p.62	

Local	Código Instrumento	Data	Leitura (m)	Diferença leituras (m)	Observação
		31/08/2018	901,3		S/M após a data
	PZ-22C	19/01/2017	898,514	-0,664	VALE
		25/01/2019	897,85		Robertson, Ap. C, p.64
	PZ-23C	06/01/2017	903	-2,15	Robertson, Ap. C, p.66
		25/01/2019	900,85		
	PZ-24C	01/01/2016	889,9	-0,75	Robertson, Ap. C, p.67
		25/01/2019	889,15		
	PZ-25C	01/01/2016	902,5	-0,679	Robertson, Ap. C, p.68
		23/10/2017	901,821		VALE, S/M após a data
	PZ-26C	02/2017	897,7	-0,95	Robertson, Ap. C, p.69
		25/01/2019	896,75		
	PZ-28C	01/01/2016	907,6	0,282	Robertson, Ap. C, p.70
		28/09/2018	907,882		S/M após a data
	PZ-30C	01/01/2016	907,1	0,189	Robertson, Ap. C, p.71
23/10/2017		907,289	VALE, S/M após a data		
PZ-44C	09/04/2018	909,416	-1,68	VALE	
	14/08/2018	907,736		VALE, S/M após a data	
898,15	PZ-47C	01/01/2016	917,25	-1,25	Robertson, Ap. C, p.74
		08/12/2018	916		
	PZ-48C	01/01/2016	911,8	-1,2	Robertson, Ap. C, p.75
		25/01/2019	910,6		
	PZ-49C	01/01/2016	912,1	-1,15	Robertson, Ap. C, p.76
		25/01/2019	910,95		
	PZ-51C	02/2016	912,8	-0,55	Robertson, Ap. C, p.78
		31/10/2018	912,25		
	PZC-20C	01/2017	860,50	0,00	Robertson, Ap. C, p.82
		07/11/2018	860,50		
	PZC-19C	01/01/2016	860,75	-0,65	Robertson, Ap. C, p.81
		25/01/2019	860,1		
	PZ-22C-1	01/01/2016		0	Robertson, Ap. C, p.65
		25/01/2019			
PZC-16.7	26/09/2018	889,15	0,1	Primeira leitura	
	25/01/2019	889,25		Robertson, Ap. C, p.79	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Notas: 1) Não entram na soma instrumentos c/leitura “seco” e S/M (sem medição); 2) PZ – Piezômetro; 3) INA-Indicador de nível d'água; 4) Robertson, Ap. C - Robertson *et al.*, 2019, Apêndice C.

Quadro 8 - Leitura dos instrumentos de auscultação da B I no nível 899m (recuo do eixo) e abaixo

Local	Código Instrumento	Data	Leitura (m)	Diferença leituras (m)	Observação
Instrumentos no do nível do recuo do eixo (≤elevação 899m) e abaixo	INA-06	01/01/2016	888	-0,99	Robertson, Ap. C, p.105
		13/12/2018	887,014		VALE
	INA-08	01/01/2016	889,7	-0,37	Robertson, Ap. C, p.107
		13/12/2018	889,329		VALE
	INA-40/16	06/01/2017	896,78	-0,10	VALE
		13/12/2018	896,68		VALE
	INA-41/16	06/01/2017	897,94	-0,14	VALE
		11/10/2018	897,8		S/M após a data
	INA-42/16	06/01/2017	894,28	-0,32	VALE
		13/12/2018	893,96		VALE
	INA-43/16	03/10/2016	897,15	-0,45	Primeira leitura
		13/12/2018	896,7		VALE
	PZ-2C	02/2016	862,25	-1,75	Robertson, Ap. C, p.51
		09/12/2018	860,5		Robertson, Ap. C, p.56
	PZ-11C	01/01/2016	866,75	0,24	VALE, S/M após a data
		14/09/2018	866,991		Robertson, Ap. C, p.57
	PZ-12C	01/01/2016	867,75	0,55	Robertson, Ap. C, p.58
		25/01/2019	868,3		Robertson, Ap. C, p.52
	PZ-13C	01/01/2016	880,6	-1,10	VALE, S/M após a data
		25/01/2019	879,5		Robertson, Ap. C, p.53
	PZ-3C	01/01/2016	860,1	-0,50	Robertson, Ap. C, p.54
		14/09/2018	859,597		VALE, S/M após a data
	PZ-4C	01/01/2016	875,6	-0,25	Robertson, Ap. C, p.55
		25/01/2018	875,35		Robertson, Ap. C, p.80
	PZ-5C	01/01/2016	877,3	-0,24	Robertson, Ap. C, p.84
		11/10/2018	877,057		VALE, S/M após a data
	PZ-6C	01/01/2016	876,1	0,00	Robertson, Ap. C, p.85
		25/01/2019	876,1		Robertson, Ap. C, p.82
	PZC-19B	01/01/2016	859,7	-0,25	S/M após a data
		25/01/2019	859,45		Robertson, Ap. C, p.86
	PZC -21	01/01/2016	881,35	-0,55	Robertson, Ap. C, p.217
		25/01/2019	880,8		VALE, S/M após data
	PZC-22	01/01/2016	888,35	-1,00	Robertson, Ap. C, p.218
		25/01/2019	887,35		VALE, S/M após data
	PZC -23	01/01/2016	887,35	-0,85	VALE
		25/01/2019	886,5		VALE, S/M após data
	PZC-20C	01/01/2016	860,4	-0,05	VALE, S/M após data
		07/11/2018	860,35		Robertson, Ap. C, p.82
	PZC - 24	01/01/2016	878,6	-0,50	Robertson, Ap. C, p.86
		25/01/2019	878,1		TÜV SÜD, 2018, p.219
PZC-41	11/10/2016	879,09	0,12	VALE, S/M após data	
	14/09/2018	879,21		TÜV SÜD, 2018, p.218	
PZC-42	11/10/2016	877,5	-0,04	VALE, S/M após data	
	14/09/2018	877,46		VALE	
PZC-43	06/01/2017	858,5	-0,48	VALE, S/M após data	
	14/09/2018	858,02		VALE, S/M após data	
PZC-44	11/10/2016	861,75	-0,39	TÜV SÜD, 2018, p.219	
	14/09/2018	861,36		VALE, S/M após data	
PZC-45	11/10/2016	858,38	-0,21	TÜV SÜD, 2018, p.219	
	14/09/2018	858,17		VALE, S/M após data	

Continua.

Conclusão.

Local	Código Instrumento	Data	Leitura (m)	Diferença leituras (m)	Observação
Instrumentos no nível do recuo do eixo e abaixo (≤elevação 899m)	PZC-46	11/10/2016	855,55	-1,18	TÜV SÜD, 2018, p.220
		14/09/2018	854,37		VALE, S/M após data
	PZC-47	11/10/2016	853,88	0,00	TÜV SÜD, 2018, p.220
		14/09/2018	853,88		VALE, S/M após data
	PZF-13	01/01/2016	862,8	-0,45	Robertson, Ap. C, p.91
		25/01/2019	862,35		
	PZF-23	02/2016	866,9	0,00	Robertson, Ap. C, p.92
		25/01/2019	866,9		
	PZF-5	10/2017	870,05	0,30	Robertson., Ap. C, p.90
		11/10/2018	870,35		
	PZM-15	01/01/2016	875,75	-0,15	Robertson, Ap. C, p.95
		25/01/2019	875,6		
	PZM-16	02/2016	875,9	-0,16	Robertson, Ap. C, p.96
		14/09/2018	875,736		VALE, S/M após data
	PZM-17	01/01/2016	876,4	-0,15	Robertson, Ap. C, p.97
		25/01/2019	876,25		
	PZM-20	01/01/2016	883,95	-1,00	Robertson, Ap. CNPC. 98
		14/09/2018	882,953		VALE, S/M após data
	PZM-22	01/01/2016	889,9	-0,05	Robertson, Ap. CNPC. 99
		14/09/2018	889,845		VALE, S/M após data
PZM-7	01/01/2016	875,8	-0,05	Robertson, Ap. C, p.93	
	25/01/2019	875,75			
PZM-9	01/01/2016	876,4	0,20	Robertson, Ap. C, p.94	
	25/01/2019	876,6			

Fonte: Elaborado pelo autor.

Notas: 1) Não entram na soma instrumentos c/leitura “seco” e S/M (sem medição); 2) PZ - Piezômetro; 3) INA- Indicador de nível d’água; 4) Robertson, Ap. C - Robertson *et al.*, 2019, Apêndice C; 5) TÜV SÜD, 2017, Revisão Periódica de Segurança da B I.

A somatória das diferenças das leituras dos instrumentos do Quadro 7 foi igual a menos (-) 33,316m, o que aponta um decréscimo médio de 0,98m por instrumento. A somatória das diferenças das leituras dos instrumentos do Quadro 8 foi igual a menos (-) 12,3m, o que aponta um decréscimo médio de 0,33m por instrumento.

Comparando o levantamento de Robertson *et al.* (2019) e o realizado por nós (Quadro 9), verificamos que a nossa média de decréscimo das leituras em instrumentos da B I corresponde a 70% da média do estudo de Robertson *et al.* para aqueles acima do nível 899 m e de 66% para aqueles no nível 899 m e abaixo.

Quadro 9 - Comparação das médias de decréscimo na leitura em instrumentos de auscultação da B I

Levantamento	Média do decréscimo de leituras em instrumentos de auscultação da B I (m)	
	Acima do nível 899m	No nível 899m e abaixo
Robertson <i>et al.</i>	1,40	0,50
Nosso estudo	0,98	0,33

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como tivemos acesso a mais dados do que o estudo de Robertson *et al.*, podemos concluir que a queda nos níveis de água dentro da B I foi pouco expressiva nos três anos anteriores ao rompimento da estrutura. Logo, isso nos leva a crer que não houve um aumento expressivo de zona não saturada na B I, e, conseqüentemente, não podemos afirmar que houve perda de resistência de 15 KPa correspondente à sucção na barragem, como afirmou o estudo de Robertson *et al.*

6.7.3.3 Relatório do CIAEA

O relatório elaborado pelo CIAEA (2020, p. 16), contratado pela VALE, opinou da mesma forma que Robertson *et al.* sobre o *creep* e a redução de resistência devida à perda de sucção, mas não descartou a hipótese da perfuração ter sido o possível gatilho para a liquefação:

Há alta plausibilidade de a liquefação ter sido deflagrada por deformação lenta e redução da resistência devido à perda de sucção em materiais não-saturados acima do nível freático. A deformação lenta teria levado o material ao limite da resistência ao cisalhamento não-drenado de pico. Isso, conjugado com a redução da resistência ao cisalhamento de materiais não-saturados acima do nível freático devido à perda de sucção em decorrência da estação chuvosa, teria culminado na ruptura com liquefação.

Além disso, a equipe técnica do CIAEA avaliou a perfuração que estava em andamento na B I no dia do rompimento. Em condições normais, uma campanha de perfuração não deve desencadear liquefação generalizada em uma barragem. Contudo, como a perfuratriz estava centralizada transversalmente entre os pontos onde foram observadas as primeiras deformações da ruptura da B I, na seção de maior altura, sobrejacente ao fundo do vale, e a perfuração, a qual tinha cerca de 100mm de diâmetro e 70 m de profundidade, pode ter causado perturbações nas camadas de rejeitos, os quais tinham comportamento frágil, não é possível excluir nem confirmar a hipótese de que essa perfuração possa ter contribuído para a ruptura da B I (grifo nosso).

Não foi informado pelo CIAEA se a equipe técnica que compôs os trabalhos desenvolveu algum tipo de simulação computacional para chegar a tais conclusões.

6.7.3.4 Relatório do CIMNE

O último relatório sobre o desastre de Brumadinho foi elaborado pelo Centro Internacional de Métodos Numéricos em Engenharia da Universidade Politécnica da Catalunha da Espanha (CIMNE), em agosto de 2021. O resumo do relatório do CIMNE (2021b, p. 3) apresentou informações contrárias ao de Robertson *et al.* (2019):

Não encontramos evidências de qualquer situação significativa de cimentação nos rejeitos, independentemente de sua classificação. Para avaliar o comportamento de

creep, os efeitos da taxa de deformação dos rejeitos foram sistematicamente medidos em três diferentes materiais reconstituídos usando testes triaxiais de controle de taxas de deformação. A magnitude dos efeitos da taxa de deformação medidos nos rejeitos foi sempre pequena e não indicou um papel relevante do processo de *creep* no rompimento (grifo nosso).

O relatório completo do CIMNE (2021a) fez referência ao elaborado por Robertson *et al.* (2019), identificado no primeiro como EPR. Foram feitas várias críticas quanto à conclusão do EPR, isto é, rompimento da B I por *creep* associado à perda da sucção nas camadas não saturadas.

Não está claro no EPR por quanto tempo se presume que a condição de fluência não drenada se aplique (o desenvolvimento da deformação por fluência não é apresentado usando o tempo, mas etapas computacionais). Além disso, o EPR não apresenta ou discute os aumentos de poropressão que, em princípio, teriam de acompanhar tais deformações de fluência não drenadas. Conforme observado acima, os piezômetros não registraram nenhum aumento significativo da pressão dos poros (CENTRO INTERNACIONAL DE MÉTODOS NUMÉRICOS EM ENGENHARIA, 2021a, p.64, tradução nossa).

Existem também algumas dificuldades práticas na tentativa de reproduzir a simulação desenvolvida por Robertson *et al.* (2019):

- a) O EPR afirma que a modelagem dos efeitos de fluência usa uma versão adaptada de um modelo constitutivo viscoplástico de Wedage *et al.* (1998). A adaptação envolvida não é trivial, pois o modelo original foi formulado em tensões efetivas, enquanto o modelo empregado nas simulações do EPR não drenado é formulado usando a tensão total. No entanto, o detalhe desta adaptação do modelo não está disponível.
- b) Efeitos viscosos - incluindo fluência - no original Wedage *et al.* (1998) são incorporados por meio de dois parâmetros de material específicos: um parâmetro de endurecimento da taxa de deformação - denominado b - e uma taxa de deformação de referência, abaixo da qual os efeitos de fluência são insignificantes - denominado $\dot{\epsilon}_0^p$. Os valores desses parâmetros usados nas simulações descritos pelo EPR não são relatados (CENTRO INTERNACIONAL DE MÉTODOS NUMÉRICOS EM ENGENHARIA, 2021a, p.64, tradução nossa).

O CIMNE (2021b, p. 4) realizou uma série de análises numéricas computacionais para auxiliar na interpretação do rompimento. Sobre o fenômeno *creep* foi manifestado que:

As simulações da história da barragem não mostram sinais de colapso iminente da barragem no momento da ruptura, mesmo quando fenômenos de *creep* e de aumento de precipitação são incorporados na análise. Na verdade, a estabilidade também é obtida mesmo que a análise seja continuada por um período de mais 100 anos. Este resultado sugere que algum fator ou evento adicional foi necessário para que a barragem rompesse.

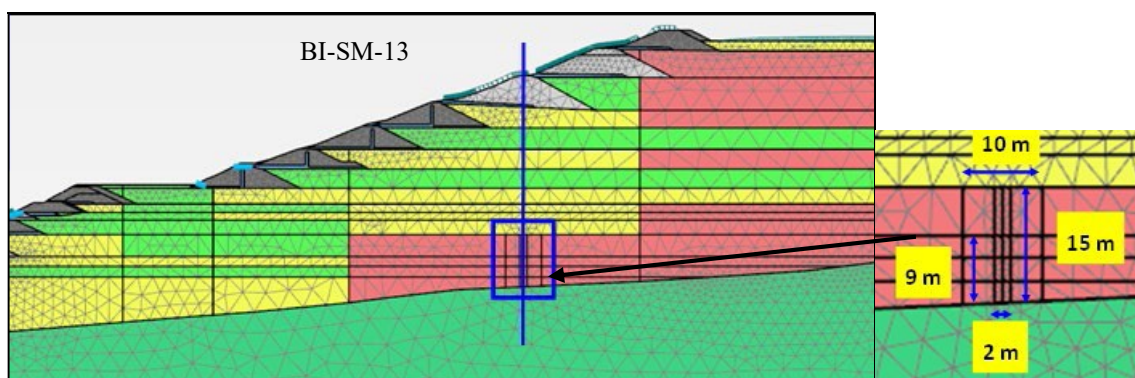
A perfuração do furo BI-SM-13 foi um potencial gatilho da liquefação que ocasionou o rompimento da B I, conforme apontaram as simulações numéricas 2D (bidimensional) e 3D (tridimensional) (op. cit., p. 4).

Ao se prescrever liquefação em uma zona limitada em torno do final do furo BI-SM-13, um pequeno aglomerado de 3 m x 1 m, a simulação numérica 2D resultou em uma ruptura completa da seção da barragem, representada na Figura 45 (CIMNE, 2021a, p. 202). Esta análise foi realizada sem drenagem, o que equivale a supor que a falha se desenvolveu muito rapidamente, como foi o caso. A geometria da ruptura se assemelhou bastante à forma e extensão da ruptura inicial da barragem. O mecanismo de colapso obtido mostrou uma falha dentro da barragem começando na crista e se estendendo até um local logo acima do dique de partida. O padrão geral dos deslocamentos é mostrado na Figura 46 (op. cit., p. 203, tradução nossa).

Segundo o CIMNE (op. cit.), a análise 2D mostrou que a liquefação ocorrida em uma zona muito limitada pôde se espalhar por todo o domínio causando uma ruptura completa da barragem que se estendeu desde a crista até um local próximo ao pé da mesma. Isso indicou que a barragem estava em um estado de equilíbrio muito precário na época e que uma pequena perturbação poderia causar um colapso total.

A análise 3D foi realizada com uma zona liquefeita ao redor do poço, conforme mostrado na Figura 47 (op. cit., p. 207, tradução nossa). A zona assumida tinha 3 m de altura e 1 m x 1 m em seção transversal. A simulação apresentou um rompimento geral da barragem muito semelhante à análise 2D e, portanto, muito semelhante ao observado em campo.

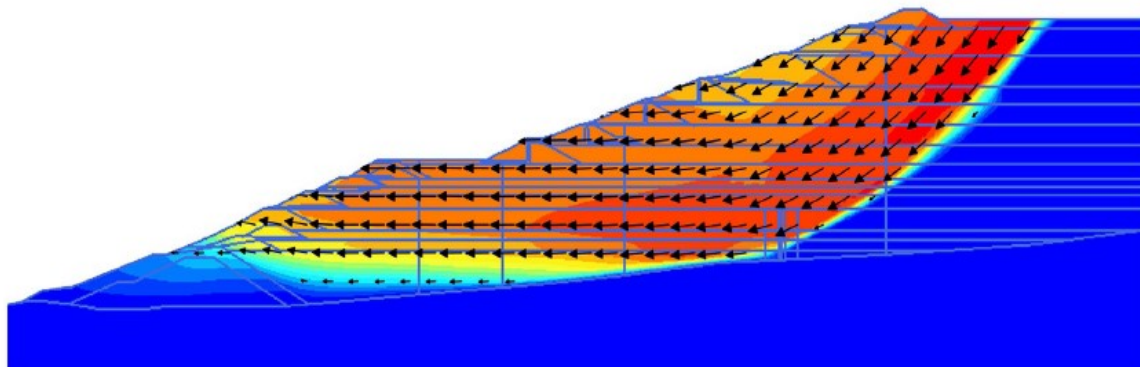
Figura 45 - Malha de elementos finitos da simulação 2D da liquefação da barragem B I



Fonte: Adaptado de Centro Internacional de Métodos Numéricos em Engenharia, 2021a, p. 202.

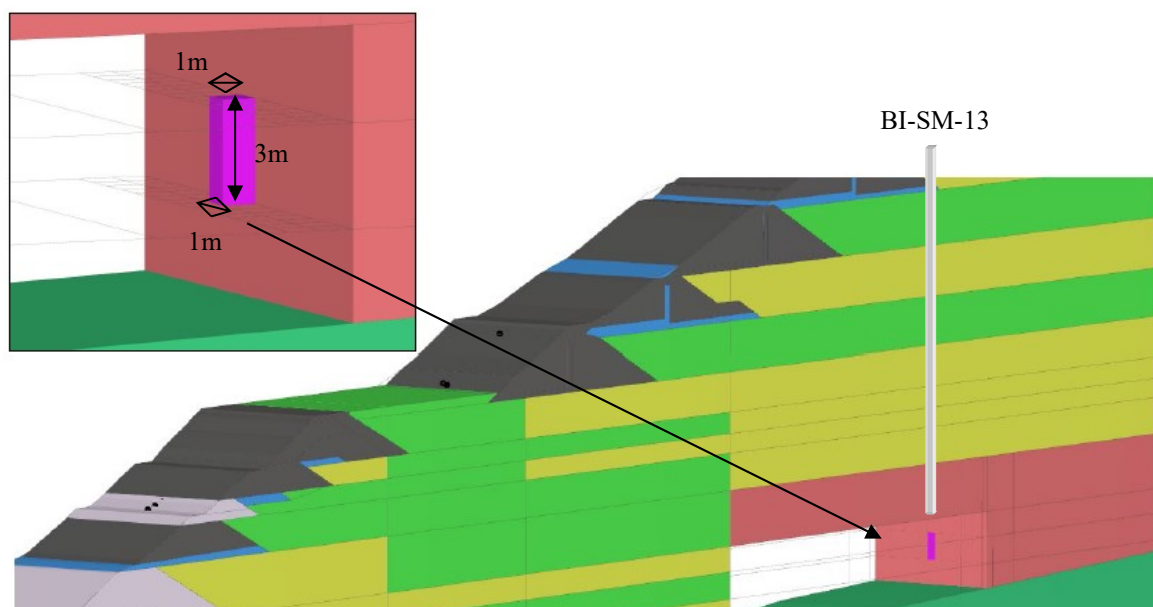
Nota: Em detalhe, a malha na zona final ao redor do furo de sondagem BI-SM-13.

Figura 46 - Representação dos vetores de deslocamento da barragem B I durante a fase de liquefação na análise 2D



Fonte: Centro Internacional de Métodos Numéricos em Engenharia, 2021a, p. 203.

Figura 47 - Análise 3D, seção 3 da barragem B I, assumindo uma zona liquefeita ao redor do furo de sondagem BI-SM-13



Fonte: Adaptado de Centro Internacional de Métodos Numéricos em Engenharia, 2021a, p. 207.

6.7.3.5 Discussões

Quanto ao gatilho da liquefação, o REV. 1 acredita que a hipótese levantada pelo relatório do CIMNE é mais plausível:

Eu acho que isso aqui é mais condizente com o que aconteceu, que é uma coisa abrupta, tipo assim, de repente o negócio desabou em cima de si mesmo. O *creep* eu não sei se ele poderia ter essa velocidade toda. Eu entendo que é um processo talvez um pouco mais lento, vai deformando. [...] Acho que entre todas essas aí [possibilidades], eu acho que talvez seja a menos [...]A que eu apostaria menos seria o *creep*.

Informou o REV. 2 que acredita na hipótese levantada pelo CIMNE, isto é, que houve uma reação em cadeia quando o furo de sondagem atingiu uma camada susceptível à

liquefação já perto da fundação da B I: “A perfuração pode ter mexido com as lentes de material que existiam naquele local e aumentado a poropressão. [...] A gente não sabe a que velocidade ocorre essa reação em cadeia, mas ela existe e pode ocorrer até chegar à frente da barragem”.

O que podemos imaginar é que essa reação em cadeia não foi imediata, pois a equipe de sondagem já havia encerrado as atividades no furo SM-13, no 12º alteamento (8º alteamento segundo as empresas de consultoria). O Operador de Sonda, Lieuzo Luiz dos Santos, funcionário da empresa FUGRO (ARBEX, 2022, p. 31), havia encerrado a perfuração por volta das 11 horas. Durante uma pausa para o café no meio da manhã (não foi informado o horário da pausa), Olímpio Gomes Pinto, Auxiliar de Sondagem, chamou a atenção dos colegas da FUGRO sobre o comportamento agitado do gado que ali pastava. Ele disse: “Gente, por que será que o gado está tão agitado hoje?” (op. cit., p. 36). Deduz-se que pequenos movimentos do maciço estavam ocorrendo antes da conclusão do furo de sondagem, perceptível para os animais mas não ainda para os humanos. Como o rompimento ocorreu às 12h28min, passaram-se algumas horas para que a reação em cadeia, iniciada quando atingida a camada frágil de solo a cerca de 68m de profundidade, se materializasse com o rompimento da B I.

A perda de resistência de 15 KPa apontada por Robertson *et al.* em razão da perda da sucção em camada de solo que se saturou com as chuvas não nos parece uma boa explicação para o gatilho. Como visto no item 6.7.2, o regime de chuvas foi oscilante e não foi crescente desde 2016 como argumentaram Robertson *et al.* A sucção é um fenômeno natural que pode acontecer e aumentar a resistência de um solo, mas esta pode deixar de existir quando a umidade desse cresce. Portanto, o aumento da resistência de um solo baseado na sucção é um fenômeno com o qual não se pode contar. Tentar justificar o rompimento de uma barragem com um fenômeno natural, que pode ou não existir, nos parece, no mínimo, inconveniente.

Acreditamos que a hipótese mais factível para o gatilho da liquefação seja a execução do furo de sondagem SM-13 no 12º alteamento (8º alteamento segundo as empresas de consultoria), iniciado em 21/01/2019 e concluído no dia do rompimento, em razão de: 1) Inconsistências apontadas por nós no relatório de Robertson *et al.* (2019) sobre o quanto a linha freática havia caído desde 2016 na B I e em relação às chuvas na região que não foram crescentes ano após ano; 2) Possibilidade de danos em barragens de solo após perfurações a úmido, conforme apontado nas “Diretrizes para Perfuração e Amostragem em Barragens de Aterro” do Departamento do Interior dos Estados Unidos; 3) Conclusão do relatório do CIMNE; e 4) Opinião de alguns especialistas em barragens de mineração.

6.7.4 As sirenes

Segundo o mapa de inundação da B I⁵⁸, existiam seis sirenes instaladas ao longo da mancha de inundação, estando a primeira perto da ITM, na seção transversal 1 (ST-1) e a última entre as ST-11 e ST-14, junto ao condomínio Coqueiro Velho, perto do final da ZAS (Figura 48). Esse mapa de inundação foi concebido levando em conta o pior cenário possível, isto é, o rompimento simultâneo das barragens I, IV, IV-A e VI em dia chuvoso.

Figura 48 - Mapa de inundação após o rompimento das barragens I, IV, IV-A e VI



Fonte: WALM, 2018⁵⁸.

As sirenes, apesar de instaladas, não haviam ainda sido testadas, havendo programação para testes em 2019. Após o rompimento da B I, elas não foram acionadas para alertar os trabalhadores da VALE, terceirizados e a população das comunidades que estavam dentro da ZAS.

Na CPI Bruma (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019, p. 1825), Marco Conegundes, Coordenador do PAEBM⁵⁹, esclareceu a situação das sirenes após pergunta do Deputado Rogério Correa:

Dep. Rogério Correia

Mas, quando se iniciou o rompimento, isso já não era automático pelo menos, a sirene ser acionada?

Marco Conegundes

Não, Excelência, a sirene teria que ser... Eu teria que dar um input no Centro de Controle, no CECOM, por meio de telefone ou de um rádio de comunicação de emergência que eu portava sempre. Tinha esses dois meios de acionar. Como eu disse, eu não fui comunicado de nenhuma anomalia para acionar o sistema.

Continua.

⁵⁸ WALM. Documento WBH34-17-VALE-DES-0169, 2018.

⁵⁹ WALM. Plano de ação emergencial para barragem B I, WBH34-17-VALE-RTE-0039, 20/02/2018 (emissão inicial)

Continuação.

Dep. Rogério Correia

E você não estava lá, não é?

Marco Conegundes

Eu estava em Congonhas.

Dep. Rogério Correia

Em Congonhas. E alguém que estivesse lá não teria de fazê-lo?

Marco Conegundes

O meu suplente, ele também, par meu, gerente, ele também tem autonomia de “estartar” o sistema.

Dep. Rogério Correia

Ele estava onde?

Marco Conegundes

Ele estava na localidade. Infelizmente, ele faleceu.

O suplente de Marco Conegundes, segundo consta do PAEBM, era Alano Teixeira, Gerente de Operação da mina do Córrego do Feijão, que estava no refeitório e foi vítima do desastre industrial.

Declarou Marco Conegundes que só teve conhecimento do rompimento da B I às 13:00h [30 minutos após o fato] pelo seu secretário dentro do PAEBM, que estava na mina do Córrego do Feijão. Conegundes foi chegar ao local do desastre aproximadamente às 14 horas (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019, p. 1842).

As informações prestadas por Marco Conegundes estavam de acordo com o PAEBM elaborado em 2018. Somente após uma ocorrência de nível de emergência 3, isto é, um rompimento iminente ou em curso, é que o coordenador do PAEBM comunicaria ao empreendedor e ao Centro de Controle de Emergências e Comunicação (CECOM) a ocorrência, cabendo ao último acionar as sirenes⁵⁹.

Verifica-se então que o PAEBM estabelecia uma rotina burocrática mesmo em caso de ruptura iminente da barragem ou estando a mesma em curso. O coordenador do plano de emergência tinha de ser comunicado da ocorrência grave e entrar em contato com o CECOM para que as sirenes fossem acionadas. O PAEBM não era adequado para o rompimento de barragem por liquefação, pois ela ocorre de forma abrupta e com o rápido deslocamento da massa de rejeitos. As sirenes teriam de ser acionadas imediatamente, não havendo tempo de comunicação com o coordenador.

6.7.5 A onda de rejeitos

A energia liberada, quando do rompimento da B I, solapou o pé da estrutura, podendo-se ver uma grande depressão com rejeitos de várias cores (Figura 49). Ao longo do leito do ribeirão Ferro-Carvão, ainda dentro da área da VALE, verificou-se blocos de rocha com cerca de 4 m de altura que foram levados pela onda de rejeitos. Esses blocos podem ser aqueles que se localizavam junto ao pé do dique inicial da B I (Figura 50).

De acordo com quadro anexo ao PAEBM⁵⁸, a onda de rejeitos chegaria de imediato à ITM (ST-1) e em menos de um minuto em local a montante da B IV (ST-4), com velocidade de 21,3 m/s (76,68 km/h) e 15,2 m/s (54,72 km/h), respectivamente. Como a B IV estava a 2 km da B I, as oficinas mecânicas (569m), os escritórios administrativos e o refeitório (970m) seriam atingidos em tempo inferior a 1 minuto (Figura 51). Não é possível informar com precisão o tempo de chegada da onda nesses locais, pois os valores constantes da Figura 52 consideravam também o rompimento simultâneo da B VI, o que não ocorreu.

Figura 49 - Depressão no pé da barragem B I com a presença de materiais diversos



Fonte: Autor, em 15/03/2019.

Figura 50 - Bloco de rocha dentro da área da mina Córrego do Feijão levado pela onda de rejeitos



Fonte: Autor, em 15/03/2019.

Figura 51 - Distâncias entre o pé da barragem B I e instalações da mina Córrego do Feijão



Fonte: Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 2019, p. 11.

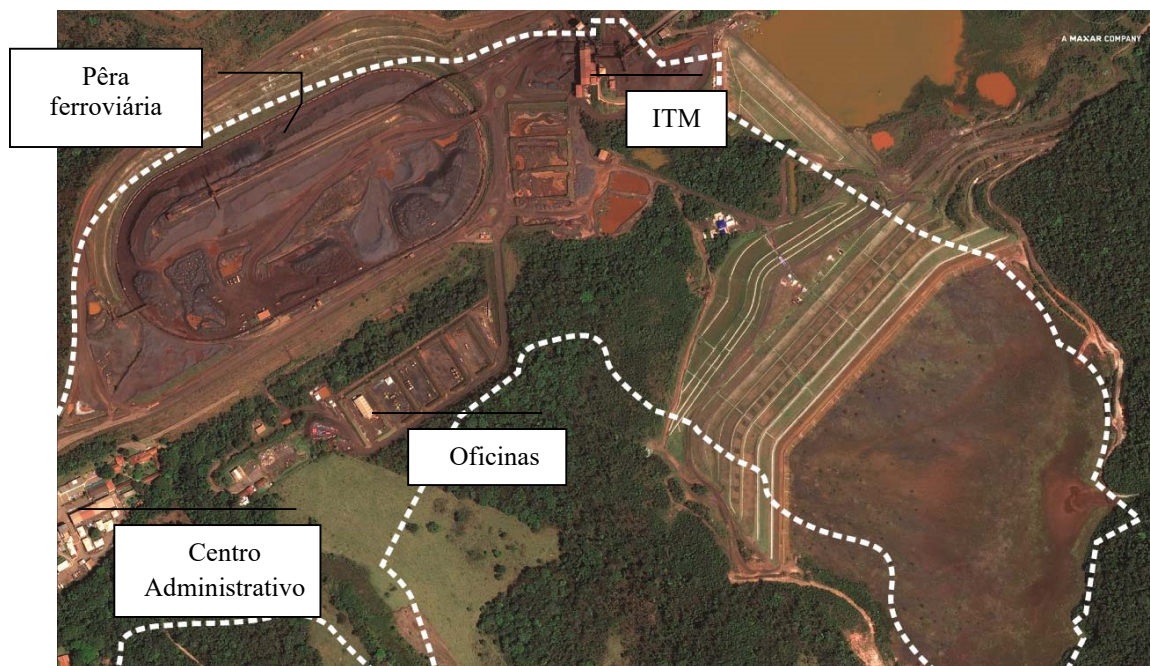
Figura 52 - Informações de acordo com as seções transversais lançadas ao longo da zona de autossalvamento em caso de rompimento das barragens I, IV, IV-A e VI

Seção	Distância da Barragem (km)	Profundidade Máxima da Inundação (m)	Elevação Máxima (m)	Vazão de Pico do Hidrograma (m ³ /s)	Tempo de Chegada da Inundação (hh:mm)	Tempo para o Pico do Hidrograma (hh:mm)	Velocidade Máxima (m/s)	Descrição de Referência da Seção
ST-01	0,000	30,3	884	44859	00:00	00:00	21,3	Imediatamente a jusante da barragem I
ST-04	2,04	20,9	815	19204	00:01	00:02	15,2	Montante da barragem IV
ST-08	3,82	15,2	791	8076	00:04	00:12	7,90	-
ST-08	5,58	11,0	774	4203	00:10	00:16	5,10	Jusante da confluência com o córrego da Clara
ST-10	7,60	9,00	762	3296	00:24	00:30	6,50	Bairro Parque da Cachoeira
ST-11	8,29	13,1	756	3033	00:24	00:34	8,60	Jusante do Condomínio Coqueiro Velho
Limite da ZAS	10,0	8,60	749	2893	00:30	00:38	6,40	Limite da ZAS
ST-14	11,1	12,5	738	2741	00:36	00:49	5,60	-
ST-21	14,6	12,3	735	1978	00:48	01:09	4,70	Bairro Bela Vista, Brumadinho
ST-33	20,3	10,6	731	1577	01:18	01:55	3,90	Bairro Progresso, Brumadinho
ST-38	22,1	10,5	730	1645	01:25	02:16	3,90	Instituto Inhotim, Brumadinho
ST-40	24,1	11,2	728	1617	01:36	02:33	2,80	-
ST-46	26,6	10,5	724	1599	01:54	03:04	4,00	Rio Paraopeba a montante do povoado, Mário Campos
ST-48	28,1	10,4	721	1584	02:06	03:18	3,60	-

Fonte: WALM, 2018⁵⁸.

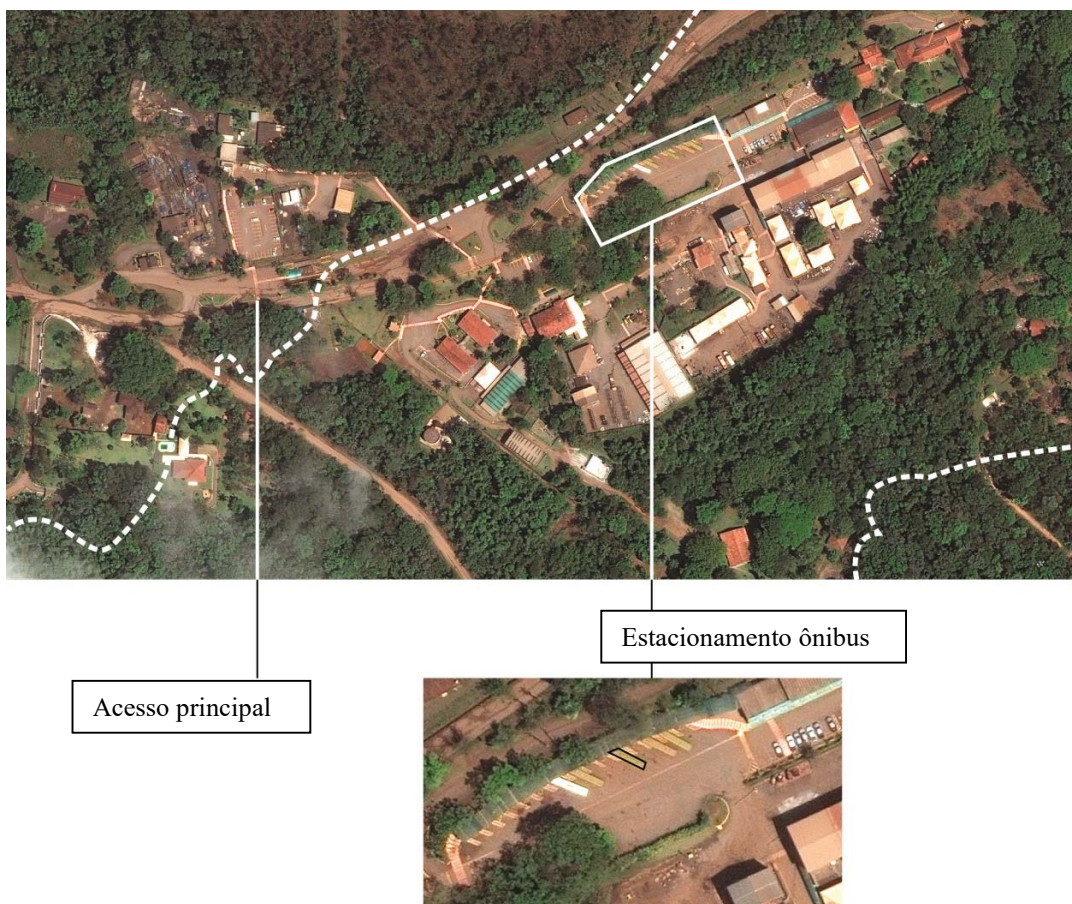
Após o rompimento da B I, os rejeitos atingiram primeiro a ITM e o terminal de carga ferroviário (pêra ferroviária), depois as oficinas de manutenção e o centro administrativo, composto por escritórios administrativos, refeitório, posto médico, almoxarifado etc. As Figuras 53, 54 e 55 identificam as instalações da mina.

Figura 53 - Vista superior das instalações na mina Córrego do Feijão



Fonte: Faria; Ducroquet, 2019.

Figura 54 - Imagem superior do centro administrativo na mina do Córrego do Feijão



Fonte: Faria; Ducroquet, 2019.

Figura 55 - Vista do refeitório na mina do Córrego do Feijão em 2008



Fonte: Dualibi, 2019.

Após a passagem da onda, parecia difícil conhecer o local. A ITM parecia um monte de ferros retorcidos (Figura 56). Os vagões no terminal de cargas ferroviário, também chamado de pêra ferroviária, estavam tombados como brinquedo. Nada mais restou do centro administrativo, que foi varrido da paisagem. A portaria da mina Córrego do Feijão foi também invadida pela lama (Figura 57).

Figura 56 - Instalação de tratamento de minérios da mina Córrego do Feijão destruída



Fonte: G1 Globo, 2019.

Figura 57 - Portaria da mina Córrego do Feijão tomada pela lama



Fonte: Folha Vitória, 2019.

O tsunami de rejeitos continuou descendo o leito do ribeirão Ferro-Carvão e atingindo as moradias que ficavam perto do mesmo (Figura 58). A Pousada Nova Estância, retratada na Figura 59, foi totalmente soterrada e só se viu o portal de entrada do estabelecimento turístico em visita realizada pelo pesquisador ao local em 15/03/2019.

Figura 58 - Casa destruída pela lama bem próxima à mina Córrego do Feijão



Fonte: Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 2021, p. 114.

Figura 59 - Imagem da pousada Nova Estância antes do desastre



Fonte: Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 2021, p. 112.

6.7.6 A fuga dos trabalhadores

Antes de começarmos a expor o drama passado por alguns trabalhadores quando perceberam a chegada da onda de rejeitos, apresentamos as rotas de fugas definidas pela VALE em caso de emergência com as barragens, conforme os anexos A e B do PAEBM^{60,61}.

Como se observa na Figura 60, algumas rotas de fuga eram muito longas e não permitiriam que as pessoas chegassem até o ponto de encontro em tempo hábil. Por exemplo, dependendo do ponto onde estivesse um trabalhador do centro administrativo, ele teria de percorrer cerca de 700 m até chegar ao ponto de encontro 5, o que seria humanamente impossível em prazo inferior a um minuto.

Um depoimento que expressa bem a dificuldade dos trabalhadores para tentar fugir da lama da B I foi o de Marco Antônio Ribeiro da Silva, Técnico de Mina da VALE, à CPIBruma:

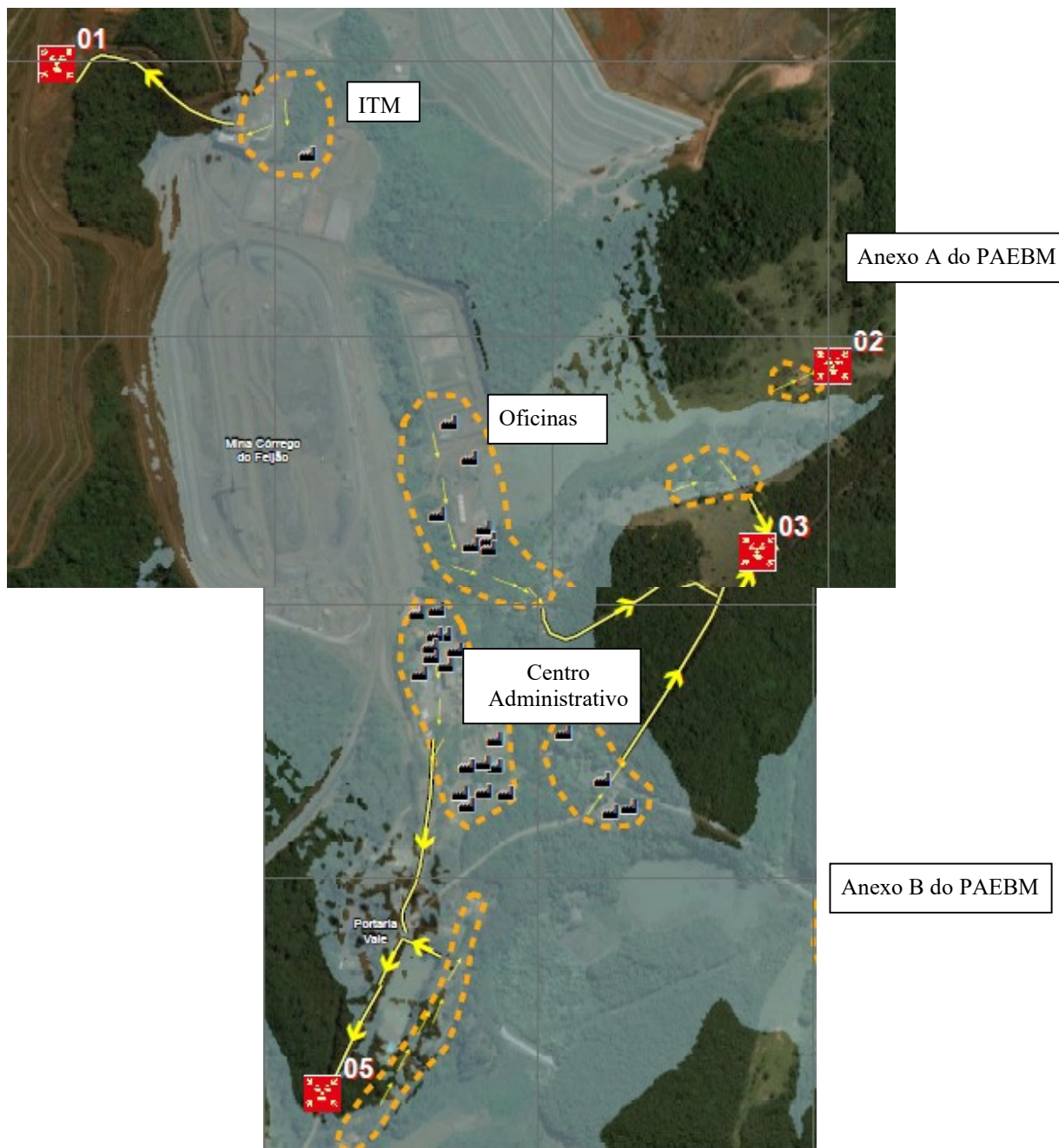
E ali eu corri, cáí, como eu disse, na segunda vez... eu continuei correndo, eu corri para o lado errado também, não foi para o lado que a gente foi treinado para correr, eu corri para baixo, sentindo a lama mesmo, e vinha dois postes e meio de altura, ali vinha galpão, oficina, a gente via caminhonete já, ali no meio daquela lama de dois postes e meio de altura, mas a uma distância, assim, de 100 metros. [...]
E eles gritaram para mim: ‘Corre, caminhonete!’ E, nisso, eu corri, e peguei na perna de alguém, porque eu fui o último a chegar, peguei na perna do Marcos, que é o mesmo que falou comigo que era para correr, e segurei na perna dele, fiquei dependurado. E, nisso, a gente teve uma outra, né... passei a lama, depois foi a questão de eu cair da caminhonete, de eu ser atropelado, e eu fui dependurado até uns 3 km. Passamos pelo viaduto, ainda não tinha caído, a pousada ainda estava lá, então, a gente passou ali no momento exato. E depois, a gente chegou lá em cima, ficou ilhado (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019, p. 1594-1595).

Arbex (2022) também trouxe em seu livro detalhes sobre a fuga do veículo conduzido por Gleison Welbert Ferreira, empregado VALE, que partiu do refeitório em direção à portaria da mina Córrego do Feijão para salvar-se. Segundos antes do rompimento, Gleison, que conduzia uma caminhonete, deixou o eng.º Diego Antônio de Oliveira no refeitório do Córrego do Feijão, pois esse se reuniria com Lúcio Mendanha depois do almoço. Por ironia do destino, Gleison pegou no refeitório o Sr. Carlos de Oliveira, Operador de equipamentos de instalações e pai do eng.º Diego. O destino dos dois era a Mina de Jangada, onde Gleison almoçaria. Quando o estrondo ocorreu, Gleison já manobrava o carro e perguntou a Carlos:

⁶⁰WALM. Anexo A do PAEBM - Rota de fuga, WBH34-17-VALE-DES-0169, 2018.

⁶¹WALM. Anexo B do PAEBM - Rota de fuga, WBH34-17-VALE-DES-0169, 2018.

Figura 60 - Rotas de fuga e pontos de encontro em caso de emergência na mina Córrego do Feijão



Fonte: Adaptado de WALM, 2018^{60,61}.

Notas: 1) Setas amarelas representam as rotas de fuga pré-definidas pela VALE; 2) Quadrados em vermelho representam os pontos de encontro pré-definidos pela VALE.

‘Carlinhos, o que é isso?’ [...] Carlinhos não respondeu. [...] ‘Meu Deus é um acidente feio!’ - exclamou Gleison [...] ‘Pelo amor de Deus! Corre, corre!’ – gritou Carlinhos [...] ‘Segura, Carlinhos, que a gente vai passar’ – avisou, pisando ainda mais fundo no acelerador quando um poste caiu sobre o carro. ‘É o fim’, pensou Gleison [...] Mesmo com a picape amassada, os retrovisores quebrados e o vidro do para-brisa trincado, eles foram em frente. Carlinhos chorava. ‘Meu filho, meu filho! Ele está lá embaixo, no refeitório. Ele vai morrer’ [...] Encurralado, Gleison seguiu em direção à portaria principal da mineradora, único caminho que ainda não tinha sido tomado pelo barro. Na fuga, encontrou um homem alucinado tentando escapar a

pé. Mesmo com o risco de ser alcançado pela lama, Gleison parou o carro. ‘Sobe! Rápido, rápido!’ (ARBEX, 2022, p. 47).

Já na carroceria do veículo, o homem resgatado ajudou outros a subirem na carroceria. Gleison parou a caminhonete mais duas vezes apanhando pelo menos mais 10 indivíduos (op. cit., p. 48). Outros vários relatos de empregados correndo para se salvar da lama podem ser vistos no livro de Arbex.

O Sr. Marco Conegundes, Coordenador do PAEBM, declarou na CPIBruma que, aproximadamente, 200 pessoas foram resgatadas pelos militares CBMG, mas não existem informações em qualquer outro relatório que confirme esta declaração:

Eles resgataram mais de 200 pessoas, sendo que dessas 200 pessoas que foram resgatadas na tarde, pouco mais de duas horas do rompimento da estrutura, a maioria dessas pessoas utilizaram a rota de fuga conforme foi feito no simulado. Eu entendi bem, foram formados dois grupos de pessoas. Um grupo seguiu a rota e se autossalvou. Teve um segundo grupo que optou por seguir um caminho que não estava previsto na rota de fuga e também se salvou (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019, p. 1825).

O mecânico de mineração da Sotreq, Eiichi Pampulini Osawa, relatou:

Olha, eu estive com um amigo meu, chamado Michael, e ele falou comigo que, se tivesse seguido os padrões de evacuação dados no dia do treinamento, tinha morrido, porque tinha que seguir por caminhos seguros, tudo direitinho, e ele saiu correndo em linha reta, fora dos caminhos seguros, passando[...] Igual à caminhonete que conseguiu tirar algumas pessoas no dia. Ele saiu correndo em linha reta, se tivesse seguido conforme o procedimento, teria morrido (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2021, p. 67).

O depoimento de Messias Alípio Medeiro Leite, em 03/02/2019, na Procuradoria Regional do Trabalho da 3ª Região/MG⁶², foi bem esclarecedor quanto à dificuldade que ele teve para sair do local após o rompimento da B I, conforme transcrito a seguir:

Ouviu um estrondo, sentiu um tremor de terra e viu uma poeira se aproximando, momento em que começou a ouvir os gritos e pessoas dizendo que havia uma avalanche. Neste momento, correu em direção à portaria pela estrada. Acredita ter demorado menos de um minuto, a partir do momento em que ouviu o estrondo, para que a avalanche chegasse até a praça onde se encontrava. Quando percebeu que havia um morro que levava ao Centro de Treinamento Ambiental e que devido a sua altitude poderia protegê-lo da avalanche que se aproximava, saiu da estrada e começou a subir pela mata, onde não havia trilha ou rota de fuga. Somente parou de correr quando chegou em um ponto mais alto, acima do referido Centro de Treinamento. [...] Afirma que o trajeto feito por ele no dia do acidente foi diferente daquele indicado pela Vale nas rotas de fuga e que, caso tivesse utilizado o caminho traçado pela empresa, não teria conseguido se salvar da avalanche.

⁶²Depoimento de Messias Alípio Medeiros Leite à Procuradora do Trabalho Elaine Noronha Nassif, em 03/02/2019.

6.7.7 Discussões

Observamos aqui falhas na elaboração e na implementação do PAEBM. As sirenes estavam instaladas mas ainda não haviam sido testadas. Assim, os trabalhadores e as pessoas que viviam a jusante da mina do Córrego do Feijão não conheciam qual o som que ouviriam caso houvesse uma situação de emergência com uma das barragens.

Os trabalhadores da Vale tiveram tempo insuficiente para deixar seus locais de trabalho e se posicionarem em área fora da mancha de inundação, conforme relatou a CPI a ALMG (2021, p. 67):

A CPI calculou as distâncias necessárias para uma pessoa conseguisse escapar da inundação e chegar a um ponto de encontro. Em um dos casos era necessário percorrer 536m em 20 segundos para fugir da lama de rejeitos, tempo em que ela chegou a esse ponto. Nem Usain Bolt, o maior recordista olímpico dos 100 e 200 metros rasos, conseguiria percorrer essa distância nesse tempo.

Os tempos necessários para percorrer as rotas de fuga e atingir uma área segura eram incompatíveis com o tempo de chegada da onda. Em suma, o PAEBM era um documento de “faz de conta”. Na ocorrência de uma ruptura abrupta de barragem, seja ela a B I ou a B VI, as pessoas não teriam chance de se salvar. As pessoas que conseguiram o autossalvamento correram para fora da mancha de inundação fazendo uso de trilhas que não eram as rotas de fuga planejadas pela VALE, ou então subindo na carroceria de veículos.

Também inconcebível era a necessidade de contatar o coordenador da PAEBM para que ele pudesse autorizar o acionamento das sirenes. Como foi citado, a onda de rejeitos atingiu o centro administrativo em menos de um minuto, talvez em torno de 30 segundos. A única medida a ser adotada quando do rompimento de uma barragem por liquefação é o acionamento imediato das sirenes, haja vista a velocidade da onda de rejeitos.

Em suma, o PAEBM era um documento cartorial, entregue à ANM, mas sem valor prático para salvar pessoas.

6.8 Fatores da operação, monitoramento e manutenção

Fatores referentes à operação, ao monitoramento e à manutenção foram muito discutidos no relatório produzido pela SRT/MG (BRASIL, 2019a) e na peça acusatória do MPMG (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020).

A disposição de rejeitos, que se refere à operação, era inadequada e será tratada no item 6.9.14.1 (p. 251). No item 6.9.14.3 (p. 272) discutiremos problemas na manutenção e na leitura dos instrumentos de auscultação, que se referem ao monitoramento.

Neste item apresentaremos aspectos relacionados à drenagem interna e superficial, ao sistema extravasor, à conservação de bermas e taludes e à presença de animais. Um tema pouco explorado e que vale a pena discutir é o projeto original da B I. Aspectos referentes à operação, monitoramento e manutenção são apresentados no manual de operação da barragem, sobre o qual teceremos algumas considerações.

6.8.1 Manual de operação

Apesar da B I ter sido construída em 1976, o primeiro “Manual de Operação” da mesma foi apenas elaborado em 22 de agosto de 2007⁶³. O manual tinha por objetivos:

- Operar a barragem e seus componentes de maneira segura;
- Gerenciar a disposição dos rejeitos e o manejo da água nas áreas previstas no projeto e de acordo com as premissas deste;
- Operar a barragem e seus componentes de acordo com a política da CVRD, com a legislação aplicável e com o interesse dos envolvidos.

O manual deveria ser revisto pela própria equipe técnica da CVRD, antiga denominação da VALE, com a participação do projetista, ao menos anualmente, o qual se incumbiria da emissão da revisão⁶³.

Sobre a manutenção, o manual cita que ela deve ser contínua e executada imediatamente após a identificação do problema, em geral com execução de serviços do tipo⁶³:

- Poda da cobertura vegetal (grama);
- Replanteio da cobertura vegetal (grama) nas áreas de falha;
- Limpeza de canaletas e caixas de drenagem superficial;
- Reparo de sulcos de erosão nos taludes e bermas e no terreno das ombreiras;
- Desobstrução de drenos horizontais;
- Reparo da sinalização da identificação de instrumentos;
- Reparo ou substituição de instrumentos;
- Limpeza do local da saída do dreno de fundo;
- Reparo de cargas de proteção da barragem e do reservatório;
- Reparo de tubulações de rejeitos;
- Reaterro da crista para correção de eventuais recalques;
- Remoção de cupinzeiros e formigueiros da barragem;
- Reparo do concreto do sistema extravasor, canal e galerias;
- Manutenção das válvulas dos espigotes e das barras aspersoras.

Apesar do manual de operação de 2007 ter recomendado a revisão anual do documento, somente em abril de 2016 ela ocorreu. Sobre o item manutenção, foi incluído no manual de 2016 mais um serviço a ser executado⁶⁴:

⁶³GEOCONSULTORIA. Manual de operação da barragem de rejeito 1, VL28-MO-01, agosto de 2007.

⁶⁴GEOCONSULTORIA. Barragem 1. Manual de operação, VL47- RT-0, Revisão 1, abril de 2016.

Inspeção regular da barragem, visando identificar trincas na crista, operação dos *spraybars*, desobstrução do emboque da galeria extravasora, vazamentos na tubulação de adução dos rejeitos, umidade ou surgências nos taludes da barragem, presença de animais etc. Esta inspeção deve ter regularidade de, pelo menos, 1 vez por turno.

Ainda estabeleceu o manual de operação de 2016:

Caso a estrutura não venha a sofrer algum tipo de alteração que justifique a revisão imediata do Manual de Operação, recomenda-se que o mesmo seja avaliado a cada 2 (dois) anos, tendo em vista a identificação de possíveis pontos a serem atualizados.

Quando da elaboração da RPSB em 2017⁶⁵, foi recomendado que: “O manual de operação refere-se ao ano de 2016. Portanto, recomenda-se atualização, na qual sejam incorporadas as diretrizes de operação, monitoramento, carta de risco e manutenção”.

6.8.2 O projeto do dique inicial da B I

O relatório técnico do projeto do maciço inicial⁶⁶, escrito no idioma alemão, informou no item 3.4:

Determinação da linha freática

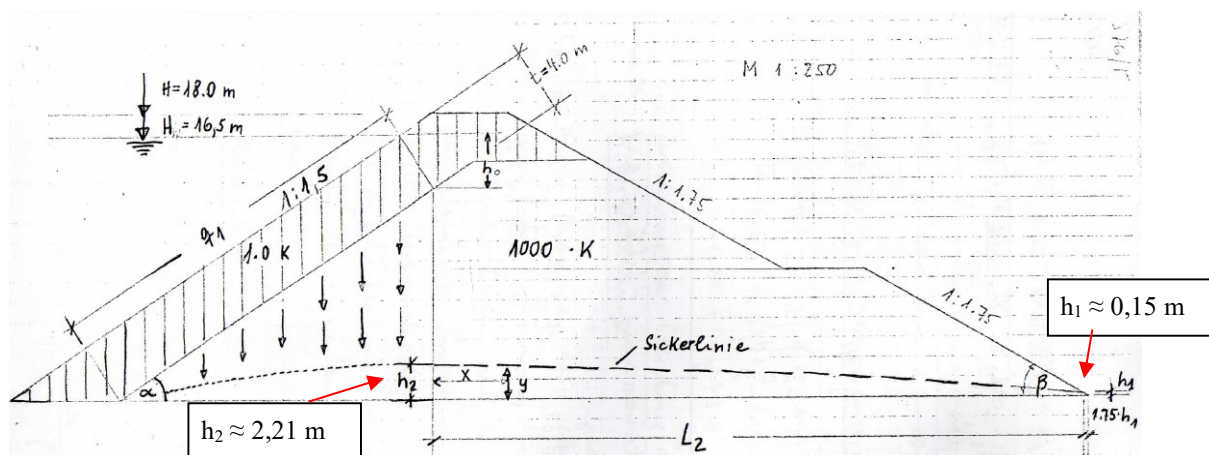
A memória de cálculo para definir o traçado da linha freática está explicitada no Anexo 3. Assumiu-se que o minério fino é pelo menos mil vezes mais permeável que a terra vermelha (laterita) incorporada na impermeabilização do lado de montante e que não ocorre acúmulo de água na zona de contato com a canga (rocha de minério de ferro). Com base nestas premissas, a posição de afloramento da água no talude de jusante foi determinada como sendo $h_1 \approx 0,15$ m. A linha freática está tão profunda na área do núcleo da barragem que o fluxo de infiltração ou seus efeitos não afetariam a estabilidade da face de jusante da barragem. Mesmo no caso da razão entre os coeficientes de permeabilidade ser de apenas 1:100, o afloramento da fonte de água no talude de jusante ocorreria em $h_1 \approx 1,25$ m, uma posição muito baixa que não poderia comprometer a estabilidade do talude de jusante. Além disso, é importante ressaltar que a barragem, do lado de jusante, está assentada sobre uma camada de canga (rocha resistente) o que por si só impede a ocorrência de um estado de estabilidade crítica (tradução nossa).

A água que percolasse pela laterita e atingisse o minério fino despencaria em linha reta até a fundação da barragem, sendo então o fluxo de água dirigido para jusante. Cálculos constantes do relatório técnico do projeto do maciço inicial demonstraram que h_2 (posição da linha freática na projeção vertical da crista da barragem) atingiria no máximo 2,21m⁶⁶. Nesse relatório encontrava-se o único desenho do dique inicial com a representação da linha freática (*sickerlinie*), conforme Figura 61.

⁶⁵TÜV SÜD. Revisão Periódica de Segurança da Barragem – Barragem I, N° RC-SP-117/17, 20/11/2017 (emissão inicial). A revisão 4 é datada de 24/08/2018.

⁶⁶CHRISTOPH ERB. Relatório técnico do projeto do maciço inicial da B I, 1975.

Figura 61 - Corte do dique inicial da B I e a linha freática projetada



Fonte: Adaptado de Cristoph Erb, 1975⁶⁶.

A premissa do projeto de Cristoph Erb era de que o afloramento da linha freática no talude de jusante (h_1) ocorreria em altura aproximada de 15 cm em relação ao pé da barragem, considerando que o material utilizado na construção do dique inicial (minério ultrafino) era mil vezes mais permeável que a camada de laterita lançada no talude de montante. Mesmo se o minério ultrafino fosse apenas cem vezes mais permeável que a laterita, o afloramento de água chegaria no máximo a 1,25 m de altura, o que não comprometeria a estabilidade do talude de jusante.

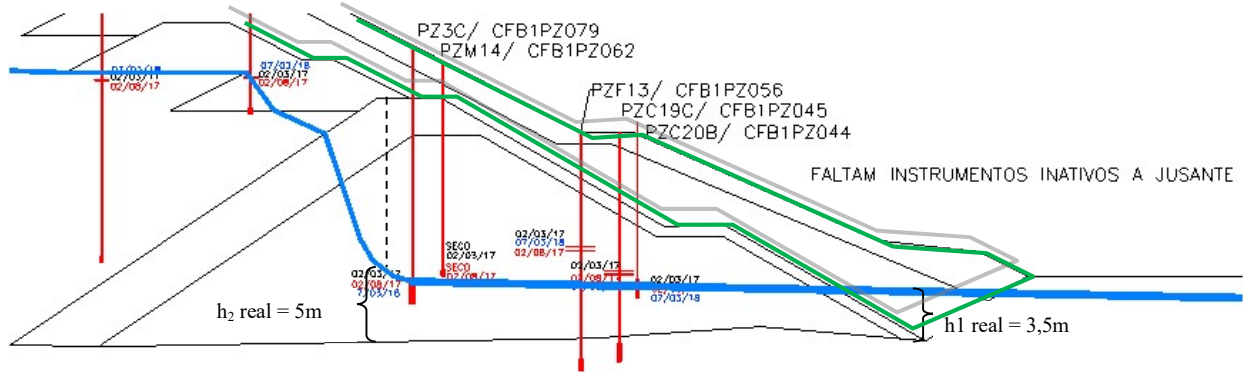
Em nenhum ponto do relatório técnico de Cristoph Erb ocorreu citação a futuros alteamentos. Como ocorreram 14 alteamentos ao longo da história da B I, a posição esperada da linha freática não tem qualquer semelhança com a projetada. De acordo com apresentação realizada durante o 3º PIESEM-I, de 01 a 06/10/2018, a linha freática que passava pela Seção 4-4 da B I chegou a aproximadamente 5m na projeção vertical da crista da barragem (h_2), isto é, mais de duas vezes a altura calculada constante do relatório técnico (VALE, 2018)⁶⁷. Em relação a h_1 , podemos dizer que a linha freática chegou a uma altura cerca de 25 vezes maior que o esperado (Figura 62).

Provavelmente, em razão da não previsão do alteamento da barragem, nenhum sistema de drenagem interna foi pensado para o dique inicial da B I. Além disso, o dique inicial foi posteriormente envelopado em 1984, quando ocorreu um alteamento por linha de centro na B I. O pé da barragem foi aterrado e não existe registro de drenos construídos neste local à época. Verifica-se então um total descompasso entre o que foi projetado em 1975 e o

⁶⁷VALE. Apresentação powerpoint “Dam I - Córrego do Feijão Mine, Periodic Review of Dam Safety, Liquefaction analyses”, 3º PIESEM-I, outubro de 2018.

que foi executado e operado até março de 2018 na B I. Mesmo com uma carga hidráulica muito maior que a projetada em 1975, não existiam drenos no dique inicial. Como veremos adiante na tese, foi realizada tentativa de implantação de drenos horizontais profundos no dique inicial, mas esta foi interrompida após uma fratura hidráulica.

Figura 62 - Linha freática da barragem B I, seção 4-4, em março de 2018



Fonte: Adaptado de VALE, 2018⁶⁷.

Nota: A linha azul é a freática em março de 2018. A linha na cor verde representa o envelopamento do dique inicial ocorrido em 1984.

6.8.3 Drenagem superficial

A função da drenagem superficial é retirar toda a água que percola pela barragem, advinda da drenagem interna, ou que cai em forma de chuva.

Os RISR da B I de 2015⁶⁸, de 2016⁶⁹, de setembro de 2017⁷⁰, de março de 2018⁷¹ e de setembro de 2018⁷² e um relatório de anomalias elaborado pela VALE⁷³ apresentaram os problemas na drenagem superficial do barramento, como canaletas e/ou escadas de drenagem trincadas e/ou quebradas, canaletas com declividade errada e/ou assoreadas, bermas com declividade errada e acumulando água, ausência de canaletas em ombreiras, surgências em canaletas (Figuras 63 a 75).

Todos os citados problemas fizeram com que a água, que deveria correr pela drenagem superficial e sair a jusante da B I, acabasse retornando de alguma forma para os diques do barramento, contribuindo com a sua saturação ou deteriorando o talude de jusante.

⁶⁸ PIMENTA DE ÁVILA. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, RD-639-RL-40142-01, 08/07/2015.

⁶⁹ GEOCONSULTORIA. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, VL55-RT05, 30/08/2016.

⁷⁰ TRACTEBEL. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, VALE.AT-LT-PFE-107-01.17, 19/08/2017.

⁷¹ TRACTEBEL. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, VALE.AT-LT-PFE-107-01.18, 12/03/2018.

⁷² TÛD SÛD. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, RC-SP-100/18, 20/08/2018.

⁷³ VALE. Relatório de Anomalias da B I no período de 01/01/2015 a 31/01/2019.

Figura 63 - Canaleta de drenagem assoreada em uma das bermas da B I



Fonte: Pimenta de Ávila, 2015, p. 33⁶⁸.

Figura 64 - Empoçamento em canaleta de drenagem superficial da B I



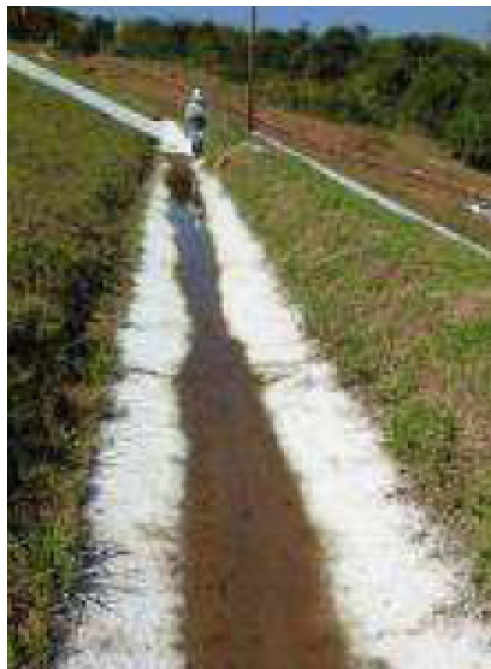
Fonte: Pimenta de Ávila, 2015, p. 33⁶⁸.

Figura 65 - Canaleta de drenagem superficial assoreada acima da berma de recuo na barragem B I



Fonte: Tractebel, 2017, p. 63⁷⁰.

Figura 66 - Canaleta de drenagem superficial da barragem B I com acúmulo de água



Fonte: Tractebel, 2017, p. 63⁷⁰.

Figura 67 - Canaletas de drenagem superficial na B I obstruídas por sedimentos



Fonte: Tractebel, 2018, p. 64⁷¹.

Figura 68 - Canaleta de drenagem superficial na B I com empoçamento de água



Fonte: Tractebel, 2018, p. 65⁷¹.

Figura 69- Canaleta de drenagem superficial na B I com danos no concreto



Fonte: Tractebel, 2018, p. 64⁷¹.

Figura 70 - Trinca em canaleta superficial junto à ombreira esquerda da B I



Fonte: TÜV SÜD, 2018, p. 119⁷².

Figura 71 - Canaleta de drenagem assoreada e acumulando água na barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁷³.

Figura 72 - Canaleta de drenagem superficial assoreada na barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁷³.

Figura 73 - Acúmulo de água na crista da barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁷³.

Figura 74 - Acúmulo de água na crista da barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁷³.

Figura 75 - Drenagem superficial inadequada causando danos em acessos à barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁷³.

O RISR de 2016 trouxe a seguinte recomendação quanto à drenagem superficial: “Limpar e recuperar canaletas de drenagem superficial, que estão com água parada e danificadas”⁶⁹.

O RISR de 2017⁷⁰ trouxe a seguinte orientação quanto à drenagem superficial:

Ajustar a declividade da canaleta de drenagem superficial em alguns pontos, por exemplo, nos dois bancos inferiores à berma de recuo, que apresentam água empoçada e recuperar alguns pontos de canaleta danificados, esses pontos foram identificados nos bancos inferiores à berma de recuo.

O RISR de março de 2018⁷¹ recomendou:

Ajustar a declividade da canaleta de drenagem superficial em alguns pontos adicionais aos já ajustados por recomendação da Auditoria de setembro de 2017, bancos inferiores a berma de recuo; [...]

Realizar a limpeza do sistema de drenagem superficial da barragem e reparar as canaletas que apresentam danos na estrutura de concreto provavelmente por pisoteamento de animais; [...].

Os principais eventos adversos que poderiam desencadear uma situação de emergência para a estrutura da B I foram informados no PAEBM de 2018⁷⁴. Dentre as causas identificadas previamente no PAEBM, é importante ressaltar: “Mau funcionamento do sistema de drenagem superficial e falhas na cobertura dos taludes, que podem gerar erosões profundas, levando à instabilização da barragem” (grifo nosso).

Conforme vimos, a VALE era alertada todos os anos pelos seus consultores quanto à necessidade de melhor conservar a drenagem superficial.

6.8.4 Drenagem interna

O RISR de março de 2018 da B I⁷⁵ informou que:

O sistema de drenagem interna dos diques, construído a partir da El. 898,00 m, é composto por filtro vertical associado a tapete drenante lançado diretamente sobre a praia de rejeito. Na extremidade de jusante, o tapete está conectado a uma trincheira drenante. No fundo da trincheira existem tubos PVC perfurados e posicionados longitudinalmente, com saída a cada 20,00 m, os quais conduzem a água para as canaletas de superfície. Esse sistema vai até a El. 929,50 m.

No RISR de setembro de 2018 da B I⁷⁶ foram demonstrados vários problemas com a drenagem interna da B I, conforme Figuras 76, 77 e 78.

Como os tubos que traziam a água que percolava pela barragem estavam danificados, essa água, que deveria cair nas canaletas de drenagem e ir em direção à B VI, acabava caindo sobre o talude de jusante, saturando-o.

A RPSB de 2017⁷⁷ relatou que “Em alguns drenos de fundação foi observada a presença de material coloidal na água de infiltração. Em áreas localizadas existe processo erosivo no aterro e falha na proteção superficial do talude”.

⁷⁴ WALM. Plano de ação de emergência para barragem de mineração – Barragem I, WBH34-17-VALE-RTE-0039, 20/02/2018 (emissão inicial).

⁷⁵ TRACTEBEL. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, VALE.AT-LT-PFE-107-01.18, 12/03/2018.

⁷⁶ TÜD SÜD. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, RC-SP-100/18, 20/08/2018.

⁷⁷ TÜVSÜD. Revisão Periódica de Segurança da Barragem – Barragem I, Nº RC-SP-117/17, 20/11/2017 (emissão inicial). A revisão 4 é datada de 24/08/2018.

Figura 76 - Tubo da drenagem interna exposto e danificado na barragem B I



Fonte: TÜV SÜD, 2018⁷⁶.

Figura 77 - Tubo da drenagem interna danificado na barragem B I



Fonte: TÜV SÜD, 2018⁷⁶.

Figura 78 - Saída de drenagem interna na barragem B I com colóide



Fonte: TÜV SÜD, 2018⁷⁶.

O RISR de março 2018⁷⁵ trouxe: “Recuperar ponto de saída de um DHP (DHP 01) que foi danificado por pisoteamento de animais”.

Em setembro de 2018, o RISR da B I⁷⁶apresentou a seguinte informação: "Notou-se que nem todos os drenos apresentavam sifão para evitar a entrada de ar e, assim, evitar sua colmatação. Em outros, por mais que o sifão estivesse presente, estava posicionado invertido, não desempenhando a função de projeto" (Figura 79). Foi também apontado no mesmo relatório que um dos DHP instalados em 2018 apresentou saída d'água com presença de colóide (Figura 80).

Figura 79 - DHP instalado na barragem B I sem a presença de sifão



Fonte: TÜV SÜD, 2018⁷⁶.

Figura 80 - Escoamento de água em DHP da barragem B I com presença de colóide



Fonte: TÜV SÜD, 2018⁷⁶.

O PAEBM da B I⁷⁸ informou os principais eventos adversos que poderiam desencadear uma situação de emergência para a estrutura. Dentre as causas identificadas previamente no PAEBM, importante ressaltar: “Falhas no sistema de drenagem interna, que podem gerar gradientes hidráulicos elevados e percolação não controlada de água (piping) no maciço ou na fundação” (grifo nosso).

Nota-se então como a drenagem interna era mal operada e mantida pela VALE.

6.8.5 Galeria do extravasor

De acordo com RISR de setembro de 2017⁷⁹, recomendou-se “fazer inspeções regulares na galeria do extravasor, visando identificar eventuais obstruções, trincas, aberturas nas juntas ou outras anomalias que possam comprometer a segurança da estrutura”.

A RPSB de 2017⁸⁰ relatou que “No sistema extravasor foi levantado ponto de atenção com relação a limpeza e manutenção do canal natural (não revestido) que conduz as águas vertidas para o reservatório da Barragem VI”.

Informou o RISR de março de 2018 da B I⁸¹ sobre a inspeção remota recomendada para a galeria de fundo da B I em 2017:

Esta foi realizada em novembro de 2017 pela empresa HGT com uso de um robô e indicou que a galeria apresentava-se bastante assoreada, com diversos trechos de dificuldade de transposição, não sendo possível finalizar os últimos 15 m da galeria. A inspeção foi de jusante para montante, sendo percorridos 305m. Na posição de 290 m, foram observados pontos de infiltração no teto que necessitam de acompanhamento e conferência em próxima inspeção (grifo nosso).

A Figura 81 e a Figura 82 representam bem o assoreamento da galeria de fundo. Foram apontadas as seguintes recomendações no RISR março 2018⁸¹:

- Realizar a limpeza da saída do sistema extravasor;
- Remover tubulação abandonada no emboque do segundo trecho em galeria do extravasor;
- Recuperar ponto de saída de um DHP (DHP 01) que foi danificado por pisoteamento de animais.

De acordo com o RISR de setembro de 2018⁸², verificou-se a necessidade de intervenção na saída do sistema extravasor (Figura 83), pois este não somente se encontrava

⁷⁸ WALM. Plano de ação de emergência para barragem de mineração – Barragem I, WBH34-17-VALE-RTE-0039, 20/02/2018 (emissão inicial).

⁷⁹ TRACTEBEL. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, VALE.AT-LT-PFE-107-01.17, 19/08/2017.

⁸⁰ TÜVSÜD. Revisão Periódica de Segurança da Barragem – Barragem I, Nº RC-SP-117/17, 20/11/2017 (emissão inicial). A revisão 4 é datada de 24/08/2018.

⁸¹ TRACTEBEL. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, VALE.AT-LT-PFE-107-01.18, 12/03/2018.

⁸² TÜD SÜD. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, RC-SP-100/18, 20/08/2018.

assoreado, mas também necessitando de manutenção em sua laje de fundo. Nesta laje, foi identificado o início de um processo erosivo no contato com o terreno natural, estando na porção mais a jusante. Por fim, ressaltou-se em tal documento, a necessidade de poda da bacia de dissipação para a B VI (Figura 84) uma vez que, devido à vegetação alta, não foi possível avaliar o tipo de revestimento existente.

Figura 81 - Vista interna da galeria de fundo da B I, com acúmulo de rejeito mineral



Fonte: Tractebel, 2018. Inspeção remota na galeria de fundo B I, realizada por HGT, 30/11/2017, p. 20.

Figura 82 - Vista interna da galeria de fundo da B I, com acúmulo de rejeito mineral



Fonte: Tractebel, 2018. Inspeção remota na galeria de fundo B I, realizada por HGT, 30/11/2017, p. 18.

Figura 83 - Detalhe da saída do extravasor da B I, assoreada e com erosão abaixo da laje a jusante



Fonte: RISR de setembro de 2018 da B I, TÜV SÜD, p. 122.

Figura 84 - Bacia de dissipação para a Barragem VI totalmente coberta de vegetação



Fonte: RISR de setembro de 2018 da B I, TÜV SÜD, p. 122.

Também em relação ao sistema extravasor nota-se a precariedade da conservação das estruturas pela VALE.

6.8.6 Conservação dos taludes e bermas

O RISR de 2016⁸³ indicou a seguinte recomendação quanto à conservação dos taludes: “Roçar e limpar os taludes do banco imediatamente acima da berma da cota 900”.

O RISR de março de 2018⁸¹ trouxe a seguinte recomendação: “Realizar a roçada/limpeza do reservatório da Barragem I”.

Já a TÜV SÜD recomendou no RISR de setembro de 2018⁸² sobre o tema:

- Dimensionar canaleta perimetral na O.E. (no local de erosão superficial), para implantação após período chuvoso.
- Recompôr a erosão superficial da ombreira direita entre o 6º e 7º alteamentos.
- Adequar cobertura vegetal nos locais deficientes, com ênfase nos pontos de erosão superficial e no trecho entre a crista e a El.929,00m.
- Manter a rotina de roçada, eliminando a vegetação arbustiva identificada.

As figuras 85 a 91 foram extraídas do documento intitulado “Relatório de Anomalias B I” do período de 01/01/2015 a 31/01/2019⁸⁴ e demonstraram situações de não conformidades identificadas na B I.

⁸³GEOCONSULTORIA. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, VL55-RT05, 30/08/2016.

⁸⁴VALE. Relatório de Anomalias da B I no período de 01/01/2015 a 31/01/2019.

Figura 85 - Vegetação alta no pé do talude da barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁸⁴.

Figura 86 - Arbustos no talude de montante e dentro do reservatório da barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁸⁴.

Figura 87 - Obstrução de canal de drenagem por vegetação na barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁸⁴.

Figura 88 - Deformação no talude acima de uma canaleta de drenagem superficial na barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁸⁴.

Figura 89 - Erosão (ravina) em talude da barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁸⁴.

Figura 90 - Erosão no acesso à barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁸⁴.

Figura 91 - Erosão no pé da barragem B I devido à drenagem inadequada



Fonte: VALE, 2019⁸⁴.

A presença de inúmeras cabeças de gado, de cupinzeiros e de formigueiros nos vários diques da barragem também prejudicava a conservação dos taludes, bermas, canaletas e as tubulações da drenagem interna (Figuras 92, 93 e 94).

Figura 92 - Presença de gado nos taludes da barragem B I



Fonte: Adaptado de VALE, 2019⁸⁴.

Declarou o EMP. 7 referente à presença de animais dentro da mina do Córrego do Feijão:

Feijão sempre teve animais. Cavalo, gado. Lá em Feijão, tinha uma área lá chamada Menezes. Essa área é alugada pra Vale. Eles não quiseram vender a área deles e aluga pra Vale. Onde é a pilha de Menezes. Então, os fazendeiros, os ‘peão’ desses fazendeiros, eles tinham livre acesso lá. [...] Foi o que eu ouvi uma vez, uma discussão uma vez lá [...] Pessoal da segurança patrimonial, da segurança do trabalho, que foi falado justamente desses animais, que pra manter a política da boa vizinhança, pra gente simplesmente tocar os animais. [...] Deixar eles [animais] pastar lá pra não ter este tipo de confusão com os fazendeiros. [...] Cavalo, era mais era cavalo. [...] Uma vez eu encontrei um dos ‘peão’ dessa fazenda lá. [...] Cheguei lá e falei: ‘O companheiro, você tá perdido aqui dentro, eu vou fazer um batedor pro cê, acompanhar até a portaria’. Aí o cara pegou e falou: ‘Eu não to perdido não. Eu estou dentro da fazenda do patrão, eu vim cá ver uns cavalos dele que está aqui dentro’.

Figura 93 - Formigueiros em taludes da barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁸⁴.

Figura 94 - Cupinzeiros em taludes da barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁸⁴.

Ainda informou o EMP. 7 sobre uma presença inusitada na B I:

A barragem tinha uns tubos de dreno. Eu lembro que esses tubos de dreno tinha uma coruja lá. Morava uma coruja lá e chocava. Eu lembro que tinha uma coruja lá com filhote.

6.8.7 A bomba elétrica no fundo do reservatório

Mesmo com a interrupção do lançamento dos rejeitos em julho de 2016, formava-se um pequeno lago na parte posterior do reservatório, conforme Figuras 95 e 96⁸⁴. Isso era em decorrência de uma nascente ali existente cuja vazão era aproximadamente 1,17 m³/h, conforme Figura 97⁸⁵.

Figura 95 - Formação de lago no fundo reservatório da barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁸⁴.

Figura 96 - Detalhe do lago no fundo reservatório da barragem B I



Fonte: VALE, 2019⁸⁴.

⁸⁵ VALE. Relatório descritivo dos trabalhos de desvio de água do reservatório da Barragem I - CJF, por Cristina Malheiros, maio de 2018.

Figura 97 - Vista da nascente de água a montante (fundo) do reservatório da barragem B I



Fonte: VALE, 2018⁸⁵.

Segundo a eng.^a Cristina Malheiros, foi instalada uma bomba e uma tubulação que conduziria a água do lago para torre 3 do sistema extravasor. A RPBS de 2017 da B I⁸⁶ confirmou tal instalação (Figura 98).

Figura 98 - Tubulação de captação da água do lago (ao fundo) da barragem B I até a torre 3 do sistema extravasor



Fonte: TÜV SÜD, 2018, p.175⁸⁶.

⁸⁶TÜVSÜD. Revisão Periódica de Segurança da Barragem – Barragem I, N° RC-SP-117/17, 20/11/2017 (emissão inicial). A revisão 4 é datada de 24/08/2018.

O RISR de setembro de 2018 da B I⁸⁷ fez algumas recomendações quanto à captação de água no lago:

Ademais, observou-se o direcionamento da nascente diretamente para o extravasor. Entretanto, o sistema implantado apresenta capacidade limitada, não sendo capaz de controlar todo o aporte esperado durante o período chuvoso. Para este fim, recomenda-se a construção de um "sump" no trecho de montante do reservatório, o qual deverá direcionar por gravidade a água para o extravasor sem permitir empocamento.

Aguardando a execução desta estrutura, o sistema de bombeamento implantado deve ser avaliado para determinar sua capacidade. Em especial, deve-se verificar se é possível adequar a tubulação instalada, reduzindo a altura de recalque e aumentando a vazão.

Ainda sobre o sistema de bombeamento, é importante ressaltar a importância de realização de testes regulares e de garantir que a bomba reserva esteja instalada em paralelo e pronta para acionamento imediato em caso de evento extremo de precipitação (grifo nosso).

Em 23/01/2019, dois dias antes do rompimento, a TÜV SÜD, na presença de engenheiros da VALE, realizou inspeção de segurança a fim de elaborar o RISR de março de 2019. A ficha de inspeção de segurança regular de barragem informou, de acordo com a Figura 99, que as recomendações da auditoria anterior para instalação de *sump* e de bomba reserva ainda não haviam sido concluídas, com observação de "alterado" (BRASIL, 2019a).

Figura 99 - Recomendações da ficha de inspeção de segurança regular de barragem, 21/03/2019

11) RECOMENDAÇÕES DA AUDITORIA ANTERIOR			
Recomendação	Prazo	Concluída?	Observações
Bloco de pé geofísico e estabilidade		<input type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/> N	Parcialmente
sump		<input checked="" type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N	Alterado ←
Bombeamento e tubulação		<input checked="" type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N	Alterado ←
Bomba reserva		<input type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/> N	Reavaliado
Escavamento do reservatório		<input type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/> N	
Diagnóstico pontuais		<input checked="" type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N	
Protetor OTRC		<input checked="" type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N	
Limpeza de colarço		<input checked="" type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N	
Desassoreamento		<input checked="" type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N	Nover pontos
Diagnóstico superficial		<input type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/> N	Reaberto
Capeterna superficial		<input checked="" type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N	
P2Es e encaixe		<input type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/> N	parcialmente
Microsísmico		<input type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/> N	Desprogramado

Fonte: Brasil, 2019a.

O eng.º Makoto Namba (TÜV SÜD) informou à Auditoria Fiscal do Trabalho, em 13/03/2019, que além da nascente de água acima mencionada, deveriam existir outras fontes de água em outros pontos do reservatório, inclusive de fontes subterrâneas decorrentes de descontinuidades geológicas. Foram sugeridos estudos geofísicos para verificar se haviam

⁸⁷TÜD SÜD. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, RC-SP-100/18, 20/08/2018.

descontinuidades profundas que pudessem estar carreando água do lago para o fundo (BRASIL, 2019a).

Em atendimento a requerimento da ALMG (2019), a VALE encaminhou, em 12/08/2019, cópia do sistema de banco de dados geotécnicos, denominado Geotec, referente ao período entre janeiro de 2018 e janeiro de 2019, no qual a empresa lançava as intercorrências e anomalias relativas à B I. Verificou-se a existência de cinco lançamentos inconsistentes relativos a problemas ou anomalias no sistema de bombeamento da nascente, n.º 24.706, 26.890, 27.023, 27.197 e 27.247, contudo, sem registro de datas:

- 24.706: garantir o funcionamento da bomba do reservatório para controle do nível de água => prazo para execução 29/9/2018. Realizada em 03/10/2018;
- 26.890: bomba da Barragem I inoperante, com tubo desacoplado => prazo para execução 14/12/2018. Realizada em 17/12/2018;
- 27.023: observações: null. (Não há mais anotações nessa anomalia, mas registra-se que ela é posterior à 26.890. Há, porém, uma foto da água da nascente empoçada, com a tubulação encarregada da sucção da água);
- 27.197: bomba do reservatório inoperante => prazo para execução 14/1/2019. Realizada em 17/1/2019;
- 27.247: disposição e/ou adução (Observações): bombeamento com necessidade de ser testado (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019, p. 127).

Os problemas na bomba de sucção da água da nascente existente a montante da B I foram igualmente relatados à CPI-ALMG por Moisés Clemente, eletricitista da VALE, em 01/08/2019. Segundo ele, houve necessidade de intervir em dezembro e janeiro para que a bomba funcionasse.

De acordo com o EMP. 3, existia, junto à ombreira direita da B I, um pequeno dique que era chamado de “barraginha”. No local, ficavam permanentemente quatro bombas, sendo duas de reserva:

Nesse local era necessário manter bombas elétricas para retirar constantemente a água do local. [...] Desde a época da FERTECO. Nós herdamos isso aí. Então esse sistema de bombeamento tinha de estar funcionando 24 horas. Eu, por exemplo, já fui chamado em pleno domingo para ir lá e resolver o problema da bomba.

Perguntado sobre o trabalho da equipe de manutenção de máquinas, na época em que lá trabalhou, declarou o EMP. 3:

Eu acho que funcionava melhor. [...] O que eu percebo é o seguinte. Aí é uma característica que eu enxerguei lá. A Vale tem muito dessa percepção. Aqui está bom, essa gestão aqui está boa. Pega essa gestão e leva para lá [outro lugar]. Há muita rotatividade. [...] Essas pessoas que estavam lá, são pessoas antigas. Tinham um conhecimento profundo daquilo. Da minha época [...] Quando entram pessoas diferenciadas (observação nossa: a melhor palavra seria ‘diferentes’) [...] às vezes aquilo fica um pouco de lado. [...] Dizem que (a equipe de manutenção) foi enxugada.

6.8.8 Discussões

Os diversos relatórios produzidos pelas empresas de auditoria desde 2015 apontaram problemas quanto à operação, ao monitoramento e à manutenção da B I.

Podemos pensar ser inconcebível uma barragem sem drenagem no seu dique inicial, seja através de um filtro vertical ou de um tapete drenante. Contudo, o projeto alemão do dique inicial previu que o afloramento da linha freática no talude de jusante ocorreria em altura de 15 cm em relação ao pé da barragem, o que não lhe traria instabilidade. Não existia em 1975 a previsão para a construção de 14 diques de alteamento. A barragem partiu com 18m de altura e acabou atingindo 87m com o último alteamento.

O manual de operação não foi revisto na periodicidade estabelecida no próprio documento. A drenagem interna e a superficial, o extravasor, as bermas e taludes, e até mesmo uma bomba para retirada de água do fundo da B I apresentavam problemas constantes. Não eram problemas isolados, repetiam-se ano após ano, podendo-se inferir que faltou investimento para uma boa manutenção da barragem.

Conforme informou o EMP. 3, na época em que trabalhou na mina do Córrego do Feijão (até 2011), eram quatro bombas instaladas na ‘barraginha’, estrutura construída junto ao lado da B VI. Contudo, a VALE estava com problemas para manter uma bomba funcionando ao fundo da B I em 2018.

Toda água que empoça em uma canaleta ou canal, apresentando estes danos no concreto, penetra no barramento. Quando as estruturas citadas estão assoreadas, a água pode transbordar e também penetrar nos diques da barragem.

A presença de animais pastando sobre os taludes de jusante degradava a cobertura em grama, o que facilitava a formação de erosão. Arbustos eram comuns nos taludes de jusante. Segundo Cruz (2004, p. 541), as raízes destes arbustos tenderão a se dirigir para os sistemas de drenagem interna (em busca de água) e poderão comprometer a sua função. Podem ainda favorecer a ocorrência de *pipings* e a árvore morrer e a raiz vier a apodrecer.

As imagens e os vários trechos dos relatórios produzidos pelas empresas de auditoria apontaram que a B I carecia de uma boa manutenção. Mas como uma empresa que possuía uma Gerência de Geotecnia Operacional permitiu que a B I chegasse a tal ponto? A resposta a essa questão remete a fatores organizacionais, dentre eles, a financeirização, que serão abordados no próximo item.

6.9 Fatores Organizacionais

Deixaríamos de considerar um importante fator se não levássemos em conta a influência da financeirização na organização das grandes corporações, principalmente as transnacionais, como argumentam os escritores franceses Metzger, Maugeri e Benedetto-Meyer (2012, p. 230):

Por outro lado, é conveniente compreender que o fenômeno gerencial não se limita à empresa, e ainda menos à empresa ocidental. Ele extrapola os contornos da organização comercial para se estender não apenas às administrações e às associações dos países desenvolvidos, mas progressivamente ao conjunto das organizações dos países emergentes, via, notadamente, a ação de instituições e de agências privadas internacionais.

Em um mundo onde tudo é avaliado em termos de “criação de valor para o acionista”, os gerentes das empresas acabam por encarnar uma fração de poder que o turno financeiro da economia colocou nas mãos dos acionistas (op. cit., p. 237).

6.9.1 O projeto “Barragem Zero”

Dentro da dimensão temporal proposta por Llory e Montmayeul (2014), voltaremos a 2009 para entendermos como era a gestão de barragens pela VALE. Nesse ano, a VALE desenvolveu o projeto “Barragem Zero”, baseando-se em tecnologias de filtragem e espessamento de lamas em pasta, assim como de recuperação adicional de rejeitos e aglomeração para sua disposição sólida (FRANCA⁸⁸, 2009 apud SANTOS; WANDERLEY, 2021, p. 124). A empresa anunciou que o projeto seria implantado em oito barragens de rejeitos no estado de Minas Gerais, dentre elas a B I (CARVALHO, 2011). A ideia era processar 80 Mt de rejeitos de minério de ferro, gerando até 31 Mt por ano de *pellet feed*, consumindo investimentos de US\$ 2,4 bi e uma receita total estimada de US\$ 4,5 bi entre 2013 e 2018 (BRITO, 2011; CARVALHO, 2011; NERY⁸⁹, 2012 apud SANTOS; WANDERLEY, 2021, p. 124).

De modo geral, a alteração do cenário macroeconômico da indústria de extração mineral mundial, com a reversão drástica da demanda por minérios (em especial, o minério de ferro) e, conseqüentemente, dos preços e dos indicadores positivos relacionados à receita operacional e aos resultados financeiros das corporações mineradoras, induziu a revisão e

⁸⁸FRANCA, P. Projetos de disposição de rejeitos na Vale: diversidade de soluções, riscos e desafios. 13º Congresso Brasileiro de Mineração. Belo Horizonte, Instituto Brasileiro de Mineração, 2009.

⁸⁹NERY, C. Minério mais escasso dá impulso a novas técnicas. **Valor Econômico**, 2012.

cancelamento de planos de investimento. O cenário pós-*boom* provocou impactos negativos ainda mais expressivos no dispêndio em torno de pesquisa e desenvolvimento, afetando decisões de investimento em tecnologias alternativas à disposição em barragens.

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) denominado “Mina Córrego do Feijão: recuperação de *pellet feed* da Barragem I e VI e estruturas associadas” informou que o projeto fazia parte do “Barragem Zero” (NICHOLSON CONSULTORES LTDA⁹⁰, 2010 apud WANDERLEY; MILANEZ, 2021).

6.9.2 A gestão financeira e a posse do CEO em 2017

O projeto “Barragem Zero” não foi para frente e as barragens continuaram a receber rejeitos ou foram temporariamente deixadas de lado até uma possível remuneração. Além do desastre da B I, a DCE de muitas barragens da VALE não foi emitida por empresas de auditoria contratadas, o que levou à interdição das mesmas (BRASIL, 2019d, 2020a, 2020b, 2021; VALE, 2019f).

Para tentar entender quais razões levaram ao rompimento da B I e a interdição de outras barragens, continuamos a nossa viagem no tempo para verificar as mudanças profundas que ocorreram na VALE. Entre essas podemos destacar a implementação de medidas para satisfazer o mercado financeiro, como a redução de custos operacionais e da dívida líquida da empresa, além do aumento na distribuição de dividendos aos acionistas. Começamos aqui a nossa abordagem clínica, conforme apontam Llory e Montmayeul (2014).

A estratégia de internacionalização da VALE, levada a cabo durante a gestão do CEO Roger Agnelli, coincidiu com o *boom* das commodities entre 2002 e 2011. No pós-*boom*, o minério de ferro teve uma forte retração em seu preço, obrigando as mineradoras a mudarem suas estratégias, dentre elas a redução de custos operacionais e o aumento da produtividade (WANDERLEY, 2017, p. 3).

Em 2008, a VALE demitiu cerca de dois mil trabalhadores diretos e 12 mil terceirizados, de um total, então, de 120 mil trabalhadores em todo o mundo, sob a justificativa da crise mundial e da intensa queda nos preços do minério de ferro (CARVALHO, 2013).

⁹⁰NICHOLSON CONSULTORES LTDA. Mina Córrego do Feijão recuperação de *pellet feed* da barragem I e VI e estruturas associadas - Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Brumadinho: Novembro, 2010.

O relatório de sustentabilidade VALE de 2012 trouxe a seguinte mensagem do então CEO Murilo Ferreira (VALE, 2013b):

O contexto econômico global encontra-se, hoje, muito mais desafiador que nos dez últimos anos. É esperado que a economia mundial cresça em ritmo mais lento no novo período que estamos vivendo, o que requer maiores esforços e austeridade na gestão de uma grande empresa como a Vale (grifo nosso).

O mesmo relatório também revelou um dado preocupante em relação à produção de resíduos nas minas da VALE (op. cit., p. 66):

A geração de estéril e rejeito oriundos da produção de minério de ferro sofreu um aumento de aproximadamente 9%, devido à elevação, em algumas unidades de maior relevância, da quantidade de estéril retirada para extração da mesma quantidade de minério - relação que varia em função das características geológicas das minas.

Segundo Milanez *et al.* (2019b), a partir de 2015 ocorreram mudanças significativas na estrutura da companhia, dentre elas a escolha em 2017 do sucessor de Murilo Ferreira, o CEO Fábio Schvartsman, executivo com vasta experiência no setor financeiro e em empresas da indústria da transformação. Foi implantado processo de mudanças diretamente relacionado às exigências do mercado financeiro.

A VALE apresentou relação entre custo operacional e receita operacional líquida de 80,2% durante o ano de 2015, principalmente pelo baixo valor do minério de ferro no mercado internacional. A empresa conseguiu reduzir a relação para 64,2% em 2016 e essa não parou de cair, chegando a 47,6% em 2020, porcentagem inferior àquela de 2013 (Tabela 4).

A remuneração fixa da diretoria executiva (DE) VALE manteve-se com pouca variação de 2011 até 2014 e sofreu uma queda de 2014 para 2015 de 22,7% (Tabela 5). A remuneração variável veio caindo de 2011 até 2015 e despencou em 2016 em razão do rompimento da BRF. Contudo, comparando 2017 com o ano anterior, houve um crescimento de 13 vezes.

Tabela 4 - Custo operacional e receita operacional líquida da VALE (2013-2020)

Ano	Custo operacional ¹ (US\$ Mi)	Receita operacional líquida ² (US\$ Mi)	Custo operacional / receita operacional (%)
2013	24.245	46.767	51,8
2014	25.064	35.124	71,3
2015	18.751	23.384	80,2
2016	17.650	27.488	64,2
2017	21.039	33.967	61,9
2018	22.109	36.575	60,4
2019	21.187	37.570	56,4
2020	19.039	40.018	47,6

Fonte: VALE. Formulário 20F, Relatório anual de 2013 a 2020.

Notas: 1 – É o custo dos produtos vendidos e serviços prestados; 2 – É o montante que a empresa efetivamente recebe pelas vendas de seus produtos.

Tabela 5 - Remuneração dos diretores executivos da VALE em US\$ milhões (2011-2017)

Tipo de compensação/ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Remuneração fixa e benefícios em espécie	11,7	11,3	11,4	12,3	6,42	7,27	7,6
Remuneração variável	25,3	17,4	9,7	12,9	7,29	0,98	13,24
Pensão, aposentadoria ou benefícios similares	2,1	2,1	2,1	1,2	1,24	1,47	1,53
Indenizações	59,0	14,5	0,5	0,0	5,41	4,66	20,19
Contribuições sociais	19,1	8,3	3,9	4,5	3,53	2,24	8,03
Total pago aos diretores executivos	117,1	53,6	27,6	30,9	23,89	16,62	50,59

Fonte: VALE. Formulário 20F, Relatório anual de 2011 a 2017.

A partir de 2018, a forma como a remuneração da DE foi apresentada no relatório anual mudou um pouco. A remuneração total veio crescendo com exceção de 2019, ano do rompimento da B I: R\$ 166,1 milhões (mi) em 2018, R\$ 85,40 mi em 2019, R\$ 165,42 mi em 2020 e R\$ 246,49 mi em 2021 (VALE, 2011, 2012, 2013a, 2014, 2015, 2016a, 2017, 2018, 2019a, 2020a, 2021, 2022b). Apesar do desastre de 2019 e a repercussão mundial do caso, a remuneração da DE quase triplicou entre 2019 e 2021.

Quanto à distribuição dos dividendos e de juros sobre capital próprio aos acionistas (Tabela 6), o valor caiu de 2011 até 2014, em razão da queda acentuada do preço médio da tonelada de minério de ferro. Despencou para US\$ 0,25 bi em 2016, ainda por causa da queda do valor da commodity e do rompimento da BRF em 2015. A promessa em 2017 do novo CEO foi cumprida, qual seja: "nos próximos anos não haverá outra [mineradora] produzindo mais valor para seus acionistas do que a Vale" (GÓES, 2017). De 2015 a 2021, o valor distribuído aos acionistas cresceu nove vezes.

Tabela 6 - Valor de dividendos e juros sobre capital próprio distribuído pela VALE aos acionistas e valor médio da tonelada de minério de ferro (2011-2021)

Ano	Valor tonelada métrica seca de minério de ferro ¹ (US\$)	Valor distribuído (US\$ Bi)
2011	106,23 ²	6,000
2012	125,51 ²	6,000
2013	135,00	4,500
2014	97,00	4,200
2015	55,15	1,500
2016	58,50	0,250
2017	71,32	1,456
2018	69,49	3,312
2019	93,40	1,320
2020	108,87	2,329
2021	159,49	13,50

Fonte: VALE. Formulário 20F, Relatório anual de 2011 a 2021.

Notas: 1-Média Platts IODEX (62% Fe CFR China); 2-Média histórica de preços dos últimos três anos para o produto *pellet feed* Sudeste.

Em relação à redução do endividamento, a dívida líquida da empresa cairia de US\$ 18,143 bi ao final de 2017 para US\$ 9,650 bi ao término de 2018 (VALE, 2018, 2019a).

O valor gasto na manutenção das operações da VALE decresceu significativamente de 2012 a 2016, passando de US\$ 4,6 bi para US\$ 2,3 bi no período (VALE, 2016b, p. 36), o que pode ter impactado na operação e manutenção das instalações da VALE, inclusive no gerenciamento das barragens. O corte de custos por toda a empresa foi bem explicado por Luciano Siani Pires, Diretor de Finanças e Relações com Investidores, em entrevista conduzida por Karel Luketic, analista da XP Investimentos (GOEKING, 2018):

Nós tivemos muita austeridade. O corte de custos foi brutal. [...] Chegamos a ter 15 mil pessoas em nove prédios administrativos e hoje temos uma sede única no Rio de Janeiro. [...] Nós chegamos a colocar minério de ferro na China por US\$ 80,00. [...] Hoje nós colocamos minério de ferro na China abaixo de US\$ 30,00. [...] Os custos reais da companhia hoje são os mesmos de cinco anos atrás, apesar de toda a inflação do real brasileiro (grifo nosso).

6.9.2.1 Discussões

Os números apresentados e a fala do Diretor Luciano Siani são uma pequena demonstração da política de austeridade que já vinha sendo implantada na empresa desde a época de Murilo Ferreira, em 2012.

Com a entrada do CEO Fábio Schvartsman, em 2017, ficou mais explícito que a vocação da empresa seria atender ao mercado financeiro, dar retorno aos acionistas, em detrimento dos investimentos na segurança operacional. Além disso, foram dados enormes incentivos financeiros aos membros da DE para que as metas fossem atingidas, isto é, corte de custos, redução do endividamento e distribuição do excedente aos investidores.

A política de dividendos e a estratégia financeira tornaram-se ainda mais centrais nas operações da empresa, sugerindo que a dimensão operacional de suas atividades veio perdendo relevância na alocação de recursos diante da dimensão financeira (MILANEZ, 2019a). No próximo item falaremos como o corte de custos por toda a empresa era visto pelos empregados.

6.9.3 O corte de custos nas minas

Seguindo a abordagem compreensiva proposta por Llory e Montmayeul (2014) apresentamos os resultados de várias entrevistas para melhor compreender o corte de custos

nas minas. O Sindicalista 1 (SIND. 1), dirigente de um dos vários sindicatos de trabalhadores da indústria extrativa em Minas Gerais, declarou em entrevista para esta pesquisa que:

O corte de custos da VALE vem desde 2016, bem antes do Fábio (CEO). [...] Que envolve desde o salário dos trabalhadores como o custo geral das unidades pra maximizar o lucro deles. [...] Eles demitem quem recebe mais e contrata quem recebe menos. [...] A redução de custos perpassava tanto nos salários dos trabalhadores como o custo também nas unidades. [...] O pessoal [trabalhadores] reclama, os acidentes vem aumentando. [...] É coisa tipo assim de gambiarra total. [...] Também improvisação de ferramentas etc. [...] Está se abrindo um processo, na pandemia, que está muito perceptível dentro da VALE, que é de terceirização.

O SIND. 2, dirigente de um segundo sindicato, informou em entrevista que não recebeu nenhuma queixa dos diretores do sindicato que trabalhavam na VALE sobre precariedade de instalações da empresa ou problemas com as barragens:

Uma ou outra coisinha que às vezes chegava até nós, a gente formalizava e mandava pra empresa. A questão de, por exemplo, de alimentação, transporte, de pessoal. Até então a gente não tinha essa percepção e também nunca chegou até nós, diretamente, sobre barragens não. [...] Tudo que chegava de reclamação aqui a gente passava pra Vale.

Perguntado sobre a terceirização na VALE, manifestou-se o SIND. 2:

Antes da lei de 2017, da reforma trabalhista, houve uma lei aí que liberou a terceirização por todos os setores da empresa. Aí foi aquele *boom*. Tanto que em 2019, quando aconteceu o acidente aqui, existiam muitos empreiteiros lá dentro.

O SIND. 3, de um terceiro sindicato, destacou o corte de custos na época do CEO Murilo Ferreira, que antecedeu Fábio Schvartsman:

Na época do Murilo Ferreira, ele trouxe um projeto muito grande de austeridade. [...] Foi uma época que cortou muito investimento nos sites, suspendeu contratos, passou por enxugamento de custos muito forte na época. [...] Hoje, nós estamos vendo as estruturas sendo muito beneficiadas pelo programa implantado pelo atual CEO, que é o Bartolomeu [...].

O Prestador de Serviços 1 (PREST. 1) informou em entrevista que em 2015 teve o contrato de prestação de serviços suspensos pela VALE, que alegou à época que o valor do minério de ferro estava baixo no mercado internacional:

Nós recebemos uma ligação do nosso gestor de contrato solicitando uma reunião para rever os valores que estavam previstos em contrato. Foi um procedimento, vamos dizer assim, corporativo, em função do cenário. O que foi alegado para nós foi que o cenário, em termos do valor da tonelada do minério, estava muito desfavorável. [...] Foi para renegociar os contratos com as empresas prestadoras de serviço. [...] Nós fizemos esse estudo pra poder verificar se era possível ou não, a gente viu que não tinha gordura, que não tinha margem pra reduzir esse valor do contrato. [...] Na sequência, o nosso contrato foi suspenso. [...] Depois de alguns meses, esse contrato foi retomado dentro de uma condição em que foi estipulado um valor teto, limite mensal que poderia ser repassado pro nosso contrato. Então nós tínhamos que trabalhar com limitação no número de medições, de acompanhamentos, pra poder não extrapolar aquele teto dentro daquele mês.

PREST. 1 também declarou que “[...] a VALE tinha uma preocupação muito grande quanto à parte de documentação em SST, isto é, quanto a criar evidências documentais. [...] Mas em relação à parte operacional, nem sempre existia esse nível de cuidado”.

O EMP. 1 revelou sobre o corte de custos e o cumprimento de metas:

Se você não gastou o seu financeiro todo orçado, parte daquela economia impacta no seu prêmio, na sua PL. Redução de custos na veia. [...] Um pneu de caminhão de 150 toneladas custa mais de 170 mil reais cada um. [...] Esses pneus tinham um limite de vida útil. [...] Chegava o período chuvoso, não podia rodar. [...] Chegavam para mim e... [falavam] vai rodar.

Você fazia o orçamento obedecendo àquelas metas. Dentro disso aí, você tinha de abrir mão de uma série de coisas, você gerente, para atingir aquela totalidade dada pela sua diretoria. E você ainda tinha, se você reduzisse isso, ainda como gerente, isso impacta na sua PL [participação nos lucros e resultados].

Meta tinha de bater a qualquer custo. [...] Todo e qualquer outro gerente: economia a qualquer custo, porque eu quero o máximo na minha PL.

O EMP. 8 declarou sobre o corte de custos na mina Córrego do Feijão:

O gerente geral do Complexo Paraopeba, Rodrigo Melo, ele colocou o seguinte. Era um gerente pra manutenção, um gerente pra usina e embarque, um gerente pra operação de mina. O que é que ele fez? Ele acabou com isso. Ficou um gerente pra tudo, o Alano. O corte maior que ele fez foi isso. [...] Eles reduziram muito.

Perguntando o que foi mais evidente em termos de corte de custos em Córrego do Feijão, o EMP. 8 apontou: “Pessoas. Teve muita demissão”. Tal informação foi confirmada pelo EMP. 7:

Faltava gente. Um ano antes, dois anos antes, um ano e meio antes, por aí [do rompimento da B I], a Vale fez uma reformulação grande com o pessoal de Jangada e Feijão. Eu acho que nos outros sites também. Antes tinha um gerente de manutenção, um gerente de usina, um gerente de mina. Os três gerentes, eles tiraram os três e ficou um. Um que veio de fora, no caso foi o Alano. Eles começaram tirando o Rodrigo Grossi, que era o gerente geral do Complexo Paraopeba. [...] Uma das coisas que eles mudaram foi que quem era supervisor de usina tinha de ter uma ligação maior com a manutenção e com a mina. E assim, vice-versa, tinha de trabalhar junto. Antes cada área respondia pela sua área. Depois disso, as áreas começaram a se misturar. [...] Aumentou a carga de trabalho, muito, três vezes mais. [...] Enxugou demais, mudou tudo.

O corte de custo em relação a pessoal também ocorreu em outras áreas. O CIAEA (2020, p. 40) apontou bem os problemas enfrentados pela GGO que podem ter comprometido a sua atuação:

A investigação independente verificou (i) questões envolvendo a insuficiência de recursos humanos e sobrecarga de trabalho, para atividades relevantes da gestão de barragens; (ii) a ocorrência de uma lacuna de liderança na gerência de geotecnia operacional, entre outubro de 2017 a maio de 2018, em momento relevante no histórico da B I; ... e (v) a falta de clareza em relação à atribuição de funções e responsabilidades áreas de geotecnia operacional e corporativa, bem como em relação às funções desempenhadas no âmbito do PAEBM (grifo nosso).

O EMP. 7 falou em entrevista sobre o trabalho da eng.^a Cristina Malheiros: “Final de semana, a Cristina, quando a Cristina não ia lá, ela sempre ligava pra saber como é que tava. Ela trabalhava em outras minas, trabalhava no complexo. [...] Ela não ficava direto. Eu acho que ela ia pra [mina de] Fábrica, Mutuca e CPX”.

Em depoimento aos AFT da SRT/MG em 08/02/2019, Cristina Malheiros relatou que iniciou suas atividades na Mina do Córrego do Feijão em 2011. No período de 2016 a 2017, ela foi trabalhar nas estruturas das minas da Mutuca, Mar Azul e Capitão Xavier e, eventualmente, ia à mina Córrego do Feijão. Em janeiro de 2018, voltou para a mina Córrego do Feijão/Jangada, que possuía oito barragens, uma em Jangada e sete em Feijão. Em 15/05/2017, foi contratado o eng.^o Artur Bastos Ribeiro para auxiliá-la.

Consultada, a VALE nos informou por mensagem eletrônica que Cristina Malheiros era responsável por 26 estruturas entre pilhas de estéril e barragens nas minas de Córrego do Feijão, Jangada, Mutuca, Mar Azul e Capão Xavier, todas localizadas dentro do Complexo Paraopeba, na época do rompimento da B I.

O PIESEM-N, realizado em junho de 2018, fez a seguinte recomendação em seu relatório final⁹¹: “Adequação da equipe VALE para atendimento aos requisitos do projeto e legislação, uma vez que as demandas são cada vez maiores e o staff geotécnico da empresa não consegue acompanhar de forma efetiva os trabalhos” (grifo nosso).

6.9.3.1 Discussões

Diante das falas dos empregados da VALE e das constatações do PIESEM-N e do CIAEA, verificamos que a sobrecarga de trabalho era comum para aqueles que trabalhavam no complexo minerário. Gerentes foram dispensados, supervisores estavam sobrecarregados e havia apenas um gerente de operação, o Sr. Alano Reis Teixeira, com formação em Ciências da Computação e que havia assumido o cargo no segundo semestre de 2017. Após o geólogo César Grandchamp deixar o cargo de gerente da GGO, o complexo minerário Córrego do Feijão/Jangada ficou um ano sem gerente. Estes fatos podem ter contribuído para diminuir a vigilância da empresa sobre as barragens, dentre elas a B I.

Podemos verificar também a sobrecarga de trabalho da eng.^a Cristina Malheiros, responsável tecnicamente pela inspeção e monitoramento de 26 estruturas espalhadas por cinco minas da VALE. Pode-se inferir que a grande quantidade de ações determinadas pela

⁹¹ VALE. Relatório da 2ª reunião do PIESEM-N. 05 jul. 2018.

legislação federal e estadual em relação às barragens, principalmente após o rompimento da BRF em 2016, além do grande número de barragens e pilhas de estéril a serem inspecionadas, tornava o trabalho de Cristina Malheiros muito difícil de ser realizado. Somou-se a tal situação os problemas frequentes apresentados pela B I, como a fratura hidráulica no dique inicial da B I em junho de 2018, quando da perfuração do 15º DHP.

As falas dos três dirigentes sindicais apresentaram contradições em relação à manutenção das instalações da VALE. Mas podemos verificar que os sindicatos de trabalhadores se mostraram pouco atentos em relação à segurança das barragens da VALE, mesmo após o rompimento da BRF em 2015. Por se tratar de assunto muito técnico, faz-se necessário que os sindicatos laborais tenham um apoio especializado para discutir as questões da gestão da segurança das estruturas com a mineradora.

Demonstraremos a seguir que, a partir de 2015, o investimento na segurança de barragens ficou muito distante do ritmo do crescimento da remuneração da DE e da distribuição de lucros aos acionistas.

6.9.4 Estagnação do investimento nas barragens

A VALE informou que, no período de 2016 a 2019, os investimentos em gestão de barragens totalizariam cerca de US\$ 221 mi (Tabela 7), sendo aplicados em ações de manutenção e segurança de barragens, tais como: manutenção, monitoramento, obras de melhorias, auditorias, análises de riscos, revisões dos PAEBM, implantação de sistemas de alerta, videomonitoramento e instrumentação (VALE, 2019e). Não conseguimos acesso à informação do histórico de investimentos realizados na B I.

Tabela 7 - Investimento da VALE em barragens no Brasil (2015-2019)

Ação	Investimento (US\$ Milhões)					2016 a 2019
	2015	2016	2017	2018	2019 ¹	
Gestão de barragens	27,79	31,32	56,60	65,66	68,08	221,66
Novas barragens convencionais	69,49	33,05	75,79	38,15	59,04	206,03
Alteamentos	41,99	27,01	30,19	51,23	53,99	162,42
Total	139,27	91,38	162,58	155,04	181,11	590,11

Fonte: Adaptado de VALE, 2019e (endereço eletrônico alterado pela VALE).

Nota: 1 - Valor previsto para 2019.

A princípio, apresentamos os investimentos de forma absoluta. De 2015 para 2016 houve acréscimo de US\$ 3,53 mi na gestão de barragens, 12,7% (VALE, 2019e). Esse é um valor pequeno considerando que, com o rompimento da BRF em 2015, a VALE deveria ter ligado o ‘sinal de alerta’ em relação às suas barragens. Um consultor brasileiro, eng.º Paulo

Abrão, e um americano, eng.º Scott Olson, foram contratados e começaram os estudos de liquefação para as barragens alteadas a montante (BRASIL, 2019a). Além disso, as barragens Norte/Laranjeiras, Forquilha V e Borrachudo II entraram em funcionamento em 2016 (FEAM, 2017, 2018), aumentando os custos com a gestão, como a produção de relatórios de inspeção, manutenção etc.

De 2016 para 2017, ocorreu um acréscimo de US\$ 25,28 mi (80,71%) na gestão de barragens (VALE, 2019e). Este acréscimo teve justificativa, pois a Portaria DNPM nº 70.389 de 2017 (BRASIL, 2017) trouxe uma série de obrigações acessórias para as mineradoras que possuíam barragens, dentre elas a elaboração da RPSB, do RISR e das respectivas DCE duas vezes por ano, e do PAEBM, incluindo os estudos de inundação, comumente chamados de *Dam Break*.

A VALE contratou outros estudos técnicos como a Gestão de Riscos Geotécnicos, que incluía consolidação de dados e identificação de riscos, cálculo de probabilidades e valoração das consequências em caso de rompimento das barragens (BRASIL, 2019a). Somando-se a isto, entraram em operação as barragens Capitão do Mato e Barnabé 1 em 2017 (FEAM, 2017, 2018).

Em razão das novas obrigações impostas pelo DNPM, houve um aumento nos gastos com a gestão, mas não se pode falar que as barragens estavam seguras. Elaboração de estudos de *Dam Break* e de PAEBM e a utilização de modernos softwares para cálculo do FS não tornam as barragens mais seguras do ponto de vista de estabilidade. Além da manutenção física da barragem, faz-se necessário manter a linha freática tão baixa quanto possível, isto é, mantê-la longe de seus diques, pois essa influencia diretamente no cálculo do FS de estabilidade da estrutura. Para tal, a drenagem interna e externa da estrutura tem de estar funcionando de forma a retirar o máximo de água possível de seu interior.

De 2017 para 2018, o custo com a gestão apresentou um aumento de 16%, ainda um reflexo das obrigações criadas pelo DNPM em 2017. Impacta também neste valor os novos alteamentos realizados nas barragens entre 2015 e 2018, já que esses aumentam os custos com instrumentação, inspeção e manutenção. De 2018 para 2019, o acréscimo planejado no custo da gestão das barragens era de apenas US\$ 2,42 mi (VALE, 2019e). Contudo, a empresa teve que gastar bem mais com a gestão de suas barragens após o rompimento da B I, como veremos a seguir.

Apresentamos agora os investimentos na gestão de barragens de forma relativa, isto é, introduzindo o denominador produção de minério de ferro por ano (Tabela 8).

Tabela 8 - Relação entre investimento na gestão de barragens e produção de minério de ferro por ano na VALE (2015-2018)

Ano	(1) Investimento na gestão de barragens (US\$ Mi)	(2) Produção de minério de ferro (Mta)	(1) ÷ (2)
2015	27,79	358,6 ^a	0,077
2016	31,32	348,50	0,090
2017	56,60	366,5	0,154
2018	65,66	384,6	0,171

Fonte: VALE, 2019e (endereço eletrônico alterado pela VALE); VALE, Formulário 20F, Relatório anual, 2017, 2018.

Notas: a – Inclui a produção da Samarco até 05/11/2015; Mta (Milhões de toneladas por ano).

O valor absoluto em investimento de barragens variou 136% entre 2015 e 2018. O valor relativo, tomando como base a produção de minério de ferro no período, foi de 122%.

Tentamos obter junto à VALE informações sobre o valor investido na gestão da B I de 2015 a 2018, mas a empresa informou que não foi possível individualizar tais valores nos sistemas da VALE antes de 2019.

Declarou o EMP. 1 em entrevista ao pesquisador sobre a manutenção das barragens: “Redução de gastos. [...] Barragem enche vagão? Não! Barragem paga combustível? Não! Manutenção de mina é gasto!”.

Manifestou-se o EMP. 2 sobre a manutenção da B I:

A verba existe, mas tem hora que tem de priorizar. O que é que se faz? Está correndo tudo bem? Quando é que você vai se preocupar com isso? Época de chuva. Chegando período chuvoso, todo mundo fica maluco. [...] Você não faz de antemão, você faz em cima da hora.

Perguntado como ocorria a manutenção da B I, como capina, plantio de grama, reconstituição de canaletas, informou o EMP. 3: “Terceirizado [...] e se fazia, isso era uma coisa que eu via. [...] Era bem organizado, bem acompanhado”. O EMP. 3 saiu da mina do Córrego do Feijão em 2011, ainda na época do *boom* das commodities.

6.9.5 A interdição de outras barragens

Após o rompimento da B I, empresas de auditoria contratadas revisaram seus conceitos em relação aos parâmetros geotécnicos adotados para os rejeitos armazenados e utilizados nos alteamentos, o que diminuiu os FS calculados. Inúmeras barragens não tiveram suas DCE emitidas pelos auditores externos em março de 2019 (VALE, 2019f).

Em razão disso, nove barragens da VALE foram interditadas pela SRT/MG por trazerem riscos para os trabalhadores (CUNHA, 2019), informadas a seguir pelo nome

(mina): Forquilhas I, II e III, Marés II e Grupo (Fábrica); Sul Superior (Gongo Soco); B3 e B4 (Mar Azul); Maravilhas II (Pico); Vargem Grande (Abóboras).

Outras estruturas foram interditadas pela ANM: oito em março/2019 (VALE,2019f), uma em setembro/2019, seis em março de 2020 e oito em setembro de 2020 (BRASIL, 2019d, 2020a, 2020b, 2021), totalizando 33. Com a estabilidade da B VI (Córrego do Feijão) atestada em setembro/2020 e de Taquaras, Capim Branco e Menezes II em março/2021, a VALE contava com 29 barragens interditadas em MG em 2021 (BRASIL, 2019d, 2020a, 2020b, 2021).

Os problemas ocorreram com barragens alteadas a montante (12), as mais inseguras, como também com aquelas alteadas a jusante (6), alteadas por linha de centro (2) ou com apenas o dique único (13). Mesmo estruturas novas como a Norte/Laranjeiras (2016), Borrachudo II (2016) e Capitão do Mato (2017) não conseguiram ter a estabilidade garantida, o que pode remeter a problemas construtivos.

6.9.6 A alteração na gestão das barragens

O investimento na gestão de barragens teve um crescimento modesto entre 2015 e 2019 (Figura 100), demonstrando que a VALE ainda não tinha reconhecido o problema. Isso pode ser corroborado pela fala do Diretor Executivo de Ferrosos, Sr. Gerd Peter Poppinga, durante um evento para investidores em Londres, em 2015:

Como Luciano (Diretor Financeiro) disse, em nossos 73 anos de história, nós nunca tivemos um rompimento de barragem. Existem muitas coisas que podemos fazer. Você pode atualizar seus sistemas de monitoramento, por laser ou por radar, instalar mais piezômetros e assim por diante. Isto é o que estamos fazendo, e somente começando. Até o momento nós não temos nenhum sinal. Nós não temos nada. Nós estamos bem com nossa governança e com o governo, e nós estamos bem com a integridade das barragens (SAES; MURADIAN, 2021).

Já em 2016, quando apresentava os resultados da empresa do segundo trimestre, declarou Poppinga:

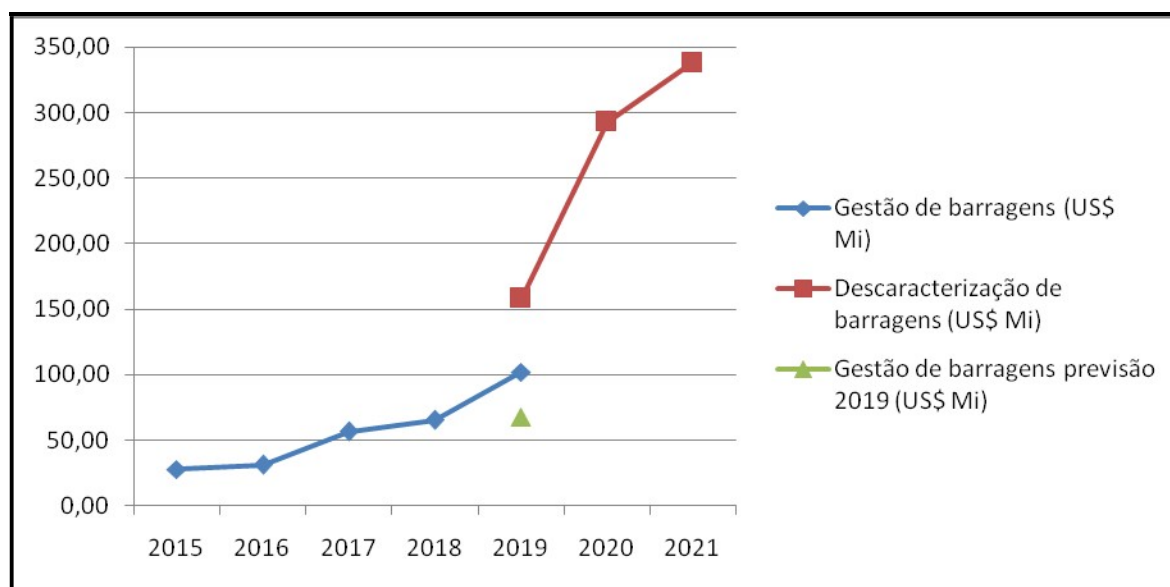
[...] não importa o que acontecerá em termos especificamente de montante, o método de construção de barragens de rejeitos no Brasil em termos de legislação ou restrições, nós podemos dizer que a Vale, nós não temos aquelas barragens. Nós não temos, nós praticamente não temos barragem de montante em operação [...] (SAES; MURADIAN, 2021).

Poppinga subestimou o risco de suas barragens, declarando para investidores que praticamente a empresa não tinha barragens alteadas a montante. Mas foi exatamente a B I,

alteada a montante, que se rompeu, assim como outras 11 desse tipo foram interditadas no país a partir de 2019.

A Figura 100 aponta o quanto era baixo o valor previsto para a gestão de barragens em 2019 (US\$ 68 mi). A VALE acabou tendo que investir mais na gestão das estruturas após o desastre, US\$ 102 mi em 2019, já que a ANM (BRASIL, 2019b) e uma lei do estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2019) passaram a obrigar as mineradoras a descaracterizar barragens alteadas a montante. A partir daí, maiores investimentos foram observados na empresa, chegando a US\$ 338 mi em 2021.

Figura 100 – Investimento absoluto na gestão (2015-2019) e na descaracterização de barragens da VALE no Brasil (2019-2021)



Fonte: VALE, 2019e (endereço eletrônico alterado pela VALE), 2020a, 2020b, 2021a, 2022b.

Nota: 1 - Valor previsto para a gestão de barragens em 2019.

Tentamos obter junto à VALE o valor efetivamente gasto na gestão de barragens de 2019 em diante, pois a empresa vem declarando nos relatórios anuais somente o valor referente às descaracterizações. A empresa nos informou que os valores gastos que se referem à gestão de barragens são informados nos relatórios trimestrais. Contudo, em 2020 e 2021, a VALE informou nos relatórios trimestrais duas verbas distintas: ‘gestão de barragens’ e ‘outros investimentos em barragens e pilhas de estéril’. Logo, não temos base de comparação com os valores informados na Tabela 7.

A VALE iniciou a implantação de estações microsísmicas, de radares interferométricos, o monitoramento através de radares orbitais, a execução de ensaios de eletrorresistividade, a realização de pequenas obras como direcionamento do fluxo de água

para fora dos reservatórios, além do início de novas campanhas geotécnicas com o fim de conhecer melhor suas estruturas, tudo aquilo que a boa engenharia recomendava^{92,93}.

Entrou em funcionamento o Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG) em Nova Lima/MG, onde profissionais permanecem 24 horas por dia diante de monitores e são alertados se alguma alteração significativa ocorrer nos parâmetros pré-estabelecidos de segurança (VALE, 2019d)⁹⁴.

Em entrevista ao pesquisador, informou o EMP. 4 sobre a melhoria na manutenção das barragens da mina em que trabalha após Brumadinho:

O que eu percebo é que, de 2019 para cá, é que o controle sobre diversos elementos da barragem são mais acompanhados. [...] Controle de nível, por exemplo. Antigamente, o pessoal fazia controle de nível da barragem por estaqueamento. [...] Hoje, a gente tem um instrumento de medição via radar que a gente acompanha 24 horas o nível de água na barragem. [...] Hoje, a gente tem equipamento disponível no local para ser feita as drenagens se for necessário, tem um plano de chuva muito bem desenhado. A gente atendia sob demanda, por exemplo: 'O nível da água está subindo'. Aí tinha de ir lá e colocar a bomba pra rodar. [...] Antes esperava a começar a chover, de 2018 para trás. [...] Hoje não, hoje tem um plano de chuva muito bem desenhado. [...] Na hora que começa as previsões de chuva, o pessoal já começa o acionamento das bombas pra poder manter o nível dela na condição atual, sem esperar a lâmina subir.

As obras de descaracterização de 30 barragens alteadas a montante começaram em 2019, sendo que sete já haviam sido concluídas até dezembro de 2021. Também foram finalizadas três estruturas de contenção a jusante (ECJ)⁹⁵: barragens Forquilhas I, II, III, IV e Grupo, na Mina de Fábrica, em Congonhas; barragens 3 e 4, na mina de Mar Azul, em Nova Lima; barragens Sul Superior (Figura 101) e Sul inferior, mina Gongo Soco, em Barão de Cocais (VALE, 2022e, p. 40). A partir de 31 de dezembro de 2021, a provisão VALE para a conclusão do plano de descaracterização de suas estruturas é de US\$ 3,523 bi, além US\$ 202 mi a serem gastos na barragem localizada na mina da Samarco (VALE, 2022b, p. 17 e 24).

⁹² VALE. Pedido de suspensão de interdição da barragem Maravilhas II à Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

⁹³ VALE. Pedido de suspensão de interdição de barragens interditadas na Mina de Fábrica à Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

⁹⁴ Endereço eletrônico foi alterado pela VALE.

⁹⁵ Estrutura construída a jusante de uma barragem de mineração ou empilhamento drenado com disposição hidráulica de rejeitos e suscetíveis à liquefação, com o objetivo de reter os efluentes desta no evento de ruptura ou funcionamento inadequado.

Figura 101 - Barragem Rio de Peixe já descaracterizada e a Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ) das barragens Sul Superior e Sul Inferior em Barão de Cocais/MG



Fonte: VALE, 2022e, p. 40.

O processo de descaracterização requer cuidados especiais, pois a movimentação do rejeito armazenado pode se tornar um gatilho para a liquefação da barragem. Para tal, a VALE tem utilizado equipamentos operados de forma remota, isto é, não tripulados. Escavadeiras, operando sobre o material armazenado na barragem, vão carregando caminhões que conduzem o rejeito mineral para áreas fora da zona de autossalvamento. Ao atingirem determinada umidade, esses rejeitos são depositados em pilhas. A Figura 102 apresenta a obra de descaracterização das barragens B3 e B4 na Mina de Mar Azul, em Nova Lima/MG.

Para a construção das 3 ECJ já concluídas, a VALE utilizou-se da técnica construtiva denominada Concreto Compactado a Rolo (CCR), isto é, um concreto seco é lançado e depois é compactado em camadas.

No próximo item, apontaremos como a financeirização da VALE pode ter contribuído para que as mudanças na gestão das barragens demorassem tanto.

Figura 102 - Obra de descaracterização das barragens B3 e B4 em Nova Lima/MG com a utilização de equipamentos operados remotamente.



Fonte: Autor. Visita à obra na Mina Mar Azul, Nova Lima, em 2022.

6.9.7 A financeirização e os incentivos financeiros na VALE

A remuneração da DE da VALE era composta por uma parte fixa (honorário mensal), uma parte variável de curto prazo (bônus anual) e duas partes de longo prazo, o Programa de Ações Virtuais (PAV) e o *Matching*.

O pagamento do bônus anual está vinculado a um gatilho, meta de resultado que define as condições mínimas para o recebimento. Esse gatilho é comum a todos os níveis hierárquicos e localidades e garante um desempenho coletivo mínimo adequado. Se o gatilho não for atingido em determinado ano, não há pagamento do bônus à DE, tampouco da participação nos lucros e resultados (PLR) dos empregados (VALE, 2019b, p.3).

Segundo o acordo coletivo de trabalho de 2019 firmado entre o Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Extração de Ferro e Metais Básicos de Betim e Região e a VALE, o gatilho da PLR é atingido quando o EBITDA (Lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização) atingir 50% do planejado no ano. De acordo com o SIND. 1, esse gatilho é atingido já no fim do 1º trimestre do ano.

O valor do bônus anual é de 15 honorários mensais para o CEO e 12 para os demais diretores executivos, mas, mediante desempenho excepcional, o bônus poderia chegar a 30 ou 24, respectivamente. Não é explicado no documento que define a política de remuneração da DE o que seria esse desempenho excepcional (op. cit., p.3). Tomando como exemplo um honorário mensal de R\$ 500 mil, o CEO poderia receber de bônus anual até R\$ 15 mi.

Até 2018, 60% do painel de metas do bônus anual estava associado a métricas econômico-financeiras que traduziam o desempenho operacional e, como tal, alinhado ao pagamento de dividendos. Os outros 40% eram distribuídos entre metas de saúde e segurança (10%), sustentabilidade (10%) e atingimento de iniciativas estratégicas (20%) (VALE, 2019b, p. 448; 2022c).

A meta de segurança e saúde era composta principalmente pela evolução da implantação do Sistema de Gestão Integrado (SGI) e pela evolução no perfil de riscos de segurança, saúde e meio ambiente. Os indicadores eram negociados e definidos no âmbito das operações e posteriormente agrupados para compor a nota da alta liderança da empresa (VALE, 2019b, p. 267). Em relação ao meio ambiente, existiam metas para a redução de Carbono, redução de utilização de água e de recuperação de áreas degradadas (op. cit., p. 267).

Para 2019, a meta de segurança e saúde era reduzir globalmente a quantidade de empregados expostos a ruídos e a materiais como sílica, tricloroetileno e particulados de diesel nas operações da empresa (VALE, 2019c, p. 48). Após o desastre de Brumadinho, passou a ser:

As metas da Vale em saúde e segurança para 2025 são: zerar o número de fatalidades e de vidas mudadas, o que inclui a prevenção de acidentes de processo com potencial catastrófico, bem como reduzir pela metade o número de empregados expostos a agentes nocivos à saúde no ambiente de trabalho (prevenção de doenças crônicas) (VALE, 2020d, p. 67).

No PAV, a premiação dos membros da DE é baseada em unidades de ações virtuais que lhes são concedidas no início de um ciclo de três anos. O diretor terá direito a receber um prêmio ao fim do período se atingir determinado resultado. O PAV alinha o foco dos executivos à visão dos acionistas e tem como métrica de desempenho o *Total Shareholder Return* (TSR). O TSR mede o retorno que um investimento proporciona ao investidor/acionista, e considera a oscilação do preço da ação e a distribuição de dividendos, com base em um período.

O TSR VALE é comparado ao de outras companhias mineradoras que possuem perfil de risco e comportamento de mercado similares (Figura 103). Se o TSR VALE for o maior entre as companhias que compõem o grupo, o diretor receberá um prêmio de 150% correspondente ao valor das ações virtuais concedidas anteriormente. Se ele for o segundo do grupo, o prêmio ao diretor será de 100% (VALE, 2022c, p. 579).

Figura 103 - Porcentagem a receber por diretor executivo VALE dentro do programa de ações virtuais



Fonte: Adaptado de VALE, 2022c.

A quantidade de ações virtuais⁹⁶ concedidas anualmente equivale a 18,75 honorários mensais para o CEO e de nove honorários para os demais diretores. Mantendo o exemplo inicial de honorário mensal, o CEO receberia R\$ 9,375 mi em ações virtuais. Se o *TSR* da VALE for o terceiro do grupo de empresas, o CEO receberia, ao final do terceiro ano, o valor correspondente a 70%, isto é, a quantia de R\$ 6,56 mi.

Em 2020, além da métrica de *TSR*, a VALE incluiu a métrica de desempenho relacionada a *ESG - Environmental, Social and Governance* que inclui: Saúde & Segurança, Sustentabilidade e eliminação dos principais *gaps* *ESG* em relação às melhores práticas.

As metas de segurança e saúde incluíam zerar, nos próximos anos, as lesões de alto potencial cujas causas são consideradas precursores de fatalidades (Figura 104).

Figura 104 - Metas para redução de lesões de alto potencial na VALE



Fonte: VALE, 2022f.

⁹⁶Divide-se o valor concedido ao Diretor (Ex. 18,75 honorários mensais) pela cotação da ação ordinária da VALE dos últimos 60 pregões antes da concessão. Ao fim do período trienal, multiplica-se o número de ações virtuais pela cotação média das ações ordinárias da Vale dos 60 últimos pregões do terceiro ano (VALE, 2019b, p. 474).

As metas de sustentabilidade VALE estão alinhadas à Agenda da ONU 2030, quais sejam: diminuição da emissão de gases efeito estufa, aumento do uso de energias renováveis, redução do uso de água, recuperação de áreas florestais, redução de emissão de particulados e adoção de prática de ESG (VALE, 2022d).

Em resumo, o histórico do PAV de 2018 até 2022 é (VALE, 2022c, p. 578):

- Ciclo iniciado em 2018: pagamento gradual ao longo de quatro anos de ciclo (0%, 20%, 30% e 50%); em dinheiro, atrelado ao valor das ações; condicionado ao fator de performance, composto por 100% TSR.
- Ciclo iniciado em 2019: pagamento integral após três anos de ciclo; em dinheiro, atrelado ao valor das ações; condicionado ao fator de performance e composto por 100% TSR.
- Ciclo iniciado em 2020: pagamento integral após três anos de ciclo em dinheiro, atrelado ao valor das ações, condicionado ao fator de performance e composto por 80% TSR e 20% ESG.
- Ciclo iniciado em 2021: pagamento integral após três anos de ciclo em ações; condicionado ao fator de performance, composto por 80% TSR e 20% ESG, prevendo ainda pagamento adicional (dividendos virtuais) ao final do ciclo.
- Ciclo iniciado em 2022: pagamento integral após três anos de ciclo em ações, condicionado ao fator de performance, composto por 75% TSR e 25% ESG, prevendo ainda pagamento adicional (dividendos virtuais) ao final do ciclo.

O *Matching* também é um incentivo de longo prazo da remuneração, visando a permanência do diretor na empresa. Ele é baseado no desempenho esperado para a empresa, refletido no seu valor de mercado e preço da ação. Metade do bônus anual que o diretor recebe é convertido em ações. Por exemplo, o CEO, usando 50% de seu bônus anual (7,5 honorários mensais), adquire ações ordinárias VALE no mercado financeiro e deve mantê-las em sua posse durante pelo menos o ciclo de três anos. É obrigatório para os diretores executivos, sendo voluntário para os diretores não estatutários, que são empregados, isto é, regidos pelas regras trabalhistas. Ao final de três anos, o diretor tem direito ao prêmio na proporção 1:1 das ações adquiridas originalmente (VALE, 2019c, p.3).

Caso o CEO apresente desempenho excepcional, o bônus pode chegar a 30 honorários mensais. Se ele usar 15 honorários mensais para adquirir ações ordinárias e essas tiverem uma valorização de 30% após três anos, por exemplo, receberia então mais R\$ 2,25 mi.

Continuando a nossa simulação com um honorário mensal de R\$ 0,5 mi para o CEO, ele receberia R\$ 6 mi de honorários em um ano, até R\$ 15 mi de bônus anual, R\$ 6,56 mi referente ao PAV trienal (3º lugar no ranking TSR) e mais R\$ 2,25 mi do programa Matching

trienal (30% de valorização da ação após 3 anos). O rendimento anual do CEO seria aproximadamente R\$ 30 mi ao final do primeiro período de três anos.

Contudo, verifica-se que o valor recebido é bem maior na prática. O CEO da VALE recebeu R\$ 55 mi em 2021, ficando atrás apenas do CEO do Banco Santander no Brasil (REVISTA MINERAÇÃO & SUSTENTABILIDADE, 2022).

O relatório anual VALE Formulário 20F⁹⁷ de 2011 (VALE, 2012, p. 139) trouxe as seguintes informações sobre o bônus diferenciado que poderia ser recebido por funcionários qualificados, sem, contudo, especificar quais poderiam ser esses funcionários:

Certos empregados da Vale também podem receber bônus diferido com períodos de garantia de três anos com base no desempenho da Vale, conforme medido pelo retorno total ao acionista a um grupo de empresas do mesmo setor ao longo do período de garantia. Desde 2008, o pessoal qualificado da administração pode participar, a sua escolha, de um programa de bonificação vinculado à titularidade de ações preferenciais. De acordo com o programa, cada funcionário qualificado poderá escolher investir parte de seu bônus nas ações preferenciais da Vale para empregados contemplados com o recebimento de um pagamento de incentivo no Brasil, ou em ADRs, representando ações preferenciais da Vale para empregados contemplados com o recebimento de pagamento de incentivo fora do Brasil. Se o funcionário continua a ser empregado pela companhia e deteve ações preferenciais (ou ADRs) pela duração total de um ciclo relevante do programa de adequação, ao término do prazo aplicável de três anos do programa, o funcionário receberá um pagamento em dinheiro a ser aplicado à compra no mercado aberto de uma quantidade de ações preferenciais (ou ADRs) igual à quantidade de ações preferenciais (ou ADRs) compradas pelo funcionário, de acordo com o programa. No período de três anos do programa de incentivo, os empregados participantes têm o direito de vender todas ou parte das ações preferenciais (ou ADRs) compradas pelo programa. Contudo, tais empregados perdem o direito à recompensa de adequação de todas as ações vendidas antes do término da vigência no programa. No ciclo de 2011-2013, 1.122 empregados participaram do programa (grifo nosso).

6.9.7.1 Agressividade tributária

A VALE tem adotado uma postura altamente agressiva em relação aos tributos a serem pagos. Em 14/10/2015, a VALE encabeçava uma lista com as 500 empresas que mais deviam à União. A dívida da empresa era de aproximadamente R\$ 42 bi, sendo quase R\$ 33 bi referentes a valores suspensos de cobrança por decisão judicial (ASSOCIAÇÃO DOS DOCENTES DA UNICAMP, 2017).

⁹⁷É um relatório registrado na Comissão de Valores Mobiliários dos EUA que deve ser apresentado anualmente por todas as empresas estrangeiras com ações negociadas nas bolsas de valores americanas. Traz um panorama dos negócios, apresentando os resultados financeiros e operacionais, fatores de risco e o andamento dos investimentos e projetos da empresa.

Segundo a ADUNICAMP (2017), é cada vez mais comum que grandes empresas recorram ao chamado “planejamento tributário”. A partir dele, a empresa avalia se é mais vantajoso ficar devendo e, no futuro, aceitar alguma renegociação para a quitação de dívida ou pagar o valor devido corrigido. A vantagem é que a correção, por mais dolorosa que seja, não se compara ao valor que a empresa pagaria caso pegasse um empréstimo no sistema financeiro.

A VALE reconhecia no relatório anual Formulário 20F 2018 inúmeras disputas tributárias em andamento, seja no campo administrativo ou no judiciário. No Quadro 10, estão descritos o tributo, o valor corrigido até 31/12/2018 e os motivos da contestação pelos órgãos públicos (VALE, 2019a, p. 147-149).

Quadro 10 - Tributos a serem pagos pela VALE segundo os órgãos públicos

Tributo	Valor (R\$ Bilhões)	Motivos
CFEM	7,6	Valor das vendas, prazo de decadência, venda de pelotas, vendas de empresas no exterior
ICMS (Estados da União)	3,049	Créditos deduzidos, compra de energia elétrica, bens levados para o estado do Pará
Imposto de Renda (IR) e Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL)	2,3 (entre 1996 e 2002)	Tributos a serem pagos pelas empresas subsidiárias no exterior
	16,4 (entre 2002 e 2013)	Valor a ser pago em 118 parcelas futuras
PIS e COFINS	4,2	Créditos deduzidos
Imposto de Renda	7,7	Dedução de CSLL sobre o valor tributável de IR

Fonte: VALE, 2019a.

Não tivemos acesso aos reais motivos que ensejaram as disputas tributárias, mas parece-nos que a VALE tenta colocar a base de cálculo do tributo a mais baixa possível, sendo então este valor contestado pelos órgãos públicos responsáveis pela arrecadação do mesmo.

Segundo o “Atlas dos Barões da Dívida”, estudo elaborado pela Federação Nacional do Fisco Estadual e Distrital (FENAFISCO) e coordenado pelo Doutor em Economia Juliano Goularti, a VALE deve ao governo do estado de Minas Gerais R\$ 1,048 bi em tributos. A dívida junto ao estado do Pará é ainda maior, R\$ 1,454 bi (BARÕES DA DÍVIDA, 2022).

A VALE atualmente também deve R\$ 114,51 mi ao Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS), valor que na verdade pertence aos trabalhadores brasileiros e que é usado pela União para financiar projetos diversos, como aqueles da construção civil (PROCURADORIA GERAL DA FAZENDA NACIONAL, 2022).

Outra manobra que é utilizada pela VALE para pagar menos tributos é a venda direta de minério de ferro para sua subsidiária na Suíça. O valor referente à esta venda é inferior ao que seria praticado se a venda fosse direta para a China, por exemplo. Após ser comprado pela subsidiária na Suíça, o minério é então revendido para os reais compradores a preços de

mercado. Um estudo feito pela Rede Latino-americana sobre Dívida, Desenvolvimento e Direitos (Latindadd) em parceria com o Instituto de Justiça Fiscal (IJF) apontou que houve um subfaturamento de US\$ 39,1 bi nos embarques da matéria-prima mineral entre 2009 e 2015 (GUIMARÃES, 2019). Nesta matéria jornalística não são informados quais tributos deixaram de ser arrecadados com a manobra comercial.

Em outra matéria jornalística disponível no portal UOL, foi informado que, com a operação de triangulação, a VALE pagou menos impostos no Brasil e economizou, no mínimo, US\$ 6,2 bi (aproximadamente R\$ 23 bi) de 2009 a 2015, valor referente somente ao Imposto de Renda e à CSLL (MILITÃO, 2019).

6.9.7.2 Discussões

O pagamento de bônus para a alta e média administração foi estudado em grandes corporações (HOPKINS; MASLEN, 2015; HOPKINS, 2022) e em empresas mineradoras (ARMSTRONG; PETTER; PETTER, 2019).

Hopkins e Maslen (2015, p. 1) destacaram que:

Acidentes graves são raros e subinvestimento pode continuar por anos sem dar origem ao desastre. Por outro lado, gerentes são julgados pelo desempenho anual, especialmente no que diz respeito a lucros e perdas. Conseqüentemente, gastar dinheiro na prevenção de grandes acidentes não é necessariamente do seu interesse a curto prazo. Ao contrário, cortando gastos com manutenção, fiscalização e treinamento podem aumentar os lucros de curto prazo, enquanto inexoravelmente aumentam o risco de desastres a longo prazo. Além disso, líderes de unidades de negócios tendem a pensar no curto prazo, pois podem estar em uma posição de gestão específica por uns poucos anos antes de seguir em frente (grifo nosso).

Hopkins (2022, p. 23) apontou algumas causas que contribuíram para o desastre do poço de Macondo, da British Petroleum (BP), em 2010: “um sistema de bonificação mal direcionado; uma estrutura organizacional descentralizada; uma compreensão unilateral de segurança; e falta de compreensão da defesa em profundidade” (grifo nosso).

Lembrou Hopkins (2022, p. 152) que a BP não fez, depois do acidente da refinaria de Texas City, mudanças radicais em seus arranjos de bonificação, que ofereciam recompensas para a produção maiores do que para a segurança. Só depois do acidente de Macondo este assunto tornou-se finalmente central. O novo CEO da BP revelou em outubro de 2010:

Nós estamos fazendo uma revisão fundamental de como incentivamos e recompensamos o desempenho, com o objetivo fundamental de encorajar a excelência em segurança e gestão de risco. Acredito firmemente que você consegue o comportamento que você incentiva. Para tornar absolutamente claro que essa é nossa prioridade absoluta, neste trimestre atual nos tornamos o desempenho em segurança, conformidade e gestão de risco operacional o único critério de recompensa por desempenho em todos os nossos negócios em operação (grifo

nosso).

Armstrong, Petter e Petter (2019) estudaram o pagamento por bônus em empresas mineradoras. Desde os anos 70, pacotes de compensação financeira têm sido desenhados para aumentar a motivação e a performance dos trabalhadores. Os que têm melhores salários são menos avessos ao risco e aceitam um *mix* de remuneração variável e pagamento fixo. Assim, muitas companhias têm implantado pacotes de compensação com componentes variáveis e fixas para média gerência bem como para gerentes executivos. Os autores argumentam que os pacotes de compensação para a alta direção são amplamente divulgados pelas mineradoras, mas o mesmo não acontece para a média gerência. Eles conseguiram acesso a esta informação apenas para as mineradoras AngloGold Ashanti e Newmont.

A política de remuneração da AngloGold Ashanti contempla o pagamento de incentivos para empregados de graus 3 e 4. Empregados de grau 3 (três) e superior são elegíveis para incentivos de curto prazo que são pagos em dinheiro ou através de um plano de bônus em ações. No último caso, 40% são investidos em um ano e 60% no segundo ano, com um aumento de 20% se o empregado detiver as ações por um período completo de três anos. Já empregados de grau 4 (quatro) e superior são elegíveis para receber incentivos de longo prazo que tem um período de investimento de três anos. A AngloGold Ashanti tem remunerado seus altos e médios gerentes conforme o Quadro 11.

Quadro 11 - Plano de incentivo de longo prazo da AngloGold Ashanti como uma porcentagem do salário base anual

Posição na empresa	Incentivos
Chief Executive Officer (CEO)	160-250% do salário base anual
Diretor Financeiro Chefe	140-200% do salário base anual
Outros Diretores Executivos	140-200% do salário base anual
Gerentes Seniores	80% do salário base anual
Outros Gerentes (discricionário)	60% do salário base anual

Fonte: Armstrong, Petter e Petter, 2019, p. 5.

O programa de incentivos da Newmont Mining foi desenhado para empregados com interesse direto no sucesso de suas operações (ARMSTRONG; PETTER; PETTER, 2019, p. 5). O bônus depende do grau de pagamento do empregado, da equipe a qual ele pertence e da performance obtida. O bônus é equivalente a um componente de patrimônio mais uma opção financeira, por exemplo, um derivativo *put*⁹⁸ ou *call*⁹⁹, conforme Tabela 9.

⁹⁸É um derivativo financeiro que dá ao seu proprietário o direito, mas não a obrigação, de vender uma certa quantidade de ativos (ações ou uma commodity) a um determinado preço em ou antes de uma determinada data.

Tabela 9 - Bônus pagos a empregados da mineradora Newmont de acordo com a performance

Performance (%)	Bônus pago de acordo com a performance	Componente de patrimônio	Componente opção financeira (derivativo)
<100	% atingida	% atingida	Nenhuma
100 (meta)	100%	100%	Nenhuma
105	125%	105%	20%
110	150%	110%	40%
115	175%	115%	60%
120 ou mais	200%	120%	80%

Fonte: Armstrong, Petter e Petter, 2019, p. 5.

Exemplificando o bônus pago pela Newmont, se um empregado atinge 110% da meta de performance, o bônus recebido será de 150% = 110% (componente de patrimônio) + 40% (componente opção financeira, *put* ou *call*).

Segundo Armstrong, Petter e Petter (op. cit., p. 5-6):

Esses bônus são altamente alavancados. Como banqueiros de investimentos, a pessoa pode ganhar muito se sua performance está acima da meta, mas perde pouco, se cair abaixo da mesma. Quanto aos banqueiros de investimentos, isso encoraja pessoas a tomar decisões que trazem ganhos de curto prazo, mas com risco de problemas de longo prazo. Como é bem conhecido, a estrutura de bônus dada para banqueiros de investimentos foi uma das causas da “crise do subprime”¹⁰⁰ porque ele ativamente recompensa comportamento de risco.

O gerenciamento por indicadores pode tornar a atividade dos trabalhadores invisível, isto é, o trabalho real torna-se um ponto cego entre metas de um lado e resultados do outro. Trabalhadores devem obter resultados sob a tensão dos números e o reconhecimento de seus esforços desaparece (CLOT; ZARIFIAN¹⁰¹, 2009 apud DIAS; LIMA, 2014, p. 17). Em outras palavras, os gerentes podem não reconhecer que os trabalhadores sejam competentes quando os resultados não são obtidos – trabalhadores podem ter se esforçado para atingir as metas, mas algo mais pode ter acontecido de forma que frustrou suas tentativas (DIAS; LIMA, 2014, p. 17).

Dias e Lima (op. cit., p. 27) apontaram que:

⁹⁹É um derivativo financeiro que dá ao seu proprietário o direito, mas não a obrigação, de comprar uma certa quantidade de ativos (ações ou uma commodity) a um determinado preço em ou antes de uma determinada data.

¹⁰⁰A crise do subprime foi o resultado do estouro de uma bolha de investimentos massivos em hipotecas nos EUA que cresceram ao longo dos anos 2000. Subprime refere-se a empréstimos concedidos a pessoas com alto risco de crédito, isto é, com pouca estabilidade financeira e credibilidade para pagar contas. Por natureza, empréstimos subprime são investimentos extremamente arriscados e com altíssima chance de *default* -termo financeiro para o universalmente conhecido “calote”. Disponível em: <https://warren.com.br/magazine/crise-do-subprime/#:~:text=A%20crise%20financeira%20de%202008,com%20efeitos%20catastr%C3%B3ficos%20e%20duradouros>.

¹⁰¹CLOT, Y.; ZARIFIAN, P. Evaluation des performances, point aveugle. Le Monde, 2009. Disponível em: http://www.lemonde.fr/idees/article/2009/12/18/evaluation-des-performances-points-aveugle-par-yves-clot-et-philippe-zarifian_1282672_3232.html.

Apesar do fato de serem as recompensas financeiras muito mais atrativas para executivos que para os empregados, eles todos são submetidos ao mesmo trabalho alienado. Eles não são capazes de dominar suas ações de acordo com suas metas. O contrário é o que acontece: as metas fixadas determinam suas ações (grifo nosso).

Os resultados são obtidos através de mecanismos de gestão considerados violentos, que exercem pressão para o alcance de metas, interferem e enfraquecem o poder de agir dos coletivos profissionais, introduzem cortes abusivos em áreas estratégicas como segurança e manutenção e terceirizam serviços essenciais, trazendo como consequência prejuízos à segurança e à saúde física e mental dos trabalhadores (TAKAHASHI *et al.*, 2015).

A maior parte da remuneração da DE da VALE estava vinculada aos resultados do sistema financeiro. Até 2018, 60% do painel de metas do bônus anual estava associado a métricas econômico-financeiras. Quanto ao PAV, a única métrica existente até 2019 era o *TSR*, que leva em consideração o retorno total ao acionista, a valorização das ações de emissão da VALE e os dividendos e juros sobre o capital próprio pagos no período (VALE, 2019c, p. 4). Apesar do *Matching* ser um programa no qual o diretor não recebe nada mais que o valor das ações que ele próprio adquiriu três anos antes, estará o mesmo comprometido em manter as ações no valor mais alto possível, pois então poderá perder dinheiro.

Quanto à remuneração da média gerência da VALE, pouco conseguimos apurar. Conforme informou o relatório anual VALE Formulário 20F de 2011 (VALE, 2012, p. 139), já existia a possibilidade de funcionários qualificados comprarem ações preferenciais da companhia com o bônus anual que recebiam desde 2008. De acordo com o retorno total dado ao acionista no período de três anos, o funcionário poderia receber uma recompensa em cima do valor de suas ações preferenciais adquiridas no início do período.

Em resumo, o funcionário qualificado receberia o seu bônus anual, isto é, a participação nos lucros e resultados (PLR), podendo converter parte do valor em ações VALE. Ao fim de três anos, havendo retorno ao acionista, o funcionário receberia um valor extra como prêmio.

Nos acordos coletivos assinados entre sindicatos laborais e a VALE para pagamento da PLR, é informado que:

Para os empregados ocupantes de cargos estratégicos, tais como Gerentes, Supervisores, Líderes de Projetos e Diretores serão estabelecidos por normas internas: (i) os *targets* de PLR; (ii) o fator de desempenho (FD) que poderá impactar positiva ou negativamente os valores a serem percebidos pelos líderes individualmente e (iii) meta adicional que os impulsionem a zelar pela saúde pela saúde e segurança dos trabalhadores a eles vinculados administrativa ou tecnicamente.

Na VALE, estes acordos de bonificação para aqueles que exercem cargos médios são

firmados diretamente com a empresa. O SIND. 1 declarou que “[...] o sindicato não tem qualquer participação nesses acordos individuais, sequer cheguei a ver um”.

Sobre a remuneração dos gerentes de nível médio, declararam os sindicalistas:

SIND. 2: Isso aí é fora do nosso acordo. Eles recebem PLR maior que o do trabalhador.[...] A gente tem notícia que eles ganham mais. [...] Nunca vi. [...] A gente não tem acesso a isso aí não. A gente sabe que eles ficam fora e vez ou outra a gente ouve falar que eles recebem uma PLR maior que a nossa. [...] O pessoal do jurídico, por exemplo, dizem que é o que mais ganha, a gente também não sabe. Tudo ouve falar, eu não tenho certeza, eu não posso, né!

SIND. 3: Ações, diferenciação, compensação. É a prática do mercado. Com certeza, mas eu não sei precisar [...].

Os empregados VALE informaram ao pesquisador sobre a remuneração dos gerentes e a pressão para atingir metas:

EMP. 1: Meta tinha de bater a qualquer custo. [...] Todo e qualquer gerente: economia a qualquer custo porque eu quero é máximo na minha PL. [...] Parte da PL dele era ação. [...] Só tinha ação era de coordenador para cima, eliminaram coordenador, só ficou gerente para cima.

EMP.2: Era diferenciado, não sei te dizer como. [...] Tinha um prêmio.

EMP. 3: A nível diretor que era (recebimento de prêmio baseado em resultados financeiros) e ainda tem. [...] Diretor não tem PLR, diretor tem [...] Ação tá acima, os dividendos eram divididos entre os acionistas, aí ele tem a parte do bolo dele.

O EMP. 6 assim se manifestou sobre o pagamento de remuneração variável do nível de gerente para cima:

Em termos de receber ações, *stock options*, é só a nível gerencial. [...] O gerente tinha um contrato que ele não poderia vender. Geralmente essas empresas fazem isso, você não poderia vender as ações durante um determinado período. [...] Isso, com certeza, que eu tenho conhecimento, a partir de 2007.

[...]

O que eu via lá, durante os primeiros anos que as remunerações variáveis começaram a funcionar, tinha umas metas que você não tinha condição de atingir e você era penalizado caso não atingisse a meta. [...] Nós tivemos casos, por exemplo, que a remuneração variável estava muito atrelada à retirada de minério e não à retirada de estéril. Então entrava um gerente que focava na retirada de minério. Só que alguém vai ter de retirar o estéril. Dois anos depois ele é promovido e lá vira uma mina que não tem condição de produzir porque alguém vai só ficar retirando estéril. [...] Você começa a priorizar onde tá o minério de qualidade. Eu não sigo o planejamento [...].

Mais interessante ainda foi a declaração do EMP. 6 sobre a pressão para o cumprimento de metas vindo de cima para baixo:

O comercial vende o minério e depois ele empurra a cota pras minas. E não parte do planejamento pra cima. [...] Durante muitos anos foi o contrário. Eu estabeleci uma meta, vou produzir 300 e tantos milhões de toneladas e sai empurrando a meta para baixo. Ao sair empurrando a meta para baixo, você me força a ir atrás do minério e não ir atrás do estéril.

O relatório do CIAEA (2020, p. 43) analisou a estrutura de remuneração e incentivos VALE em relação à segurança de barragens e verificou ênfase preponderante em aspectos financeiros. Em relação às gerências de geotecnia concluiu:

No caso de colaboradores da área de geotecnia operacional, não foram identificadas metas específicas de segurança de estruturas geotécnicas, para fins de remuneração variável, no exercício de 2018. Para os exercícios de 2016 e 2017, as metas de segurança consistiam, em sua maioria, na realização de auditoria externa e obtenção de DCE. Na Gerência de Gestão de Riscos Geotécnicos, por sua vez, as metas específicas de segurança de barragens tinham peso pequeno em comparação a componentes financeiros, no total de remuneração variável. Além disso, foi observado que as metas de segurança de barragens são, essencialmente, ligadas à conformidade regulatória (e.g., obtenção de DCEs).

Verificamos então que a DE, diretores regionais e outros empregados qualificados tinham muito interesse no retorno financeiro aos acionistas. Eles tornavam-se investidores da empresa e teriam uma perda de seus rendimentos caso o retorno prometido aos acionistas não se concretizasse. Isso fez com que todos os níveis hierárquicos da companhia fossem empurrados para atender as metas pré-estabelecidas, mesmo que isso pudesse comprometer a segurança de parte das instalações. Isso é financeirização!

A agressividade tributária da VALE também chama a atenção pelos valores que deixam de ser pagos aos órgãos públicos para serem depois discutidos na esfera administrativa e, se necessário, na judicial. Mesmo se a empresa perder a disputa após muitos anos, ela pode fazer um acordo com a entidade pública, como ocorreu com os valores relativos ao Imposto de Renda e à Contribuição Social sobre o Lucro Líquido de 2002 a 2013. O valor de R\$ 16,4 bi foi parcelado pela União, restando ainda, em dez./2018, 118 parcelas a serem pagas.

Podemos dizer que todas as ferramentas adotadas pela VALE tornaram a financeirização um sucesso. O valor de mercado da empresa, no dia do rompimento da BRF em 2015, era de cerca de R\$ 76 bi. Pouco mais de 3 anos se passaram até o rompimento da B I e o valor de mercado da VALE saltou para R\$ 297 bi (FREITAS, 2019; RIBEIRO; SABINO; RUSSI, 2019). De 2015 a 2021, o valor distribuído aos acionistas cresceu nove vezes, conforme tabela 6.

Os pesquisadores citados neste item argumentaram que o pagamento de bônus vinculado a respostas do sistema financeiro pode incentivar as pessoas a tomarem decisões que trazem ganhos de curto prazo, mas com risco de problemas de longo prazo. Podemos dizer que os diretores e gerentes VALE agiram desta forma, isto é, preocuparam-se com a obtenção de resultados de curto prazo, mas deixaram de lado os investimentos nas barragens.

Apesar de estar cumprindo o extenso arcabouço técnico-legal criado pela ANM em 2017, não houve anteriormente investimento necessário por parte da VALE que pudesse tornar as barragens realmente seguras. As obras de descaracterização de 30 barragens alteadas a montante começaram apenas em 2019. Ao final de 2021, sete já haviam sido descaracterizadas, mas a previsão de conclusão das obras nas demais é 2035 (VALE, 2022e, p. 40).

Somente após o acidente de Brumadinho é que ficou claro que o problema era crônico, questão mal resolvida desde muito tempo. A B I não era um caso isolado, já que inúmeras estruturas estavam frágeis. Isso nos leva a apontar que os investimentos na gestão de barragens estavam aquém do que deveria ter sido, sendo que o desastre de Brumadinho foi apenas um estopim de uma bomba que estava para estourar.

A empresa distribuiu dividendos vultosos aos seus acionistas, remunerou como nunca os diretores, reduziu os custos em relação às receitas, diminuiu brutalmente a dívida interna, fez uso de artifícios para pagar menos tributos ou pelo menos postergar o pagamento dos mesmos, e aumentou em muito o seu valor de mercado. A intenção era mostrar para os acionistas que a empresa era sólida financeiramente, que valia o risco adquirir ações da VALE. Na contramão, os investimentos foram insuficientes na gestão das barragens, culminando com o desastre da B I em 2019.

O erro da VALE segundo o EMP. 1 foi: “Ética na obtenção de resultados. A diretoria da VALE conseguiu reunir pessoas com a mesma visão de obtenção de resultados a qualquer custo. Essa barragem foi o iceberg!”.

6.9.8 A cultura da VALE segundo os trabalhadores

Em seu livro "De ferro e flexíveis", Minayo (2004) descreveu em vários trechos como era a cultura predominante vista pelos trabalhadores da VALE até 2002:

Vestir a camisa (p. 339).

Empresa privada tem que ter lucro (p. 353).

Os acionistas vão cobrar o lucro dos diretores da empresa (p. 353).

O que eu menos gosto é uma coisa da qual não posso fugir. O acionista comprou, ele investiu, ele quer lucro. É o corre-corre da Vale, é a carga pesada de informações que a gente tem, a cobrança muito grande de custo, de trabalho (p. 354).

Eles dizem para nós: quanto maior o rendimento, mais dividendo vai para o acionista, mais vai valorizar nossas ações, e vocês também têm oportunidades, pois muitos de vocês têm ações (p. 356).

Em uma pesquisa realizada na empresa canadense Inco, adquirida pela VALE em 2006, Aguiar (2022) trouxe uma série de depoimentos que apontaram como a empresa brasileira era vista pelos canadenses:

Gregory: A Vale veio para cá e decidiu nos tratar do jeito que trata o seu pessoal lá no Brasil, pagando nada, tratando-nos como merda, demitido quando tem vontade. [...] Eles assumiram o controle de forma hostil, desculpe-me, mas no Canadá você não faz isso.

Robin: Sempre me lembrou o regime nazista. [...] Pela forma como eles tratam as pessoas, como as segregam. A forma como conduzem os negócios é: ou você aceita ou sai.

Sean: Com a Inco, tínhamos um estado baseado no perigo, no qual, se tivéssemos algum perigo de que nos déssemos conta no local de trabalho, nós o consertávamos. Fomos de um modelo baseado no perigo com a INCO para um baseado no risco com a Vale. [...] O modelo de segurança na Vale é baseado no comportamento. [...] Eles esquecem de tudo e olham para o trabalhador. [...] Mas essa não é a cultura de segurança que queremos. Nós queremos que as pessoas vejam algo que possa ferir alguém e notifiquem para que isso possa ser solucionado. E se a pessoa não pode, ela deveria poder ir ao supervisor informar isso e ele resolver. [...] Isso tira a responsabilidade da empresa porque, se algo acontece, a empresa pode dizer: ‘Ah, ele foi treinado nisso, ele sabia e ele escolheu fazer isso’.

Em nossa pesquisa, os empregados VALE manifestaram-se sobre a cultura da empresa:

EMP. 1: [...] se não atingir as metas por dois anos consecutivos, você está fora. Dois anos de avaliação negativa, você não perdia só a PL não, você perdia o emprego.

EMP. 2: Arrogante. [...] Tipo assim, eu como gestor não tenho poder de decisão. Era muito discurso, valorização da vida. [...] Produção, você não pode acidentiar. Tipo assim, você não pode acidentiar. Você pode até pisar fora, desde que não pare a produção ou atrapalhe a imagem da sua gerência, toca o barco! [...] Na MBR [empresa adquirida pela VALE] a gente tinha poder de decisão. Eu cheguei a parar a produção. [...] Aí, fazia na VALE, tava na rua. Aliás, nem podia na VALE, o supervisor não tinha autonomia pra parar a produção.

EMP. 3: Fazer mais com menos. [...] A produção parada é perda de valor, valor econômico. Quando se parava algum equipamento, o foco é voltar o mais rápido possível essa produção. [...] Produzir, produzir, produzir! Esse era o objetivo. [...] Sempre foi a mesma filosofia. [...] Eles falavam pra gente: ‘a vida em primeiro lugar’. Mas infelizmente, é até ruim eu falar isso, mas não era o caminho.

EMP. 4: Quando eu entrei na VALE (2018), o meu sentimento é que o objetivo principal sempre foi produção de minério. [...] Se o equipamento estava funcionando, não existia assim uma preocupação em avaliar o prazo de continuação de operação daquele equipamento. Esperava o equipamento queimar ou estragar pra gente ir lá e fazer o reparo. [...] A [manutenção] preventiva era quase uma corretiva programada. [...] Em alguns casos chegava a ter quebra mesmo. Chegava a quebrar pra gente ter que ir lá e trocar.

EMP. 5: Produção. [...] Eu sempre ouvi, desde quando eu entrei, do primeiro dia que eu entrei na VALE, que o seu principal valor era a vida. A vida em primeiro lugar! E eu descobri, depois desse acidente, que ela nunca valorizou a vida. [...] Eles, em algum momento, eles escolheram a produção em vez da vida. Isso é fato. Eles não

tinham o tamanho da dimensão que aquilo poderia causar. Mas que eles tinham noção que aquilo poderia tirar vidas, eles tinham. Mas aquilo não foi valor para eles.

EMP. 7: A cultura que ela passava pra nós: ‘A vida em primeiro lugar’. A política da VALE em si é muito bonita. [...] Mas, na realidade, ela pecava em outras coisas. Ela não valorizava tanto o ser humano. Um exemplo, vou falar de mim. Eu não tinha folga, não tinha férias. Tinha dia que eu fazia as ‘reunião’ praticamente o dia inteiro, principalmente nos últimos tempos, três, dois últimos anos. [...] Às vezes eu estava trabalhando no horário de zero hora, tinha reunião o dia inteiro, mas tinha de estar lá zero hora. [...] A VALE não pagava hora extra. [...] Quando a barragem estourou, no papel, eu estava de férias. Mas eu estava lá trabalhando. Mais de uma semana que eu estava trabalhando. [...] A gente se doava e não era reconhecido por isso não.

EMP. 8: Fazer mais com menos. A gente tinha um programa chamado CCQ. A gente era obrigado a fazer um projeto que reduziria custo e aumentava a produtividade. Eu mesmo fiz três projetos. [...] Desde o Murilo Ferreira. [...] Ele vinha assim, brandamente. Fazer mais com menos mas de uma maneira mais branda. O outro [Fábio Schwartsman] quis mesmo ser radical.

O SIND. 3 declarou sobre a cultura VALE:

A cultura da VALE vem de uma estatal forte, poderosa. [...] E que deixou uma forte herança mesmo com a privatização. [...] É uma cultura dominadora. [...] Comunica-se pouco externamente, já houve erros cruciais na comunicação. [...] É uma cultura realmente mandona, mais exigente.

Perguntado sobre como a dominação da VALE era refletida no meio ambiente de trabalho, o SIND. 3 disse que:

É uma disputa permanente. Eu entendo que essa dominação é uma disputa pelo convencimento. [...] Ela consegue, em algumas coisas, tirando os méritos, ela consegue iludir muito, inflar muito. [...] Até hoje, usar o uniforme da VALE, em alguns setores, é sinônimo de respeito. [...] A VALE conseguia impregnar nas pessoas este sentimento de pertencimento. [...] Tem aumentado muito a pressão, não só por produção, mas também para atender ao mercado global. O mercado global hoje não quer só minério. Junto com o minério ele quer implantar as medidas globalistas. Existe uma agenda ESG sendo implantada. [...] O empregado hoje está sendo cobrado não só produção. [...] Hoje ele tem de ser bom de serviço, ele tem de falar de racismo, de LGBTQIA+, ele tem de entender de minério verde, de briquete, de carbono, de CO₂ na siderurgia. [...] Ele tem de estudar mais.

Conforme algumas declarações, a cultura da empresa tem mudado após o rompimento da B I:

SIND. 3: A essência (da cultura) hoje vem tentando ser quebrada. [...] Ouvir mais as pessoas, ouvir mais os empregados, dar mais acesso, dar mais voz, ser uma empresa que discute mais.

EMP. 4: Eu acredito que houve sim um impacto muito forte do que aconteceu em Brumadinho pra mudar isso. Hoje, o nosso lema é produzir com segurança. Se tiver qualquer coisa que afetar a sensação de segurança do empregado, a gente faz uma avaliação. A gente chama de cadeia de ajuda. A gente aciona com muito mais facilidade hoje o supervisor, engenheiro, gerente. [...] As pessoas puderam ter mais liberdade de falar. [...] A gente tem percebido uma preocupação muito maior com preservação do conjunto da obra, da planta com um todo. Desde essa questão da manutenção, que a gente mudou muito a visão de não esperar o equipamento quebrar para trocar. [...] A gente vê também boas práticas em outros aspectos. [...] A gente tem

um acesso muito mais fácil, de comunicação mesmo, de rotina do dia a dia. [...] A gente tem um acesso muito mais livre ao supervisor que antigamente.

O REV. 2 informou ao pesquisador que disse a representantes da VALE em uma reunião da qual participou: “Vocês desumanizaram a empresa”.

6.9.8.1 Discussões

De acordo com as entrevistas realizadas juntos a empregados, sindicalistas e os relatos de trabalhadores constantes das obras de Minayo (2004) e Aguiar (2022), o foco da VALE era a produção. Podemos resumir esta cultura em poucas palavras: A produção não podia parar, isto é, detonação, carregamento, britagem, beneficiamento e vagão cheio levando minério para o porto. O equipamento de produção era levado até o limite de funcionamento para aí ser reparado.

Minayo (2004) manifestou sua opinião sobre a cultura da VALE:

Essa aculturação se centra na ideia de que o êxito da companhia, não só depende da participação individual, mas é também o sucesso de cada um.

[...]

A empresa, para ser eficaz em suas estratégias de qualidade técnica e de cooptação ideológica, promove também uma intervenção educativa no cotidiano de processo de trabalho, levando em conta que, sob a ótica da produtividade, o disciplinamento da força de trabalho envolve uma mistura de repressão, de familiarização, de cooptação e de cooperação.

Marshall (2015, p. 172), por meio de um *survey* aplicado a trabalhadores da VALE em diferentes países, sintetizou algumas táticas empregadas pela empresa: "A VALE impõe de forma irrealista altas metas de produção; trabalhar na VALE significa trabalhar em condições perigosas, por que ela coloca a produção acima de tudo [...]".

Aguiar (2022, p. 253) concluiu a sua obra expondo sua visão sobre a VALE:

[...] as táticas empregadas pela companhia em sua relação com trabalhadores e sindicatos visam contribuir para a redução dos custos de operação e do trabalho, uma forma de ampliar a captura de valor e oferecer preços competitivos no mercado global de minérios.

A ideia prevalente era que o coletivo devia ser mais forte, a imagem da empresa é que importava. A dominação era uma constante, prejudicando o diálogo entre os trabalhadores e seus superiores. A cultura era produzir sem interrupções. Após o desastre industrial em 2019, a percepção das pessoas é que o diálogo tem fluído melhor, os trabalhadores estão com mais voz, pode-se parar uma instalação se essa não oferece segurança.

6.9.9 As falhas nas linhas de defesa na gestão de riscos

O relatório anual VALE Formulário 20-F de 2018 (VALE, 2019a) apresentou informações sobre a gestão de riscos na empresa. Ela tinha como finalidade oferecer suporte para o alcance dos objetivos, flexibilidade e solidez financeiras e continuidade dos negócios da empresa. Eram tratados os seguintes riscos: de mercado, operacional, de crédito, de compliance e estratégico.

Era assim definido o risco operacional VALE:

A gestão de risco operacional é uma abordagem estruturada para administrar as incertezas relacionadas a eventos internos e externos. Os eventos internos consistem em processos internos, pessoas e sistemas inadequados ou com falha, enquanto eventos externos incluem catástrofes naturais e operacionais causadas por terceiros. Minimizamos o risco operacional com novos controles e melhorias nos existentes, novos planos de mitigação de riscos e transferência de risco por intermédio de seguro.

Para atingir este objetivo, deveriam atuar o Conselho de Administração da VALE, o Comitê de Governança, Compliance e Risco (CGCR) e outros comitês de assessoramento (VALE, 2019a, p.128). A estrutura de governança de risco por toda a empresa era baseada no modelo de linhas de defesa.

A primeira linha de defesa consistia no pessoal encarregado de abordar o risco específico e os executores do processo de negócios, projeto, suporte e áreas administrativas. Este é o pessoal diretamente responsável por identificar, avaliar, tratar, monitorar e gerenciar os eventos de risco de forma integrada (op. cit., p. 111).

A segunda linha de defesa era conduzida pelo CGCR. Ela era encarregada de supervisionar e apoiar o trabalho de primeira linha de defesa, fornecendo treinamento e instrumentos para o gerenciamento de riscos, identificar e monitorar riscos novos e emergentes, garantir a conformidade com leis, regulamentos, normas internas e promover a melhoria contínua no gerenciamento de riscos (op. cit., p. 112).

Algumas áreas, como Meio Ambiente, Saúde e Segurança, Integridade Corporativa e Segurança da Informação, atuavam como uma segunda linha de defesa em relação a riscos específicos, monitorando riscos e controles, e garantindo a conformidade com regulamentos, políticas e normas (op. cit., p. 112).

A definição das áreas que comporiam a segunda linha de defesa especialista era delegada ao Comitê Executivo de Risco. A matriz de risco produzida deveria considerar a combinação de severidade com probabilidade cuja ocorrência poderia comprometer o alcance dos objetivos da organização.

A terceira linha de defesa era composta por áreas independentes da administração, incluindo a Auditoria Interna e a Ouvidoria, que deveriam realizar, dentro de seus escopos de trabalho, avaliações, inspeções, testes de controle, análise de risco e investigações de reclamações, proporcionando garantia de independência, inclusive quanto à efetividade do gerenciamento de riscos, controles e conformidade (op. cit., p. 112).

6.9.9.1 A primeira linha defesa das barragens

A primeira linha de defesa das barragens era dividida em duas camadas. A primeira camada dessa linha era a GGO, atuando a GGC como uma segunda camada.

A GGO estava em contato direto com as estruturas de contenção no dia a dia. Seus profissionais coletavam os dados de inspeção física e de monitoramento e abasteciam o sistema interno de gerenciamento de barragens da VALE, o GEOTEC - Sistema de Gestão em Geotecnia e Hidrologia. Também alimentavam o sistema eletrônico da ANM, o SIGBM, que recebia informações quinzenais sobre as barragens. Por fim, forneciam também esses dados para que as empresas de auditoria externa pudessem elaborar documentos exigidos pela ANM, como o RISR e a RPSB das barragens. Quando da inspeção das auditorias externas, também cabia à GGO acompanhar os engenheiros das empresas de auditoria.

A GGO ficou sem gerente desde a saída do geólogo César Grandchamp, de agosto de 2017, quando ele começou a atuar como consultor interno para essa gerência, até junho de 2018. Todos os engenheiros de campo da primeira linha de defesa no período deveriam se reportar ao Gerente Executivo de Planejamento, Programação e Gestão do Corredor Sudeste, Sr. Joaquim Pedro de Toledo.

Apesar de muitos anos de VALE, o Sr. Joaquim de Toledo havia assumido a função em outubro de 2017. Além de ter a ele subordinadas quatro gerências, teria ainda de manter contato direto com todos os engenheiros de campo da primeira linha, já que a GGO estava sem gerente.

Renzo Albieri assumiu a GGO somente em junho de 2018 e com várias pendências. Não somente a B I apresentava uma enormidade de não conformidades, mas também outras barragens do estado de Minas Gerais. Além disso, 2018 foi o ano de implantação de inúmeras medidas requeridas pela Portaria DNPM n.º 70.389/2017 (BRASIL, 2017), como a produção do RISR a cada seis meses, a elaboração da RPSB, a implantação de automação de instrumentos de auscultação, a instalação de sirenes, a condução de treinamentos no âmbito do PAEBM, a inserção de dados no SIGBM, dentre outros itens.

Minas Gerais contava à época com 107 barragens de mineração, mas não foi possível obter quantos eram os engenheiros de campo responsáveis pelas mesmas. Apesar de não caber aos engenheiros de campo executar as atividades mencionadas acima, eles acabavam dando suporte ao pessoal de outras áreas, como a GGC e os auditores externos.

A eng.^a Cristina Malheiros, RT de inspeção e monitoramento da B I, era responsável também por acompanhar outras barragens no Complexo Paraopeba, assim como a estabilidade de taludes das minas. Cristina atendia as requisições de documentos realizadas pela ANM, órgão regulador federal, e pela SEMAD/FEAM, órgão de fiscalização estadual. Contava apenas com o auxílio do eng.^o Artur Bastos.

Já a GGC, a segunda camada da primeira linha de defesa, não acompanhava as estruturas diretamente. Ela era responsável pela contratação de auditorias externas para a elaboração de documentos técnicos, projetos e pela condução da Gestão de Riscos Geotécnicos (GRG), uma ferramenta da área de geotecnia desenvolvida com o objetivo de “estabelecer bases para a gestão de riscos das estruturas geotécnicas” da VALE. O sistema possuía o módulo “Gestão de Estrutura”, que permitia a formação de bancos de dados, auditorias, planos de ação, procedimentos, PSB, relatórios e *dashboards*. O sistema possuía também o módulo “Gestão de Risco”, que permitia a elaboração de painéis de risco, registro de risco, resposta ao risco, processos de avaliação, procedimentos e relatórios e *dashboards* (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 48).

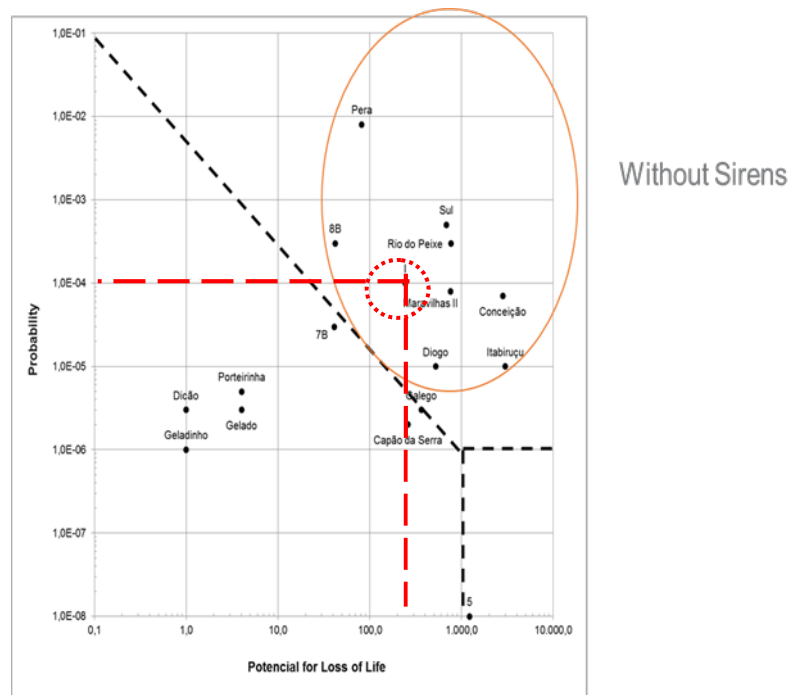
Entre 13 e 17/11/2017, ocorreu o 2º PIESEM-I¹⁰². Nesse painel, com a participação de especialistas de vários países, foram discutidos assuntos técnicos e apresentada a situação de várias barragens da VALE, incluindo a B I. Participaram do evento inúmeros membros da GGO e da GGC, inclusive os diretores Silmar Silva e Lúcio Cavalli, que estiveram no encontro de fechamento em 17/11/2017.

O mapa de riscos, que trazia a probabilidade de falha da barragem e as consequências em termo de perdas de vida, foi apresentado, em 17/11/2017, pelo eng.^o Felipe Figueiredo Rocha, da GGC (Figura 105). Segundo esse mapa, probabilidade de falha da B I era de 1×10^{-4} , isto é, uma falha perigosa a cada 10.000 anos. O número de perdas de vida na ocorrência da falha era acima 200, caso as sirenes não fossem acionadas¹⁰³.

¹⁰²VALE. Agenda do painel do 2º PIESEM-I, 2017.

¹⁰³VALE. Apresentação em powerpoint “Tolerância ao risco – GRG”, 2017.

Figura 105 - Probabilidade de falha de barragens VALE versus potencial de perdas de vida, sem acionamento de sirenes de alerta



Fonte: Adaptado de VALE, 2017¹⁰³.

Nota: O círculo tracejado aponta a barragem B I.

Após o término do evento, foi elaborado um relatório final pelos especialistas¹⁰⁴, do qual constava o seguinte trecho:

Diretrizes de risco tolerável não têm sido desenvolvidas para barragens no Brasil. Contudo, o GRG está familiarizado com tais diretrizes que têm sido desenvolvidas para barragens em alguns outros países. A VALE tem adotado uma abordagem em etapas para introdução das diretrizes de risco tolerável em sua GRG. Como um primeiro estágio, a VALE tem adotado que o nível máximo de risco individual deveria ser menos que 1 em 10.000 por ano sob as condições seguintes: manutenção do controle dos riscos, riscos residuais são reduzidos tão baixo quanto razoavelmente praticável (ALARP), riscos são periodicamente revisados para garantir que eles permanecem ALARP, não tão baixo a ponto de ser amplamente aceitável (grifo nosso).

Ainda concluíram os especialistas sobre o risco individual:

Um risco individual que é maior que 1 em 10.000 por ano é considerado inaceitável exceto em condições extraordinárias. Essa diretriz de risco individual da VALE está consistente com práticas em muitos países, incluindo Estados Unidos, Canadá, Reino Unido e Austrália (embora para novas barragens as diretrizes australianas seja 1 em 100.000 por ano).

A apresentação do mapa de riscos com 10 barragens na zona de atenção, método ALARP (*As low as reasonably practicable*), foi bem detalhada quando da apresentação do

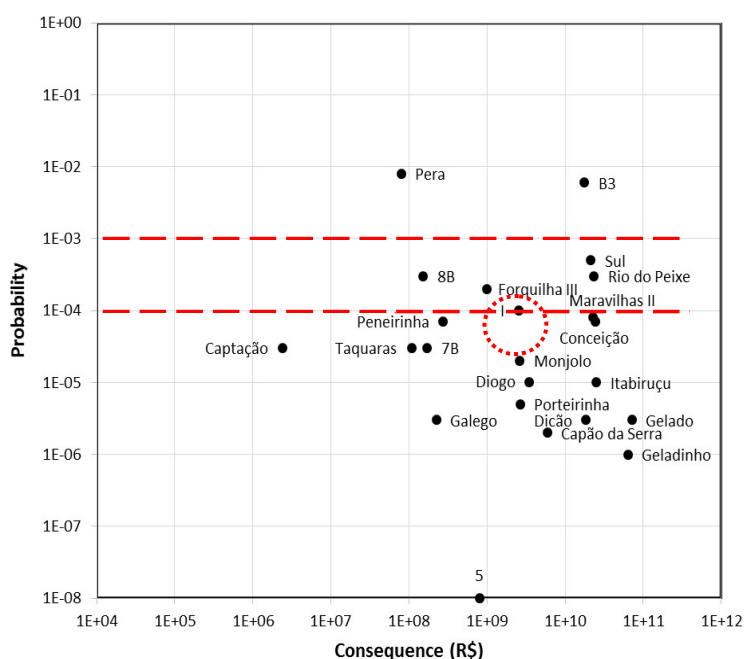
¹⁰⁴ VALE. Report of the 2nd board meeting of the Piesem, p. 24, 2017.

eng.º Felipe Figueiredo Rocha no 3º PIESEM-I, em 03/10/2018¹⁰⁵. Ele mostrou o que era a zona de atenção segundo o método ALARP: "Zona de atenção/ALARP: definida para o intervalo de probabilidade de falha de barragem entre 1×10^{-3} e 1×10^{-4} , equivalente a eventos com probabilidade de ocorrência entre de 1/1.000 anos e 1/10.000 anos".

O eng.º Felipe apontou que, quando ocorreu o 2º PIESEM-I em 2017, duas barragens estavam acima da zona de alerta e quatro dentro da mesma, estando a B I exatamente na linha de divisa, com a probabilidade de falha igual a 1×10^{-4} (Figura 106).

Já em 2018, a B I apareceu dentro da zona de atenção, junto com outras nove barragens (Figura 107). A probabilidade de falha da B I passou de 1×10^{-4} para 2×10^{-4} , tanto para falha por erosão interna como para liquefação. Foi então demonstrada a fragilidade da B I e de outras nove barragens da empresa que estavam com probabilidade de ruptura acima de 1×10^{-4} , critério inaceitável segundo a GRG e apontado pelos especialistas^{104,105}.

Figura 106 - Mapa de riscos trazendo a probabilidade x consequência de falha de barragens, 2º PIESEM-I

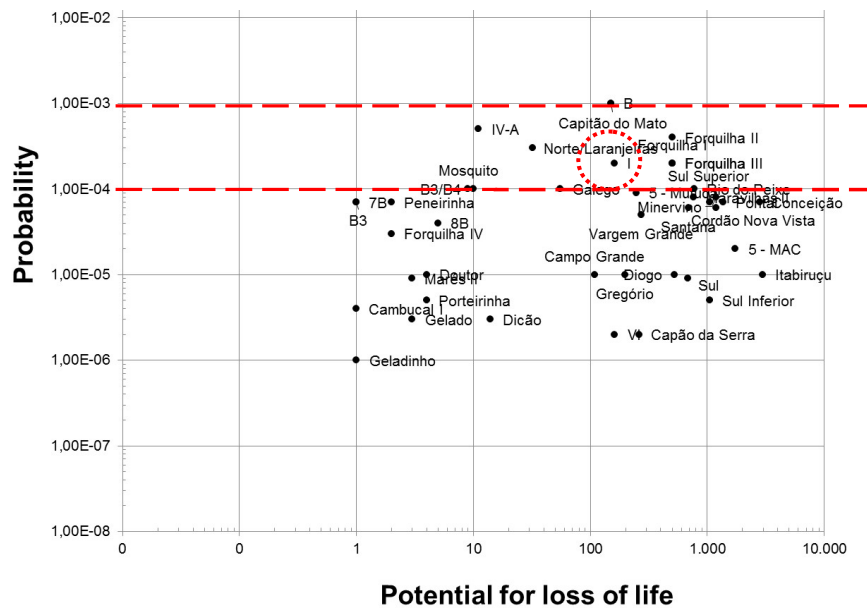


Fonte: Adaptado de VALE, 2018^{104,105}.

Notas: As linhas tracejadas em vermelho definem a zona de atenção/ALARP. O círculo tracejado aponta a barragem B I.

¹⁰⁵ VALE. 3º PIESEM-I. Apresentação em powerpoint "GRG – Geotechnical Risk Management – Results". 03/10/2018.

Figura 107 - Probabilidade x potencial de perda de vidas por de falha de barragens, 3º PIESEM-I



Fonte: Adaptado de VALE, 2018¹⁰⁵.

Notas: As linhas tracejadas em vermelho definem a zona de atenção/ALARP. O círculo tracejado aponta a B I.

O eng.º Paulo Abrão, da Geoconsultoria, foi contratado pela VALE após o rompimento da BRF em Mariana para assessorá-la quanto ao tema liquefação. Paulo Abrão, por sua vez, pediu o auxílio do eng.º americano Scott Olson, *PhD* pela Universidade de Illinois em 2001, que analisou o fenômeno da liquefação em 30 barragens de solo. Olson e Paulo Abrão visitaram várias barragens da VALE, de 11 a 16 de junho de 2016, inclusive a B I. No dia 08 de julho de 2016, Olson¹⁰⁶ emitiu um memorando endereçado a Paulo Abrão informando sobre o resultado das visitas e fazendo várias recomendações. A questão de probabilidade de falhas de barragens foi informada no documento:

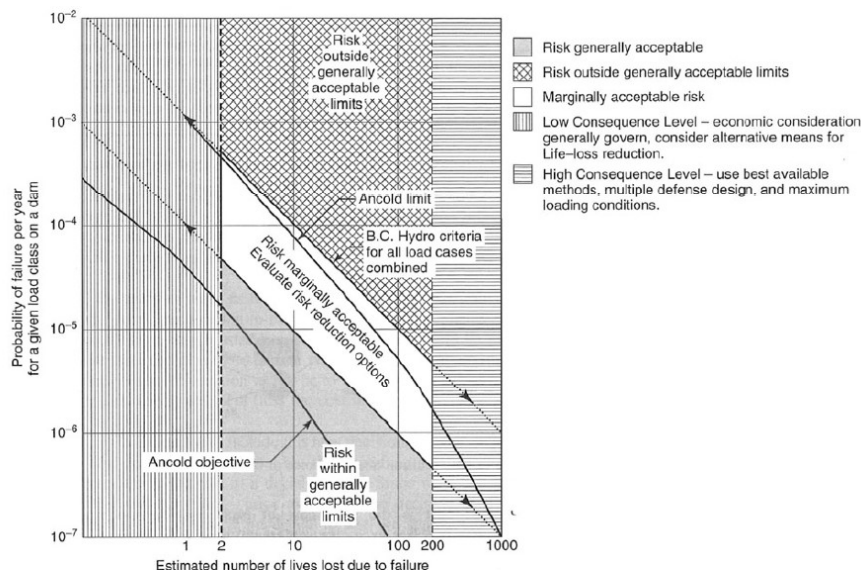
A abordagem baseada em risco é amplamente usada nas barragens hidroelétricas e indústria de energia nuclear, e está ganhando aceitação na indústria de rejeitos minerais. Assim, a VALE não seria a primeira a realizar a análise de riscos, mesmo para uma barragem de rejeitos. Os procedimentos e teoria da probabilidade associada com análise são bem estabelecidos, e são discutidas nas referências tais como Baechere Christian (2003). Similarmente, risco aceitável tem sido definido para muitas indústrias, incluindo barragens hidroelétricas como ilustrado na figura 6. As consequências de falha podem ser definidas em termos de fatalidades, custo de reparação, tempo perdido, etc.

O gráfico de risco citado por Olson¹⁰⁶, representado na Figura 108, apontou que, para a probabilidade de 1×10^{-4} e perda de vidas igual a 200, o risco estaria fora dos limites

¹⁰⁶OLSON, S. Draft Memorandum. Observations from site visits and recommendations for liquefaction analyses of tailings dam sand dikes. 08 July 2016.

geralmente aceitáveis. Esse gráfico é muito parecido com o utilizado pela VALE quando do 2º PIESEM-I, de 13 e 17/11/2017.

Figura 108 - Gráfico de risco para barragens hidroelétricas, probabilidade de falha x número de vidas perdidas



Fonte: Baecher; Christian, 2003 apud Olson, 2016¹⁰⁶.

Durante a CPI-ALMG, o Sr. César Grandchamp foi questionado pelo Deputado Sargento Rodrigues sobre reuniões com a participação da TÜV SÜD e empregados VALE para discutir assuntos referentes à B I (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019):

Deputado Sargento Rodrigues

O Sr. já se reuniu com a TÜV SÜD representando a VALE para discutir assuntos relacionados à estabilidade da barragem B I?

César Grandchamp

Eu me reuni em reuniões técnicas onde tinha participação da Geotecnia Técnica Operacional e da Geotecnia Corporativa.

Sim, várias reuniões que, por exemplo, quando na época da revisão periódica as reuniões eram mensais. Eu não participava de todas. E cada reunião mudavam uma ou 2 pessoas, mas as pessoas, por exemplo, na época da revisão periódica frequentes eram a Cristina, era senhor Washington Pirete, o senhor é Felipe Rocha. E quem mais? Assim porque o público era... e a equipe toda da TÜV SÜD que eram 5 ou 6 pessoas, que eu não sei falar o nome, mas é..., eram basicamente essas pessoas que participavam da reunião. Na época da declaração de setembro, a reunião de fechamento da auditoria, eu me lembro do senhor Wagner Castro, me lembro do senhor Pirete, me lembro da senhora Cristina, me lembro do senhor João Paulo, me lembro da equipe da TÜV SÜD. Tinham 5 ou 6 pessoas da TÜV SÜD. Sr. Makoto, Ana, Gabriel, tem mais 2 que eu não consigo me lembrar o nome.

A fala de César Grandchamp, consultor interno da Geotecnia Operacional, apontou para a troca de ideias entre as Geotecnias Corporativa e Operacional e a empresa TÜV SÜD, contratada para a emissão da RPSB e outros serviços pela VALE.

6.9.9.2 A segunda linha de defesa das barragens

Por algumas vezes, desde 2016, a situação crítica da B I chegou ao conhecimento da segunda linha de defesa, composta pelo Conselho de Administração da VALE, pelo Comitê de Governança, Risco e Compliance (CGRC) e por outros comitês de assessoria.

Em 28/01/2016, Silmar Silva, então Diretor de Planejamento e Desenvolvimento de Ferrosos, e Lúcio Cavalli, então Gerente Executivo de Planejamento Estratégico e Desenvolvimento de Negócios de Ferrosos, fizeram uma apresentação para o Conselho de Administração conforme cita o relatório do CIAEA (2020): "Naquela ocasião, foi feita uma apresentação de atualização sobre barragens da VALE, que dentre outras informações, trouxe resultados e acompanhamentos das auditorias externas que eram realizadas para emissão das DCEs". Também informaram os dois expositores que as barragens atendiam a todas as normas e boas práticas nacionais e internacionais de segurança.

Em 26/01/2017, houve outra apresentação ao Conselho de Administração feita por Lúcio Cavalli:

Em outros momentos, houve reportes ao Conselho de Administração sobre os fatores de segurança mínimos recomendados pelos auditores e a prática internacional (1.5 para condição drenada e 1.3 para condição não-drenada), mas sem informar quais eram os valores exatos de fator de segurança das barragens de Ferrosos.

Em 06/12/2016, Lúcio Cavalli, Ricardo Baras, Diretor de Auditoria Interna, e Adriane Oliveira, Auditora Especialista, apresentaram ao Comitê de Governança e Sustentabilidade o resultado final da auditoria interna na "Gestão de Barragens de Ferrosos e Fertilizantes", que incluiu dois pontos sobre a B I: "(i) *Self assessment* (prioridade média) - Barragem I: ausência de informações sobre a fundação e o material dos primeiros alteamentos e (ii) "*Self assessment* (prioridade alta) - Barragem I: estudos de liquefação inconclusivos (COMITÊ INDEPENDENTE DE ASSESSORAMENTO EXTRAORDINÁRIO DE APURAÇÃO, 2020, p. 31). Segundo a equipe do CIAEA (2020), os dois pontos de atenção tiveram comprovação posterior de adequação.

Em junho de 2018, o CGRC e o Conselho de Administração receberam informação sobre a auditoria interna ocorrida na área de Ferrosos, que tratou dos temas PAEBM e sirenes. Foi apontada a inexistência de planos de resposta de várias áreas que possuíam responsabilidade no PAEBM, bem como a não realização de exercícios simulados com a população potencialmente impactada em caso de rompimento de barragens (op. cit. ,p. 33).

Em 21/08/2018, o CGRC recebeu informações que as ações para regularização dos

dois itens pendentes seriam executadas até dezembro de 2018. Um simulado externo com parte da população a jusante da mina do Córrego do Feijão ocorreu em 23/10/2018. As sirenes foram instaladas próximas à B I e em outros locais da mina do Córrego do Feijão, mas os testes haviam sido programados para 2019 (op. cit., p. 34).

De acordo com o CIAEA (op. cit., p. 35), a B I foi mencionada em uma reunião do Subcomitê de Riscos Operacionais em 14/09/2018, quando foi apresentado pelo eng.º Felipe, da GGC, o mapa de riscos de barragens, baseado no método ALARP. A B I e mais nove barragens encontravam-se na zona de atenção (Figura 107).

Em reunião do Comitê Executivo de Riscos, de 26/09/2018, foi apresentado pelo eng.º Felipe, da GGC, o mapa de riscos com a existência de 10 barragens na zona de atenção do método ALARP, mas sem o nome das barragens. O mesmo aconteceu na reunião da DE de 22/10/2018, com apresentação feita por Luciano Siani, Diretor Executivo de Finanças, e por Eduardo Montarroyos, Gerente Executivo de Governança, Risco e Compliance. Ao lado do mapa de riscos constaram as seguintes informações: "100% das barragens da VALE Ferrosos foram auditadas em agosto de 2018 e tiveram declaração de estabilidade emitida pelo auditor externo e com condições de segurança atestadas" (COMITÊ INDEPENDENTE DE ASSESSORAMENTO EXTRAORDINÁRIO DE APURAÇÃO, 2020, p. 35).

Podemos dizer que essa é uma contradição, pois como as 10 barragens estavam estáveis se as mesmas estavam dentro da zona de atenção do método ALARP.

O Sr. Eduardo Montarroyos foi citado pelo Diretor Executivo de Ferrosos, Gerd Peter Poppinga, em depoimento na CPIBruma em 2019:

Esse ciclo de Gerenciamento de Risco dos Negócios abrange toda a VALE - e não somente minério de ferro -, e todos os riscos, e não somente barragens. Então nós temos o subcomitê, onde o Sr. Eduardo Montarroyos coordena os trabalhos, com vários representantes das áreas de negócio, com bastante detalhe, com vários riscos sendo priorizados, de acordo com critérios. Esse subcomitê, então, reporta para o Comitê Executivo de Riscos, capitaneado pelo Diretor Executivo Luciano Siani, meu par na VALE. Estas...estas...Essa recomendação, essas conclusões do Comitê de Riscos eram, então, sumarizadas e reportadas mensalmente à Diretoria Executiva como um todo (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019, p. 371).

Em depoimentos, Poppinga afirmou que teria tomado conhecimento de barragens na zona de atenção, método ALARP, em uma reunião da DE ocorrida em outubro de 2018, mas que (i) os nomes das barragens não constavam na apresentação e (ii) na mesma apresentação, havia menção expressa no sentido de que 100% das barragens tinham DCE (COMITÊ INDEPENDENTE DE ASSESSORAMENTO EXTRAORDINÁRIO DE APURAÇÃO, 2020, p. 36).

Em seu depoimento à CPI-ALMG em 03/06/2019, Poppinga foi questionado pela Deputada Estadual Beatriz Cerqueira sobre a GRN:

Deputada Beatriz Cerqueira

O senhor pode descrever melhor para a gente a estrutura da GRN citada pelo senhor para que a gente compreenda melhor?

Gerd Peter Poppinga

A GRN, Gestão de Riscos do Negócio, foi criada há um ano e meio no intuito de que todos os riscos da VALE - não somente os geotécnicos, os das barragens e os ferrosos - tivessem uma visibilidade e pudessem, preventivamente, ser amenizados. Existe um subcomitê que se reunia mensalmente, e todos os representantes dos negócios participavam dele - e seu líder estava dentro do departamento financeiro. E existe um comitê que também recebia as recomendações do subcomitê: o Comitê Executivo de Riscos, que também se reunia mensalmente. Um resumo desse comitê era apresentado também mensalmente à Diretoria Executiva da VALE.

Deputada Beatriz Cerqueira

O que motivou a sua criação, já que ela é tão recente?

Gerd Peter Poppinga

Na verdade, esses comitês e essa busca pelos riscos já existiam no passado, mas de uma forma mais fragmentada. O que foi, então, decidido pela Diretoria Executiva e também pelo Conselho de Administração é que uma área que estivesse fora das operações pudesse consolidar todos esses riscos e lhes dar mais visibilidade de uma forma mais consolidada.

Deputada Beatriz Cerqueira

O que aconteceu para que os riscos com relação ao Córrego do Feijão não fossem identificados por essa estrutura da VALE na sua avaliação?

Gerd Peter Poppinga

Excelência, eu não sei responder à sua pergunta porque, enquanto a gente não tiver o conhecimento das causas, será difícil especular por que ninguém percebeu esses riscos.

Na CPI-SF, foi o CEO Fábio Schvartsman questionado pelo Senador Carlos Viana sobre o Sr. Juarez Saliba de Avelar, assim respondendo (SENADO FEDERAL, 2019, p. 63): “O Juarez Saliba foi o camarada que eu trouxe para a VALE com o objetivo de avaliar, entre outras coisas, a governança de barragens da companhia. E, sim, foi ele que emitiu um relatório”.

Depois foi novamente indagado o depoente se teria tido acesso ao relatório elaborado por Juarez Saliba e respondeu: "Na verdade, eu tive depois do desastre; antes do desastre, nunca tive acesso".

Juarez Saliba foi Diretor de Estratégia, Exploração, Novos Negócios e Tecnologia, cargo para o qual foi designado em julho de 2017. Apesar de não ter sido citado nada sobre o conteúdo do relatório produzido por ele, parece ser de relevante importância. O relatório de Juarez Saliba não está no material disponibilizado no site eletrônico do Senado Federal na parte relativa à CPI de Brumadinho. Teria sido esse relatório talvez mais um documento

pertencente à segunda linha de defesa que não conseguiu chamar a atenção da VALE para os problemas da B I.

6.9.9.3 A terceira linha de defesa das barragens

A terceira linha de defesa seria composta por áreas independentes da administração, incluindo a Auditoria Interna e a Ouvidoria.

Ao Comitê de Controladoria, em reunião ocorrida em 04/10/2016, foram apresentados os resultados da auditoria de barragens nas diretorias de Ferrosos, Metais Básicos e Fertilizantes. As principais conclusões do relatório eram as mesmas apresentadas para o Comitê de Governança e Sustentabilidade na reunião ocorrida em 06/12/2016. No tópico de acompanhamento dos planos de ação para atendimento à Auditoria Interna, a apresentação mencionou que 64% dos planos de ação elaborados em relação às barragens de Ferrosos já teriam sido parcialmente ou totalmente atendidos (COMITÊ INDEPENDENTE DE ASSESSORAMENTO EXTRAORDINÁRIO DE APURAÇÃO, 2020, p. 32).

Apontou o CIAEA (2020, p. 32) que, em reunião do Comitê de Controladoria do dia 20/07/2017, foi apresentado por Lúcio Cavalli, por Andrea Almeida, Diretora de Finanças de Metais Básicos, e por outros dois colegas que 97% dos planos de ação levantados na auditoria já tinham sido parcial ou totalmente atendidos e que todas as barragens de Ferrosos da VALE eram geridas com critérios rigorosos baseados em boas práticas internacionais, que extrapolavam as exigências legais e que se encontravam em absoluta normalidade.

Ao final da reunião, o Comitê de Controladoria solicitou que o relatório com o resultado do 1º PIESEM-I organizado pela Diretoria de Ferrosos fosse disponibilizado. Em 28/07/2017, foi disponibilizada ao comitê a apresentação realizada nesse painel, ocorrida em março de 2017. Foi a primeira e única vez que material produzido em um painel de especialistas foi disponibilizado a um comitê de assessoramento (op. cit., p. 33).

Em 09/01/2019, apenas 16 dias antes do rompimento da B I, foi enviada mensagem eletrônica por denunciante anônimo diretamente para o CEO Fábio Schvartsman contendo várias críticas às operações da empresa, com o assunto “A Verdade!” (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 146), conforme abaixo:

[...] estamos com grandes desafios pela frente, nossas instalações estão carentes de investimentos correntes para adequação mínima, estamos com recursos humanos deficitários e mal remunerados nas áreas de operação, manutenção e engenharia, plantas incendiando, equipamentos quebrando, barragens no limite, relação estéril/minério abaixo do mínimo aceitável, nos próximos anos precisamos resgatar isso para que as condições mínimas de operação segura para pessoas e instalações

sejam garantidas, não há mais como reduzir o custo na área operacional, isso precisa e deve ser feito no corporativo [...] (grifo nosso).

Após a representação anônima, Fábio Schvartsman iniciou troca de e-mails com três pessoas-chave na estrutura da VALE (Ética, Governança e Auditoria Interna) com o objetivo de identificar o denunciante anônimo: Alexandre Aquino (Ouvidor e Gerente Executivo de Ética e Conduta da VALE), Ricardo Baras (Diretor Global de Auditoria Interna da VALE) e Luiz Gustavo Gouvea (Gerente Executivo de Governança Corporativa da VALE).

O Gerente Executivo de Ética e Conduta, Sr. Alexandre Aquino, buscou dissuadir o CEO afirmando que “a mensagem abaixo é um desabafo”, completando que “ela não é do escopo de atuação da Ouvidoria”. Depois enviou a Fábio Schvartsman mensagem informando sobre a pesquisa realizada para identificar o denunciante:

Caro Fábio, tentamos aprofundar a análise hoje, mas, infelizmente, não foi possível identificar o remetente. Ele realmente foi bastante cuidadoso. Levantamos todos os acessos de dentro da rede da VALE ao provedor de e-mail confidencial (tutanota), assim como todas as trocas de mensagem com o provedor de e-mail e com o e-mail (tes@gmail.com) que o remetente criou para verificar se a mensagem chegou. Não encontramos nada... Ele certamente escreveu e enviou esta mensagem de seu computador particular, de fora da rede da VALE. Analisando a mensagem, ela parece ter sido escrita por um gestor da área operacional, possivelmente da área de automação de minério de ferro. Conjugando estas informações com o perfil que ele descreveu (+27 anos de casa e 2 filhos), poderíamos verificar as mensagens de empregados que casem com o perfil (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 173).

O denunciante não foi identificado, assim como nenhuma outra medida foi tomada para apurar a denúncia (op. cit., p. 147).

O EMP. 1 informou em entrevista ao pesquisador ter feito uma denúncia à ouvidoria sobre ocorridos em sua mina:

Não, tinha filtro. [...] Eu cheguei a denunciar falta de ética e falsidade nas informações prestadas na mina. [...] O feedback ela te dava no caso em telefone e alguns (empregados) eram demitidos logo depois. [...] Via telefone, uma pessoa do Rio de Janeiro. [...] Esse canal tinha brechas, e a brecha chegava na sua gerência.

Declarou o Emp. 2 em entrevista: “Aconteceu com pessoas que trabalhavam comigo sob uma gerência, fizeram denúncia do gerente, já aconteceu. Mas o gerente continuou numa boa, continuou do mesmo jeito”.

6.9.9.4 Discussões

É comum em grandes empresas a adoção de várias linhas de defesa para fazer frente aos perigos que nelas existem.

Ao analisar o acidente com o ônibus espacial Challenger, Vaughan (2016) demonstrou que na NASA havia procedimento denominado *Flight Readiness Review* - FRR (revisão de prontidão de voo) para análise da aceitabilidade dos riscos das várias partes dos ônibus espaciais. Eram quatro linhas de defesa, partindo do FRR IV (nível mais baixo) até o FRR I (nível mais alto). No caso dos componentes do lançador sólido de foguetes (SRB – *solid rocket booster*), que ajudava a tirar o ônibus espacial da base da plataforma e entrar no espaço, participavam do FRR IV os engenheiros de campo da empresa Thiokol, fabricante do SRB. No FFR III havia a participação de engenheiros da NASA e da Thiokol. No nível II, os engenheiros da NASA passavam as informações para os gerentes de projeto das várias partes da aeronave. Finalmente, no Nível I, os gerentes de projeto repassavam as informações para diretores da NASA. A cada nível, a aceitabilidade do risco era confirmada por escrito para o nível superior até chegar ao Nível I (op. cit., 2016).

Na VALE, os engenheiros de campo, o especialista técnico que atuava como consultor, o Gerente da GGO e o Gerente Executivo de Planejamento, Programação e Gestão do Corredor Sudeste não conseguiram atuar como uma linha de defesa primária efetiva em relação à B I. Apesar do FS de estabilidade da B I estar abaixo do mínimo, da estrutura apresentar inúmeros problemas de conservação e surgências, da não implantação de outras ações após a interrupção da execução dos DHP em junho de 2018, os profissionais citados não conseguiram implantar ou requerer ações a seus superiores para aumentar a segurança da barragem quanto à ameaça de liquefação, nem quanto ao acionamento do plano de emergência.

O CIAEA (2020, p. 40) apontou bem os problemas enfrentados pela GGO que podem ter comprometido a sua atuação:

A investigação independente verificou (i) questões envolvendo a insuficiência de recursos humanos e sobrecarga de trabalho, para atividades relevantes da gestão de barragens; (ii) a ocorrência de uma lacuna de liderança na gerência de geotecnia operacional, entre outubro de 2017 a maio de 2018, em momento relevante no histórico da B I; ... e (v) a falta de clareza em relação à atribuição de funções e responsabilidades áreas de geotecnia operacional e corporativa, bem como em relação às funções desempenhadas no âmbito do PAEBM (grifo nosso).

O PIESEM-N, realizado em junho de 2018, fez a seguinte recomendação em seu relatório final¹⁰⁷: “Adequação da equipe VALE para atendimento aos requisitos do projeto e legislação, uma vez que as demandas são cada vez maiores e o *staff* geotécnico da empresa

¹⁰⁷ VALE. Relatório da 2ª reunião do PIESEM-N. 05 jul. 2018.

não consegue acompanhar de forma efetiva os trabalhos”. Parece então ter havido sobrecarga de trabalho dos engenheiros da GGO e da GGC.

Por duas vezes foi discutido nos painéis de especialistas conduzidos pela VALE que a probabilidade de risco para falha de barragem, que poderia levar a 200 mortes, estava acima do limite aceitável. Além disso, desde 2016, o consultor Paulo Abrão, que era o projetista dos últimos dois alteamentos da B I e estava assessorando a VALE sobre liquefação de barragens, sabia que o risco era elevado.

A GGC não foi capaz, sozinha ou em conjunto junto com a GGO, de executar ações que pudessem se contrapor à situação instável da B I. Apesar de estarem em contato direto com os engenheiros da POTAMOS/TÜV SÜD, que elaboraram inúmeros documentos de segurança da B I, além de saberem que a B I apresentava probabilidade de falha inaceitável, os componentes da GGO não conseguiram valorizar o risco de rompimento da B I em relação ao fenômeno da liquefação, nem alertar de forma contundente seus superiores para o fato.

O CIAEA (2020) apontou algumas questões quanto à atuação da GGC:

Outro exemplo disso é o fato de que, em 2017, quando Potamos e Tüv Süd apresentaram os resultados da análise de estabilidade da B I e obtiveram fatores de segurança marginalmente estáveis, a área de geotecnia (corporativa) da VALE não entendeu os baixos fatores de segurança como urgente, como também foi além e procurou a Geoconsultoria para trabalhar em "contra-argumentação" para ser apresentada à Potamos e à Tüv Süd. O objetivo da "contra-argumentação" era a de que as duas empresas reconsiderassem a metodologia empregada na análise de estabilidade, sobretudo em relação à utilização de dados de ensaios de laboratório.

Tanto a GGO, quanto a GGC, estavam subordinadas à mesma linha hierárquica, a DE Ferrosos e Carvão. Sobre isso apontou a investigação do CIAEA (2020):

O reporte à própria área de negócio limita a capacidade de atuação como uma linha de defesa independente, uma vez que decisões sobre segurança podem conflitar com preocupações de produção e operação e seus consequentes impactos financeiros.

Tal fato também foi apontado por Hopkins (2022) quando da análise da explosão do poço de perfuração de Macondo, pertencente à BP. Os engenheiros de perfuração estavam subordinados a um Líder de Equipe de Engenharia de Perfuração e esse subordinado ao Gerente de Poços. A linha hierárquica seguia até o CEO: Gerente de Poços, Diretor de Poços, Diretor de Perfuração do Golfo do México, Diretor de Exploração e Produção do Golfo do México, Diretor de Exploração e Produção, CEO. Esta era uma estrutura que acentuava a flexibilidade e a eficiência da perfuração de exploração, porém à custa do rigor de engenharia.

Segundo Hopkins (2022, p. 133), quanto mais longa for a linha de responsabilidade de engenharia, maior será a probabilidade de que as soluções de melhor prática em engenharia

sejam adotadas. Quando a engenharia está subordinada a uma chefia que tem como meta a produção e a redução de custos, a primeira ficará prejudicada.

A segunda linha de defesa da VALE, apesar de ter informações sobre barragens que se encontravam na zona de alerta no mapa de riscos, segundo o método ALARP, incluindo a B I, não soube valorizar o risco de rompimento da barragem por liquefação. Talvez até por não entender que o posicionamento da B I e de outras nove barragens naquela posição do mapa de riscos representasse um risco inaceitável. Podemos dizer que essas informações chegaram como um “sinal fraco” para a segunda linha de defesa (VAUGHAN, 2016).

Mesmo que na reunião do Comitê Executivo de Riscos, de 26/09/2018, e na reunião da Diretoria Executiva de 22/10/2018, o mapa de riscos com a existência de 10 barragens na zona de atenção (ALARP) tenha sido apresentado sem o nome das barragens, é de se estranhar que houvesse a informação ao lado do mapa de riscos que todas as barragens tiveram DCE emitida por auditor externo e com condições de segurança atestadas. É uma contradição ter uma barragem com estabilidade atestada e estar dentro de uma zona de atenção para falha de barragem.

O CIAEA (2020, p. 40) indicou que, fora da DE Ferrosos, no contexto da gestão global de riscos de negócios da empresa, os riscos geotécnicos eram tratados por área (CGRC) que não tinha condições técnicas de analisar adequadamente as informações que lhe eram reportadas. A CGRC não possuía conhecimento sobre riscos geotécnicos, servindo apenas como agregadora de informações recebidas de outras áreas.

Tal situação também ocorreu no caso do acidente do ônibus espacial Challenger. Para Vaughan (2016) segredo estrutural refere-se ao modo pelo qual padrões de informação, estrutura organizacional, processos e transações, e a estrutura de relações regulatórias que minam sistematicamente a tentativa de conhecer e interpretar situações em todas as organizações. Na NASA, o segredo estrutural escondeu a seriedade do problema do anel das juntas do SRB do ônibus espacial, contribuindo para a persistência do paradigma científico no qual a crença da aceitabilidade do risco era baseada.

Vaughan (2016) apontou que a equipe da "Segurança, Confiabilidade e Garantia de Qualidade", estrutura reguladora interna da NASA com pessoas que trabalhavam diariamente próximo aos engenheiros da agência espacial e aos engenheiros da Thiokol, produtora do SRB, não desafiou a definição da situação do grupo de trabalho. O trabalho dela era revisar a informação e conduzir testes de uma forma independente. Contudo, dependente das informações e interpretações do grupo de trabalho (NASA e Thiokol), ela foi incapaz de criticar o trabalho de análise de risco das juntas do ônibus espacial.

Questões relacionadas à autonomia da segunda linha de defesa foram discutidas em reunião do CGRC da VALE em 19/06/2018, com indicação de que o tema poderia ser revisitado após apresentação de modelo de governança para funcionamento das linhas de defesa. Contudo, não foram identificadas discussões posteriores sobre o assunto (COMITÊ INDEPENDENTE DE ASSESSORAMENTO EXTRAORDINÁRIO DE APURAÇÃO, 2020, p. 40).

O CIAEA (2020, p. 43) descreveu em seu relatório que havia a “cultura dos silos”¹⁰⁸ entre diferentes áreas da VALE, fazendo com que outras áreas, que também poderiam ter desempenhado papel relevante para garantir uma gestão robusta de segurança de barragens, não tenham atuado de forma plena.

A cultura dos silos foi bem descrita por Hopkins (2006, p. 881) ao analisar o acidente grave que ocorreu em uma estrada de ferro na Austrália. Testemunhas comentaram sobre a fragmentação organizacional e o isolamento ocupacional e seus efeitos na segurança (op. cit., p. 882).

No relatório de análise de acidente produzido pela SRT/MG (BRASIL, 2019a) notam-se traços da “cultura dos silos” na VALE. O Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), que deve ser elaborado pelo Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT) em conjunto com as demais áreas da empresa, não tratava dos perigos envolvendo barragens e seus respectivos níveis de risco. Relatou um representante do SESMT que ele e seus colegas não tinham acesso a informações envolvendo barragens, tampouco eles participavam de discussões das questões geotécnicas, ainda que estas pudessem ter repercussões na segurança do trabalho.

O EMP. 6 assim declarou, em entrevista ao pesquisador, sobre o conhecimento do SESMT sobre as barragens: “Não, nunca chegou pra gente nenhum problema relacionado a fator de segurança de barragem. A gente não entrava nesse aspecto. Não era visível pra gente a questão da barragem”.

A Comissão Interna de Prevenção de Acidentes na Mineração (CIPAMIM) da mina do Córrego do Feijão também não abordava a segurança de barragens. As anomalias que vinham ocorrendo, ou mesmo quaisquer outros assuntos relacionados à B I, não foram mencionados nas reuniões mensais da comissão de prevenção de acidentes (BRASIL, 2019a). Tal fato foi confirmado com o EMP. 6: “Nos anos em que eu trabalhei, nas reuniões de CIPA

¹⁰⁸Grãos de silos em áreas rurais são isolados uns dos outros e a metáfora refere-se ao modo como as partes de uma organização podem similarmente ser desconectadas.

que eu participei, nunca foi levado essa questão de barragem, independente da diretoria que eu tivesse trabalhado”.

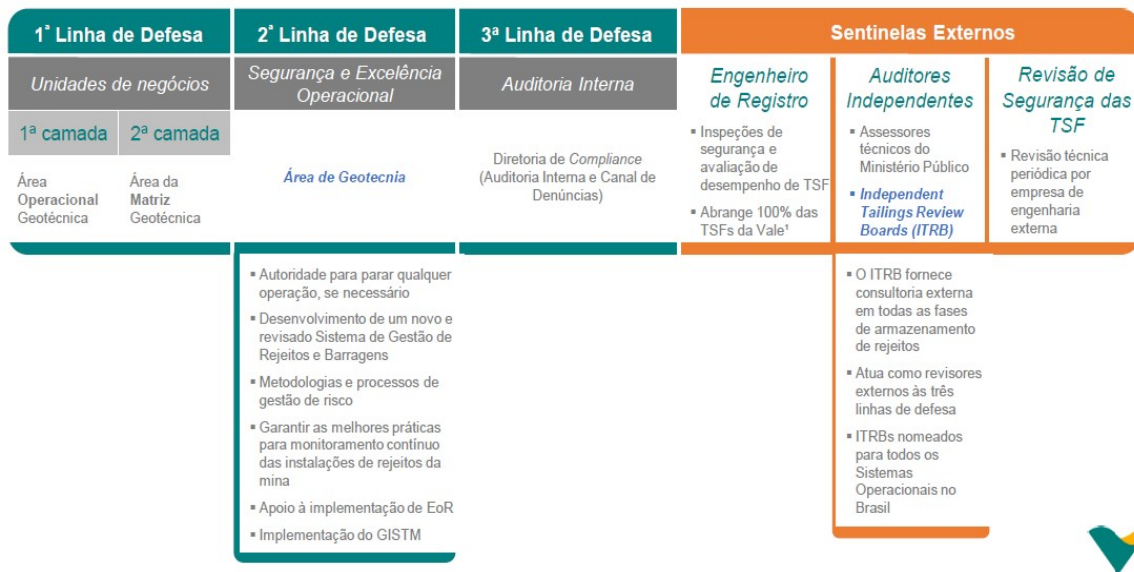
Indicou o CIAEA (2020, p. 37) que havia na VALE relutância em permitir que pessoas fora da DE Ferrosos tivessem visibilidade sobre as práticas da área. Por exemplo, embora a Auditoria Interna tenha sido convidada a participar do 3º PIESEM-I, em outubro de 2018, colaboradores dessa diretoria consideraram a participação da Auditoria Interna indevida, porque as discussões no PIESEM podiam incluir críticas às práticas existentes de gestão de riscos geotécnicos.

Verifica-se então a pouca participação da terceira linha de defesa quanto à segurança de barragens na VALE. Por apenas uma vez foi encaminhado material produzido no PIESEM ao Comitê de Controladoria. Quando o CEO recebeu uma denúncia que demonstrava uma grande preocupação com as operações dentro da VALE, essa não teve a devida atenção. O Emp. 1 não teve uma resposta condizente com a sua denúncia e a resposta veio somente por telefone.

6.9.9.5 As atuais linhas de defesa das barragens

Em *webinar* ocorrido em 25 de março de 2022, o atual CEO da VALE, Eduardo Bartolomeo, o Vice-Presidente Executivo de Segurança e Excelência Operacional, Varlos Medeiros, e o Diretor de Geotecnia, Rafael Bitar, apresentaram as atuais linhas de defesa da em relação aos riscos com as barragens. A primeira linha, em duas camadas, é a mesma de 2019. Na segunda linha foi criada a Vice-Presidência de Segurança e Excelência Operacional. Na terceira linha permanece a Diretoria de Compliance. Além disso, aparecem agentes externos: 1) Engenheiro de Registro - figura recém criada pela empresa para avaliar o desempenho das barragens e apontada como necessária no PIESEM-I; 2) Empresa de auditoria externa para a revisão de segurança das barragens, já estabelecida nas normas da ANM; 3) Auditores independentes, como os assessores técnicos indicados pelo Ministério Público, que são pagos pela VALE, e os consultores externos do *ITRB*, comitê de engenheiros estrangeiros que atua como revisor externo às três linhas de defesa (Figura 109).

Figura 109 - Três linhas de defesa na gestão de riscos de barragens da VALE em 2022



Fonte: VALE, 2022a.

Verifica-se teoricamente que as linhas de defesa foram reforçadas, já que foi criada uma Vice-Presidência de Segurança e Excelência Operacional. Essa diretoria pode tornar mais fácil o fluxo de comunicação entre a 1ª linha de defesa e a alta gestão da empresa. Além disso, estão presentes agora dois sentinelas externos que antes não existiam, o Engenheiro de Registros (EoR) e o Painel Independente de Revisão das Barragens de Rejeitos (ITRB). Essas duas sentinelas deverão ter contato direto com a alta cúpula da empresa, alertando-a dos perigos e orientando-a quanto às medidas a serem adotadas.

6.9.10 A crença

Podemos identificar crença como sendo o pensamento que se acredita ser verdadeiro ou seguro¹⁰⁹. Pessoas em uma organização que interagem, porque elas têm uma tarefa central em comum, constituem um grupo de trabalho. A tarefa comum os une e na realização desta está o potencial de desenvolvimento de uma cultura única para esta particular tarefa. Em interação, grupos de trabalho criam normas, crenças e procedimentos que são únicos para aquela particular tarefa (VAUGHAN, 2016).

Havia uma crença entre funcionários da VALE e seus consultores que a B I ficaria segura com a paralisação do lançamento de rejeito em julho de 2016. Esperava-se o rebaixamento da linha freática e o conseqüente decréscimo de pressões neutras, isto é, a

¹⁰⁹<http://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/crenca>

diminuição da pressão que é exercida sobre a água presente entre os vazios dos materiais sólidos.

Todos os consultores da VALE manifestaram-se a este respeito, apesar de terem sido encontrados FS de estabilidade da B I com valores baixos, conforme trechos extraídos de documentos diversos:

a) VL47-RT-04¹¹⁰, revisão 1, elaborado por Geoconsultoria, julho de 2016, p.10:

As análises feitas mostraram coeficientes de segurança baixos, em se considerando a hipótese de ruptura não drenada e a aplicação de método de Olson. Contra esta hipótese alinham-se circunstâncias favoráveis, tais como:

- a) Pelo fato de ter sido cessado o lançamento de rejeitos na barragem (decisão da VALE), não há acréscimo de tensões e - conseqüentemente - de pressões neutras delas resultantes;
- b) A decisão acima permite ainda rebaixar o nível do lago remanescente, com resultante decréscimo de pressões neutras.

b) VL55-RT05, RISR 2016¹¹¹, elaborado por Geoconsultoria, p. 13:

O comportamento da instrumentação mostra condição estabilizada da barragem. Recentemente a operação de disposição dos rejeitos no reservatório foi descontinuada, passando a planta de concentração a operar no sistema a seco, ou seja, não há mais descarte de rejeitos na forma de polpa e, assim, a barragem não mais operará com esta finalidade.

c) POTVAL02G2-1-TC-RTE-0019¹¹², elaborado por POTAMOS, p. 83:

No que diz respeito a análise de liquefação, a metodologia empregada, apesar de relativamente recente, é a mais aceita na comunidade técnica mundial. Os valores obtidos precisam ser melhor investigados pela VALE futuramente, com obtenção de mais informações e realização de ensaios de campo. Um fator muito positivo é a paralisação da disposição de rejeitos e o bombeamento do reservatório de água, o que tem favorecido a queda da superfície piezométrica.

d) Revisão Periódica de Segurança de Barragem Mina Córrego Feijão – Barragem I Relatório Técnico, elaborado TÜV SÜD¹¹³:

Em julho de 2016 as operações de beneficiamento do minério na instalação de tratamento de minério ITM-CFJ passaram a ser realizadas de forma a seco e a barragem não recebeu mais rejeitos (p. 10).

Atualmente a Barragem I encontra-se fora de operação, sem lançamento de rejeitos em seu reservatório. Durante a inspeção de campo verificou-se a formação de um pequeno lago, ao fundo do reservatório, associado a um sistema de bombeamento que conduz a vazão para a torre 3 (p. 80).

¹¹⁰GEOCONSULTORIA. Estudo de liquefação - Análise de estabilidade da Barragem B I, VL47-RT-04, julho 2016.

¹¹¹GEOCONSULTORIA. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, VL55-RT05, 30/08/2016.

¹¹²POTAMOS. Cálculo do risco monetizado para barragens e diques - Barragem I - Análise da probabilidade de ruptura da barragem, POTVAL02G2-1-TC-RTE-0019, 24/10/2017.

¹¹³TÜVSÜD. Revisão Periódica de Segurança da Barragem – Barragem I, Nº RC-SP-117/17, 20/11/2017 (emissão inicial). A revisão 4 é datada de 24/08/2018.

A partir da análise do histórico de leituras dos piezômetros instalados no maciço observa-se queda nos níveis piezométricos associada ao final de operação da barragem, datado de julho de 2016 (p. 72).

Positivamente, a paralisação da disposição de rejeitos na barragem em 2016 e a manutenção do nível do reservatório por meio de bombeamento d'água desde 2017, têm refletido na queda dos níveis piezométricos atuantes na barragem, conforme observado pelo histórico de monitoramento (p. 141).

e) Relatório de Inspeção de Segurança Regular de 2017¹¹⁴, elaborado por Tractebel:

Atualmente, em função da paralisação da disposição de rejeitos, a barragem encontra-se com seu reservatório em sua maioria aparentemente seco e com água somente no fundo com presença de bomba para acionamento caso necessário (p. 16).

No presente estágio, a barragem já atingiu a sua cota final, foi cessado o lançamento de rejeitos, ou seja, não há mais acréscimo de tensões e conseqüentemente de pressões neutras. Pode-se manter o nível do lago o mais rebaixado possível, contribuindo para o decréscimo de pressões neutras (p. 43).

f) Relatório de Inspeção de Segurança Regular de março de 2018, elaborado por Tractebel, idêntico ao documento elaborado em 2017¹¹⁵.

g) Relatório de Inspeção de Segurança Regular de setembro de 2018, elaborado por TÜV SÜD¹¹⁶, p. 39:

É possível notar a existência de uma tendência geral de deplecionamento da freática, explicada pelas diversas medidas tomadas para controle d'água na barragem, incluindo a paralisação da disposição de rejeito em julho/2016, o bombeamento da água acumulada no reservatório e a instalação dos novos DHPs a partir de março/2018.

Empregados e diretores da VALE declararam, após o rompimento da B I, que estiveram tranquilos em relação à segurança da mesma, conforme depoimentos extraídos de documentos diversos:

a) Depoimento de Rodrigo Artur Gomes de Melo, Gerente Operacional do Complexo Paraopeba, à Polícia Federal¹¹⁷:

Que sabia que a barragem B I estava paralisada [...].

Que acreditava que as barragens com as quais trabalha fossem 100% seguras.

Que quando chegou ao CCF (Complexo Córrego do Feijão) em julho de 2017, para assumir nova função, obteve a informação de que as barragens eram seguras e estavam sob monitoramento e auditoria constantes, razão pela qual não desconfiou que pudesse haver um rompimento.

¹¹⁴TRACTEBEL. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, VALE.AT-LT-PFE-107-01.17, 19/08/2017.

¹¹⁵TRACTEBEL. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, VALE.AT-LT-PFE-107-01.18, 12/03/2018.

¹¹⁶TÜD SÜD. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, RC-SP-100/18, 20/08/2018.

¹¹⁷Depoimento concedido por Rodrigo Artur Gomes de Melo à Polícia Federal, documento compartilhado com a SRT/MG, 2019.

b) Depoimento de Silmar Magalhães Silva, Diretor de Operações do Corredor Sudeste (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019):

Que a barragem estava inativa e parada, não tinha nenhuma atividade acontecendo[...] Que a barragem B I tinha fator de segurança adequado, que as barragens inativas normalmente tem comportamento melhor do que as barragens ativas, que o fator de resistência não drenado possivelmente foi subestimado e que provavelmente ela estava em uma citação melhor [...].

c) Depoimento de César Augusto Paulino Grandchamp, geólogo, Especialista Técnico em Geotecnia do Corredor Sudeste (SENADO FEDERAL, 2019, p. 102):

A barragem já vinha sofrendo rebaixamento natural desde 2015 [Observação nossa: o correto é 2016] quando foi paralisada, porque é simplesmente uma questão de balanço: se você para de colocar água, a água continua saindo e o nível d'água abaixa naturalmente. [...] Então, dentro disso, a barragem continuou sendo... Além dos 14 DHPs que foram perfurados até junho, então você tem um incremento de retirada de água da barragem. Então ela continuou sendo rebaixada e o fator de segurança melhorando.

d) Depoimento de César Augusto Paulino Grandchamp, geólogo, Especialista Técnico em Geotecnia do Corredor Sudeste (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019): "Artur e Cristina (Engenheiros Geotécnicos) nunca me apresentaram qualquer anomalia que gerasse uma conclusão minha que a barragem tivesse correndo algum risco".

6.9.10.1 Discussões

Vaughan relatou que os engenheiros da Thiokol, fabricante do SRB, foguete auxiliar usado para compor o veículo de lançamento do ônibus espacial Challenger, e os engenheiros da NASA, apesar dos inúmeros problemas de performance dos anéis que selavam as juntas dos vários seguimentos do equipamento, desenvolveram a seguinte crença: "as juntas traziam um risco aceitável". Apesar do dissenso sobre o que deveria ser feito sobre o problema, existia consenso que era seguro voar (VAUGHAN, 2016).

Com a paralisação de lançamento dos rejeitos na B I havia então a crença que a situação levaria a barragem a uma condição de segurança com o tempo. Realmente alguns instrumentos de auscultação (piezômetros e indicadores de nível de água) vinham demonstrando uma pequena queda no nível das leituras com o tempo após a implantação dos DHP no primeiro semestre de 2018. Com a queda da linha freática, ter-se-ia como consequência o aumento do FS. Esse FS aumentou de 1.09, em 20/05/2018, para 1.13 em 17/01/2019, conforme veremos no próximo item. Mas não houve previsão de quanto tempo seria necessário para que o FS atingisse o mínimo de 1.3.

6.9.11 Normalização de desvios

Desvio é uma mudança de direção ou da posição normal¹¹⁸.

De acordo com Vaughan (2016), desvio refere-se a comportamento que viola normas de algum grupo. Nenhum comportamento é inerentemente desviante. Ao contrário, ele torna-se assim em relação a normas particulares. Porque as normas variam - entre grupos, ao longo do tempo, entre sociedades - o mesmo comportamento pode ser visto por alguns como desviante e por outros como conformidade. Desvio é socialmente definido: em grande medida, ele depende de alguma atividade questionável ou qualidade sendo notada por outros, que reagem a ela, rotulando-a publicamente como desviante.

Quando temos um desvio técnico, podemos dizer que alguma situação técnica saiu do padrão, desviou-se do normal.

Em relação a B I, podemos dizer que a VALE e seus consultores técnicos normalizaram alguns desvios técnicos que ocorriam desde a sua entrada em operação em 1976, conforme veremos a seguir.

6.9.11.1 Linha freática alta e surgências

Como linha freática ou linha piezométrica entende-se a posição do nível de água (NA) dentro da barragem, isto é, a linha de água que se inicia no rejeito armazenado, bem distante da barragem, e vai descendo até encontrar o barramento.

Esta linha freática sempre foi alta na B I, provocando surgências, que é o aparecimento de água nos taludes de jusante do barramento.

A posição alta da linha freática e as surgências são apontadas em inúmeros momentos ao longo da vida da B I:

- a) Relatório Técnico¹¹⁹ elaborado por Geoconsultoria, em dezembro de 2006, p. 3-4:

Após conclusão do 2º dique, ocorreram surgências d'água na base do 1º dique, que poderiam ser explicadas pela ausência de sistema de drenagem interna do 1º dique. [...] Há registros de surgências d'água no talude de jusante da barragem e de artesianismo nos piezômetros de algumas bermas (grifo nosso).

- b) Relatório de visita técnica elaborado por Geoconsultoria¹²⁰, em abril de 2007, p. 2:

¹¹⁸<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/desvio/>

¹¹⁹GEOCONSULTORIA. Relatório Técnico VL28-RT-03, Rev. 0, Barragem 1 - Alteamentos até cotas 937 e 942 m, dezembro de 2006.

11. Causa uma certa estranheza a surgência de água em tantos níveis, uma vez que, pela posição das leituras dos piezômetros e indicadores de NA, apenas ocasionalmente deveria ocorrer a surgência, especialmente quando se tem uma largura relativamente grande de praia. Para esta situação, de acordo com estudo apresentado no relatório VL28-RT-03, o NA deveria apenas tocar o filtro na base do 4.º alteamento. Conclui-se que estas surgências são devidas a heterogeneidades de permeabilidade no maciço de rejeitos (grifo nosso).

c) Relatório Potamos/TÜV SÜD, Consolidação de dados e Premissas¹²¹, p. 131-135:

Dentre as possíveis falhas mais prováveis, as relacionadas à incerteza dos materiais utilizados e, principalmente, para os drenos ou mesmo a inexistência em alguns alteamentos, favorece a persistência de um NA elevado o qual é o principal mecanismo desencadeador do *piping*.

[...]

O modo de falha de liquefação será considerado para a análise quantitativa de risco de ruptura da Barragem I, posto que houve alteamentos para montante e há rejeitos fofos e saturados. Ademais, a necessidade de considerar tal modo de falha é reforçada, pelo fato da superfície freática ser alta, ausência de dreno de fundo nos primeiros alteamentos para facilitar a drenagem dos rejeitos, alteamento para montante, afastamento do quarto alteamento para dentro do reservatório e presença de rejeitos fofos e saturados.

[...]

Barragem I apresenta nível relativamente elevado da superfície freática. Esse fato exige uma maior atenção no seu monitoramento e também acurácia dos instrumentos quanto a respostas de possíveis variações de pressão e nível de água. (grifo nosso).

d) Revisão Periódica de Segurança da Barragem elaborada por TÜV SÜD¹²²:

Não há menções nos documentos históricos da estrutura quais foram os motivos que levaram às mudanças das elevações dos alteamentos ao longo do tempo ou, talvez a realização de um novo projeto. Há menções de uma carta da TECNOSOLO, de 1983, referente à existência de surgências, conforme citado no Doc. [45].

[...]

A existência de surgências pode também ter motivado um alteamento no ritmo menor do que o previsto no projeto inicial da TECNOSAN, além do ‘envelopamento’ das estruturas já executadas por meio de um alteamento por linha de centro (p. 12).

[...]

No desenvolvimento do projeto do 4º alteamento foi constatado que o fator de segurança da estrutura não atendia ao recomendado pela norma técnica, sendo inferior a 1.3. Detectou-se ainda surgências na região do maciço inicial próximo a El. 875,0m (p.12).

[...]

Na área da berma na EL. 899 m começa a ser nítida a posição elevada no nível de água. Isso porque são comuns nesta região a ocorrência de surgências e a saída de água pelas tubulações da drenagem interna (p. 78).

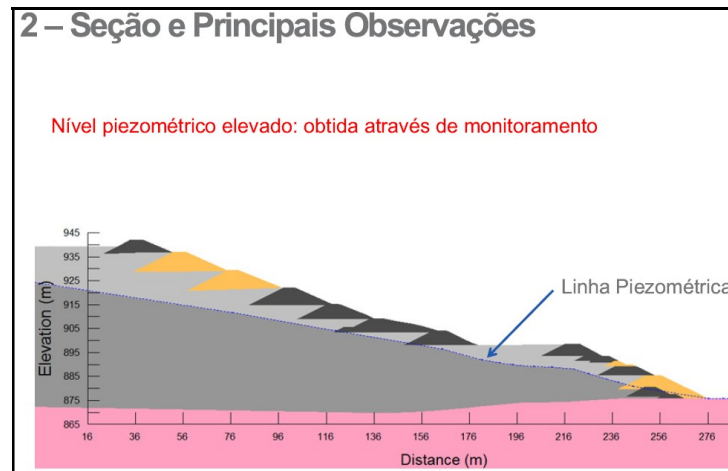
e) Estudos para estabilização da BI¹²³, por Potamos, em 21/12/2017 (Figura 110):

¹²⁰GEOCONSULTORIA. Relatório de visita técnica, VL28-RV-01, Rev. 0, abril de 2007.

¹²¹ POTAMOS/ TÜV SÜD. Consolidação de dados e Premissas - N.º POTVAL02G2-1-TC-RTE-0006 / N.º TÜV SÜD BUREAU RC-SP-037/17, 2017.

¹²²TÜV SÜD. Revisão Periódica de Segurança da Barragem – Barragem I, N.º RC-SP-117/17, 20/11/2017 (emissão inicial). A revisão 4 é datada de 24/08/2018.

Figura 110 - Posição da linha piezométrica em seção da barragem B I



6.9.11.2 Fator de segurança inferior ao mínimo

Quanto aos FS de estabilidade física da B I, verifica-se que a mesma, durante toda a sua construção, não atendeu o mínimo adotado pela comunidade internacional, antes de 2006, ou o estabelecido pela ABNT NBR13028 a partir desse ano, conforme exporemos adiante.

A empresa TECNOSOLO¹²⁴apontou os resultados de estabilidade em várias etapas do projeto para a B I no ano 1995 (Quadro 12).

Quadro 12 - Fatores de segurança da B I para várias etapas de construção em 1995

Cota crista da barragem (m)	Cota de Rejeito (m)	Cota nível d'água no reservatório(m)	Bishop Modificado	Fellenius	Condição
909	(ND)	(ND)	1.44	(ND)	Elev. max.(1983)
891.5	891	891	1.521	1.353	Anteriores ao 3º alteamento
895	891	894	1.509	1.344	1ª fase - 3º alt. construído
895	894	894	1.487	1.330	1ª fase - 3º alt. construído
899	898	894	1.429	1.235	2ª fase - 3º alt. construído
899	898	898	1.408	1.225	2ª fase - 3º alt. construído
899	898	898	1.13	1.07	2ª fase - 3º alt. construído
905 cota média (Eixo deslocado)	903	903	1.13	1.10	4º alt. construído
905 cota média (Eixo deslocado)	903	903	1.33	1.23	4º alt. construído
945 cota média (Eixo deslocado)	943	943	1.33	1.22	Barragem concluída

Fonte: POTAMOS/TÜV SÜD, 2017¹²⁴.

Nota: Destaque para FS obtido abaixo de 1.5, tanto para o método de Bishop, quanto para Fellenius.

¹²³POTAMOS. Apresentação em powerpoint “Estudos para estabilização da B I”, 21/12/2017.

¹²⁴POTAMOS/TÜV SÜD. Relatório Consolidação de dados e premissas, POTVAL02G2-1-TC-RTE-0006, 24/10/2017.

Os FS foram recalculados pela TECNOSOLO¹²⁴ em 1998 (Quadro 13).

Quadro 13 - Fatores de segurança da B I para várias etapas de construção em 1998

Descrição	Condição	Piezométrica	FS	Obs.
Talude jusante (perfil geotécnico 4)	Longo prazo	Desfavorável	1,32	Ruptura pelo platô Cota 900
Talude jusante	Longo prazo	Desfavorável	1,54	Ruptura envolvendo 4 e 5° alteamentos
Final de construção montante	Final de construção Su=20kPa	Piezométrica na cota 904,00	1,23	Com berma
Final de construção - talude jusante (perfil geotécnico 1)	Final de construção Su=20kPa/40kPa	Piezométrica Atual	1,22	Ruptura envolve o 4° alteamento
Talude jusante Longo prazo (perfil geotécnico 1)	Final de construção Drenada	Desfavorável para 4° alteamento	2,23	Ruptura pelos aterros de alteamento

Fonte: POTAMOS/TÜV SÜD¹²⁴.

Nota: Destaque para FS abaixo de 1.3.

A TECNOSOLO¹²⁴ voltou a apresentar novos cálculos de FS para a B I em 2000(Quadro 14).

Quadro 14 - Fatores de segurança da B I para várias etapas de construção em 2000

Descrição	Condição	Piezométrica	FS	Observação
Talude jusante 5° alteamento (Atual)	(Operação normal) Longo Prazo	Normal	1.46	Ruptura limitada ao platô da cota 900
		Desfavorável	1.26	Ruptura limitada ao platô da cota 900
		Normal	1.78	Ruptura acima do platô da cota 900
		Normal	1,58	Ruptura global
Talude jusante 6° alteamento		Normal	1,51	Ruptura global
		Desfavorável	1,38	Ruptura global
Talude montante 6° alteamento	Final de Construção – não drenado	-	1.11	Su = 30kPa no resíduo fofo
		-	1.23	Su = 35kPa no resíduo fofo
Talude jusante 6° alteamento		-	< 1	Su = 70kPa na fundação
		-	1.12	Su = 90kPa na fundação
		-	2.1	Parâmetro drenado na fundação
Até cota 945	Longo prazo	Normal	1.46	Ruptura global
Até cota 945	Longo prazo	Desfavorável	1.39	Ruptura global

Fonte: POTAMOS/TÜV SÜD¹²⁴.

Nota: Destaque para FS abaixo do mínimo. Para a condição não drenada de final de construção, FS mínimo de 1.3. Para operação normal, longo prazo, FS mínimo de 1.5.

A DAM Engenharia e a DF Consultoria calcularam os seguintes FS em 2003 para a B I, agora já apontando o FS mínimo (Quadro 15).

Quadro 15 - Fatores de segurança da B I para várias etapas de construção em 2003

Caso	Seção	Condição de Carregamento	Talude	FS mínimo	FS encontrado
1	Maior altura da barragem	Percolação Estável	Jusante Talude Global (TG)	1.500	1.403
		Percolação Estável	Jusante Talude Parcial (TP)	1.500	1.482
2		Freática Crítica	Jusante TG	1.300	0.989
		Freática Crítica	Jusante TP	1.300	1.298
3		Saturação Total	Jusante TG	1.300	0.903
		Saturação Total	Jusante TP	1.300	1.395
4		Percolação Estável N.A. Afastado-100m	Jusante TG	1.500	1.433
		Percolação Estável N.A. Afastado-200m		1.500	1.457
		Percolação Estável N.A. Afastado-300m		1.500	1.457
5		Percolação Estável Berma de Aterro		1.500	1.614
	Percolação Estável Berma de Enrocamento	1.500		1.816	
6	Saturação Total Berma de Aterro	1.300		0.893	
7	Saturação Total Berma de Enrocamento	1.300		1.766	

Fonte: POTAMOS/TÜV SÜD, 2017¹²⁴.

Nota: Destaque para FS abaixo do mínimo.

O RISR de 2016 da B I¹²⁵ informou sobre o FS mínimo para a condição não drenada:

É nossa opinião que para a condição não drenada poderia ser utilizado o fator mínimo de 1.2 quando a ocorrência não representar danos materiais elevados ou morte de pessoas. Para situações em que a ruptura represente danos materiais elevados, danos ambientais elevados e pode resultar em mortes de pessoas, o fator de segurança mínimo seria de 1.3.

Como, entretanto, este assunto não está estabelecido na normatização ou legislação brasileira, e também não está de modo específico nas diretrizes de outros países ou de organização governamentais ou associações técnicas, estamos adotando o fator de segurança mínimo de 1.3 para qualquer situação de risco.

Ainda em 2016, a Geoconsultoria elaborou um estudo de liquefação e análise de estabilidades da B I, apresentando os FS para situação não drenada e com razões de resistência não drenada de pico $[Su(\text{pico})/\sigma'_{v0}]$ de 0.23, 0.25 e 0.30¹²⁶. O FS mínimo deveria ser de 1.3, conforme teoria do eng.º Scott M. Olson (Quadro 16).

¹²⁵GEOCONSULTORIA. Relatório de inspeção de segurança regular da B I em 2016.

¹²⁶GEOCONSULTORIA. Estudo de liquefação e análise de estabilidades, VL47-RT-04-Revisão 1.

Quadro 16 - Fatores de segurança da B I para a elevação 942,00m em 2016

Descrição	Condição - Su/σ'v	Modelo	Ruptura	FS
Talude jusante – El. 942m	Não drenada – 0.23	Fear&Robertson	Global	1.00
	Não drenada – 0.23		Local - Superior	0.93
	Não drenada – 0.23		Local - Inferior	1.16
	Não drenada – 0.25		Global	1.08
	Não drenada – 0.25		Local - Superior	1.00
	Não drenada – 0.25		Local - Inferior	1.22
	Não drenada – 0.30		Global	1.24
	Não drenada – 0.30		Local - Superior	1.14
	Não drenada – 0.30		Local - Inferior	1.30
	Não drenada – 0.23	CPTU	Global	1.12
	Não drenada – 0.23		Local - Superior	0.96
	Não drenada – 0.23		Local - Inferior	1.13
	Não drenada – 0.25		Global	1.19
	Não drenada – 0.25		Local - Superior	1.02
	Não drenada – 0.25		Local - Inferior	1.21
	Não drenada – 0.30		Global	1.36
	Não drenada – 0.30		Local - Superior	1.17
	Não drenada – 0.30		Local - Inferior	1.29

Fonte: Geoconsultoria, 2016¹²⁶.

Nota: Destaque para FS abaixo de 1.3.

Em 20/11/2017, relatório técnico denominado "Análise da probabilidade de ruptura da barragem B I"¹²⁷ apontou que a B I, em sua seção 4-4 (de maior altura), apresentava FS de 1.06 para resistência de pico na condição não drenada, sendo que o FS mínimo era de 1.30. Em 20/05/2018, foi emitida revisão desse relatório, que informou sobre pequenas alterações nos dados dos parâmetros do solo e a obtenção, para a seção 4-4, de FS de 1.09, valor 0.03 maior que o anterior. A RPSB de 2017 (emissão inicial) e o RISR de setembro de 2018 também informaram o FS de 1.09 (BRASIL, 2019a).

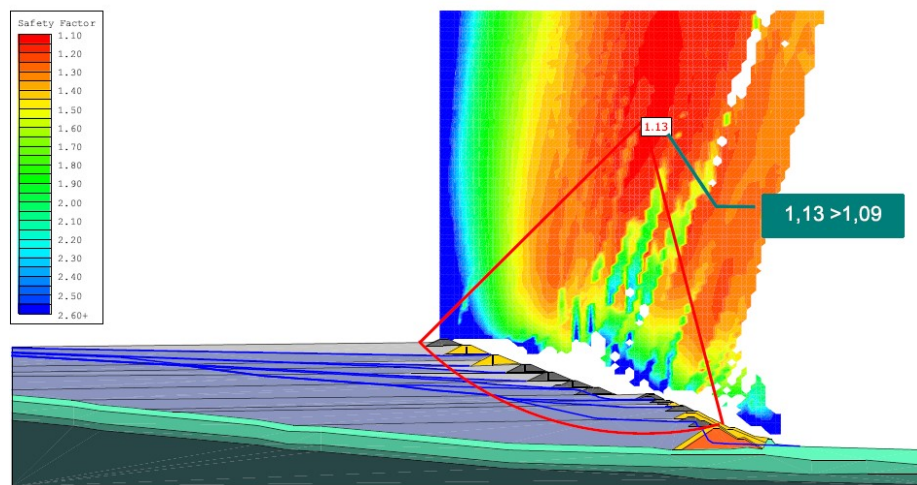
Por fim, em apresentação de 17 de janeiro de 2019, após os resultados de CPT-u¹²⁸ de campanha geotécnica iniciada pela empresa FUGRO no segundo semestre de 2018, foram recalculados os FS¹²⁹. Para a condição não drenada, com razões de resistência não drenada de pico [Su(pico)/σ'v₀] de 0.26, e considerando a presença de lençóis empoleirados, o FS seria de 1.13 para a seção 4-4 (seção de maior altura), conforme Figura 111.

¹²⁷POTAMOS/TÜVSÜD. Análise da probabilidade de ruptura da barragem B I, 20/11/2017.

¹²⁸CPT-u: Ensaio geotécnico de campo de penetração de cone.

¹²⁹ VALE. Apresentação em *powerpoint* "Acompanhamento: Projeto de descomissionamento, 17/01/2019, Barragem I - Córrego do Feijão".

Figura 111 - Fator de segurança de estabilidade da barragem B I, condição não drenada, razão de resistência não drenada de pico de 0.26



Fonte: VALE, 2019¹²⁹.

Em declaração à CPI-SF, declarou o eng.º Felipe Rocha da GGO:

Deveriam ter na sala umas 15 pessoas, tinha a equipe da TÜV SÜD, a equipe da Marilene, que é a equipe de risco, e a equipe da geotecnia operacional. Foi uma reunião estritamente técnica, onde se discutiu o valor do fator de segurança alcançado pelos estudos da TÜV SÜD, 1.09. E também se discutiu quais seriam as maneiras possíveis de serem feitas para que melhorasse esse fator de segurança. Então, foi uma reunião técnica, onde prevaleceu o valor do fator de segurança de 1.09 da TÜV SÜD, que foi o valor que foi colocado no certificado, no atestado de estabilidade (SENADO FEDERAL, 2019, p. 101).

O CIAEA (2020) apontou que existiam informações, da época em que a barragem pertencia à Ferteco até os anos mais recentes, que o nível freático era alto e condição de estabilidade marginal, com FS baixo. O comitê, que foi contratado pela VALE, verificou que houve uma normalização não só dos pequenos desvios, como também dos indícios visuais de saturação e da situação de fragilidade da B I.

6.9.11.3 Discussões

O nível freático sempre foi alto na B I, fazendo com que a água chegasse bem perto dos diques de alteamento. As surgências eram comuns desde a construção do 2º dique de alteamento. Isso impactava no cálculo FS de estabilidade física da estrutura.

Como visto, o FS de estabilidade física para a B I, desde a sua construção, não atendeu o mínimo estipulado pela literatura internacional, ou pela ABNT NBR13028, versão 2006 ou 2017, para condição drenada. O FS para a situação não drenada, resistência de pico,

também não atendeu ao apontado na Teoria de Olson (2001), utilizada pela Geoconsultoria e pela TÜV SÜD.

Apesar de inferior a 1.3, o FS de 1.09 para a condição não drenada foi discutido em reunião entre a TÜV SÜD e com inúmeros empregados da VALE, acabando por ser mais uma vez o desvio normalizado.

Hopkins (2022, p. 62) destaca que em reuniões deste tipo todos são responsáveis pela decisão, o que significa, por sua vez, que ninguém se sente pessoalmente responsável. O resultado final, em outras palavras, é a tomada de decisão não responsável. O autor também aponta o fenômeno da "mudança arriscada". Experimentalmente foi demonstrado que, com frequência, grupos estão mais propensos a tomar decisões arriscadas quando comparadas às decisões tomadas individualmente.

Vaughan (2016) explicou muito bem a normalização do desvio quando retratou o acidente envolvendo o ônibus espacial Challenger em 1986. Durante anos, as juntas dos vários seguimentos do SRB apresentaram desvios, como a erosão do anel primário e do secundário. Os engenheiros então estudavam as anomalias encontradas após cada voo e propunham soluções. Algumas medidas eram tomadas e o problema ficava algum tempo sem aparecer. Depois surgia um problema diferente. Era feito o diagnóstico, aplicado o remédio e este problema não mais acontecia. No final de 1984, existia consenso que erosão e blow-by¹³⁰ eram aceitos e esperados em futuros voos pelos engenheiros e pelos gerentes. Voar sob circunstâncias que desviavam da performance prevista de projeto e tomar ações corretivas para melhorar a performance da junta tornaram-se normais (op. cit.)

Sobre a normalização de desvios, apontou Kokke (2020):

Ao afastar os esquemas abstratos de funcionamento e mergulhar em análise da oculta gramática de comunicação das instituições, é possível mapear, em escala empírica, práticas e padrões de condução que são fontes de desvios normativos. Isso não significa um encaminhar doloso e orientado decisivamente para a quebra da ética e da lei, mas sim significa que determinadas práticas com essas consequências são ignoradas em seu próprio significado de ilegalidade. Há uma naturalização da incorreção a partir do padrão social interiorizado pela instituição e encarnado pelos indivíduos que lhe integram, que passam progressivamente a simplesmente não perceber as patologias institucionais.

O fazer-se reconhecido no grupo coletivo significará aos indivíduos a absorção de significados e provocará a legitimação de condutas que abstratamente poderiam ser questionadas em face da ética e de padrões legais. Não é que se negue a lei. Ocorre uma percepção de que simplesmente ou não se aplica a lei à prática desenvolvida ou a lei não é feita com vistas ao caso apontado. Subestimam-se exigências de segurança e práticas de mitigação do risco com adoção de posturas paralelas que ignoram a razão normativa que está por detrás de cada regra (grifo nosso).

¹³⁰Era um sinal de penetração de gás mais profunda no canal da massa de calafetar: gases quentes do motor tinham entrado no espaço entre o anel primário e o secundário.

Vimos então que a linha freática alta, as surgências e o FS inferior ao mínimo para a B I foram desvios normalizados por engenheiros e por consultores da VALE. Apesar do FS mínimo de 1.3 ter sido apontado em relatórios da Geoconsultoria e da TÜV SÜD, é como se a B I, em pé desde 1975, estivesse livre de qualquer perigo. A cultura desse grupo de trabalho prevaleceu sobre a melhor técnica, como se o problema não pudesse levar a barragem ao rompimento, como se não tivesse ocorrido o rompimento da BRF há pouco mais de 3 anos.

6.9.12 Conflito de interesses

A ANM, de acordo com a Portaria n.º70.389/2017 (BRASIL, 2017), estabeleceu que, semestralmente, a empresa devia elaborar RISR e depois a DCE, entre 1º e 31 de março e entre 1º e 30 de setembro de cada ano. Os documentos elaborados em setembro devem ser obrigatoriamente produzidos por equipe externa contratada, e os documentos com entrega prevista em março podem ser elaborados por equipe composta de profissionais do quadro de pessoal da empresa. Já o estado de Minas Gerais, através da DN COPAM n.º 87/2005, estabeleceu que as auditorias técnicas de segurança deveriam ser independentes, ou seja, ser realizadas por profissionais externos ao quadro de funcionários da empresa, para que fosse garantida clareza e evitado conflito de interesses, e executadas por especialistas em segurança de barragens. A VALE optou por contratar empresa externa para elaborar os documentos a serem entregues para o órgão federal e para o estadual.

Foi levantada pelo MPMG a teoria do conflito de interesses que envolveu a empresa TÜV SÜD e a VALE após o rompimento da B I (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020).

Outro fato que chamou a atenção foi a atuação da empresa Geoconsultoria, que atuou como projetista dos dois últimos alteamentos da B I, foi contratada para elaborar o RISR de 2016, para auxiliar a VALE no caso do evento do DHP 15, para produzir argumentos contra a metodologia utilizada pela TÜV SÜD para o cálculo do FS, além de participar dos PIESEM.

6.9.12.1 A atuação da TÜV SÜD

A TÜV SÜD, em parceria com a POTAMOS Engenharia e Hidrologia Ltda, foi contratada pela VALE, em 24/02/2017, para elaborar estudos para a gestão de riscos de 13 de suas barragens. Estes estudos incluíam consolidação de dados e identificação de riscos, cálculo de probabilidades, estudos de *Dam Break*, valoração das consequências e cálculo de

risco. O valor estimado para o contrato era de R\$ 4.091.537,29¹³¹. Em 29/06/2018, esse contrato foi aditivado, passando o valor a receber para R\$ 4.112.852,17.

Em 27/07/2017, a TÜV SÜD firmou novo contrato com a VALE para elaboração da RPSB de barragens da mineradora. Esta revisão era uma obrigação estabelecida pela ANM, Portaria n.º 70.389/2017 (BRASIL, 2017). O valor estimado do contrato era de R\$ 2.527.790,79. Em 22/06/2018, foi assinado um aditivo a este contrato, alterando o valor estimado para R\$ 2.650.447,44¹³².

Em 26/01/2018, a TÜV SÜD, em parceria com a empresa TECWISE, firmou três contratos para implantação de sistema de monitoramento remoto com transmissão de dados via rádio para barragens, incluindo equipamentos, com:

- a) a Mineração Brasileira Reunidas S.A. - MBR, empresa controlada pela VALE, no valor de R\$ 2.547.565,10¹³³;
- b) a Mineração Corumbaense Reunidas S.A. - MCR, empresa controlada pela VALE, no valor de R\$ 479.168,75¹³⁴;
- c) a VALE S.A., no valor de R\$ 2.872.796,10.

No dia 15/05/2018, ocorreu a maior contratação da TÜV SÜD pela VALE cujo objeto era a elaboração de projeto "Como está - *As is*" para suas barragens que não possuíam "Como construído - *As built*" e/ou informações conclusivas para elaboração da revisão periódica de segurança de barragem, conforme determinava a Portaria n.º 70.389/2017 da ANM. O valor contratado foi de R\$ 10.676.672,30¹³⁵.

Já em 28/08/2018, a VALE contratou a TÜV SÜD para elaborar o RISR da B I, a ser entregue em setembro de 2018, no valor de R\$ 95.109,78¹³⁶.

Por fim, a VALE firmou contrato com a TÜV SÜD em 21/09/2018 para elaborar alternativas e projeto conceitual da alternativa escolhida para fechamento da B I¹³⁷. O primeiro serviço (elaboração de alternativas) foi firmado no valor de R\$ 390.714,22. Já o projeto conceitual tinha valor variável de acordo com a alternativa a ser escolhida pela VALE, variando de R\$ 426.263,00 (alternativa 1) a R\$ 498.627,26 (alternativa 6).

¹³¹VALE. Contrato de prestação de serviços n.º 550043549 entre POTAMOS/TÜV SÜD e VALE, 24/02/2017.

¹³²VALE. Aditivo de Contrato de prestação de serviços n.º 5500046573 entre TÜV SÜD e VALE, 22/06/2018.

¹³³MINERAÇÃO BRASILEIRA REUNIDAS - MBR. Contrato de prestação de serviços n.º 550005000/5500049995 entre TÜV SÜD/TECWISE e MBR, 26/01/2018.

¹³⁴MINERAÇÃO CORUMBAENSE REUNIDAS. Contrato de prestação de serviços n.º 4600042500 entre TÜV SÜD / TECWISE e MCR, 26/01/2018.

¹³⁵VALE. Contrato de prestação de serviços n.º 5500052294 entre TÜV SÜD e VALE, 15/05/2018.

¹³⁶VALE. Contrato de prestação de serviços n.º 5500054726 entre TÜV SÜD e VALE, 28/08/2018.

¹³⁷VALE. Contrato de prestação de serviços n.º 5500055362 entre TÜV SÜD e VALE, 21/09/2018.

Para entender como ocorreu o conflito de interesses que envolveu a empresa TÜVSÜD, faz-se necessário voltar no tempo e explicar a ocorrência de alguns eventos.

Em 20/11/2017, o consórcio POTAMOS/TÜV SÜD apresentou relatório técnico denominado "Análise da probabilidade de ruptura da barragem B I". Este relatório apontou que a B I, em sua seção 4-4 (de maior altura), apresentava FS de 1.06 para resistência de pico na condição não drenada, sendo que o FS mínimo para tal situação era de 1.30. Em 20/05/2018, foi emitida revisão desse relatório, que informou sobre pequenas alterações nos dados dos parâmetros do solo e a obtenção, para a seção 4-4, de FS de 1.09¹³⁸.

Com valor do FS de 1.09, a TÜV SÜD não teria condição de emitir uma DCE para a barragem. Em 20/05/2018, foi entregue à VALE a RPSB (revisão 1), apresentando também o valor de FS igual 1.09 para a seção 4-4¹³⁹. Entretanto, neste documento a TÜV SÜD informou sobre um estudo realizado em 2015:

Leshchinsky e Ambauen (2015), entretanto, demonstram a existência de um erro epistêmico ao método do Equilíbrio Limite, o qual impõe superfícies de ruptura e subdivide a massa instável em lamelas que não respeitam o trabalho cinemático do fenômeno. Os autores compararam resultados obtidos pelo método do Equilíbrio Limite com resultados de Análises Limite Numéricas, as quais são mais rigorosas por analisar em uma cinemática realista e fornecerem como resultado, além do fator de segurança, também o mecanismo de ruptura. Notaram que por vezes o método de Spencer forneceu FS maiores e menores que o exato. Os resultados mostrados por aqueles autores indicam que um fator de segurança superior a 1.05 cobre um possível erro envolvido no método de cálculo utilizado.

Fazendo a interpretação que melhor lhe convinha, a TÜV SÜD concluiu então que a B I se encontrava estável quanto à liquefação do rejeito, no cenário de instabilização sob a condição não-drenada, com $FS > 1.05$, considerando valores médios para a razão de resistência não-drenada do rejeito saturado. Em razão disso, foi emitida pela TÜV SÜD, em 12/06/2018, a DCE para a B I.

Em 20/08/2018, a TÜV SÜD entregou à VALE a primeira versão do RISR (Revisão A) da B I¹⁴⁰, cujo contrato foi assinado em 28/08/2018, isto é, em data posterior. Este documento apresentou FS igual a 1.09 para a seção 4-4, para a condição não drenada, o mesmo informado na RPSB, entregue em 20/05/2018. Também citando o texto de Leshchinsky e Ambauen (2015), concluiu pela segurança da B I com FS igual a 1.09. Nova DCE da B I foi emitida em 01/09/2018.

¹³⁸POTAMOS/TÜV SÜD. Análise da probabilidade de ruptura da barragem B I, 20/11/2017.

¹³⁹TÜV SÜD. Revisão Periódica de Segurança de Barragem – Barragem I (revisão 1), 20/05/2018.

¹⁴⁰TÜV SÜD. Relatório de Inspeção de Segurança Regular da B I (revisão A), 20/08/2018.

De fevereiro de 2017 até o rompimento da B I em janeiro de 2019, ocorreu um aprofundamento da relação empresarial da VALE e da TÜV SÜD, que realizou diversas análises, estudos e declarações de estabilidade relativas à B I, tanto na função de Consultoria Interna quanto na posição de Auditoria Externa. O valor total de serviços de consultoria contratados neste período poderia chegar a R\$ 21.187.681,68. Já para serviços de auditoria de barragens o valor chegaria a R\$ 2.650.447,44 para emissão de RPSB e respectivas DCE, e R\$ 95.109,78 para emissão do RISR da B I e sua respectiva DCE.

O eng.º Makoto Namba (TÜV SÜD) recebeu, em 11/04/2018, uma sequência de áudios enviados por *WhatsApp* pelo eng.º Marlísio Cecílio (TÜV SÜD), tratando das reuniões entre as equipes técnicas TÜV SÜD e VALE sobre as análises de estabilidade da BI e de outras barragens. O MPMG entendeu que foi exercida pressão dos eng.º Washington Pirete e Felipe Rocha (VALE) para ampliar o acervo contratual da TÜV SÜD visando “barragens com sensibilidade, com FS baixo”. Em áudios, Marlísio reportou que os funcionários da VALE insistiram que a TÜV SÜD poderia fazer “aquela análise que você está fazendo para a B1 [...] também para Forquilhas I e II”, que não estavam “passando” (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020):

Como não tá passando Forquilha I e II. Pirete começou a gritar de novo ... "Vocês não estão analisando ensaio triaxial, não estão analisando Vane, só CPTu... o CPTu isso, o CPTu aquilo, dá para melhorar... dá pra... a razão de resistência é maior e não sei o que, não sei o que...". E daí a Ana Paula e eu, a gente defendendo a razão de resistência que a gente chegou a partir dos CPTu utilizando Olson. Daí eles começaram a falar assim: "Ah Marlísio, faz aquela análise que você está fazendo para a B1, a análise dos CPTus de acordo com Schnaid, faz também para Forquilhas I e II". E eu desconversando, mudava o assunto, e tal, não sei o que... Daí falaram umas cinco vezes... Daí eu falei: gente, essa questão vocês têm que tratar com o Makoto. É uma questão assim de... tudo o que foi acertado de manual VALE, procedimentos de análise, tudo isso a gente fez. Essa análise do Schnaid é uma análise nova que veio para contribuir. E pras barragens com sensibilidade, com fator de segurança baixo pra não drenada, a VALE acertou um aditivo com a TUV para fazer essas análises com uma formulação diferente, com uma metodologia diferente, a mais. Daí o Felipe interveio e confirmou isso tudo e tal. Explicou melhor essa questão contratual e de prazo e tal. E que só algumas barragens foram escolhidas para fazer essa análise. Daí ele deu a opinião dele: "Eu acho que como Forquilhas I e II tá muito... Não tá passando, mas mesmo que analise a freática e tá muito próximo do Fator de Segurança mínimo, é uma questão séria que podia ser detalhada. Então eu vou propor para a Marilene incluir essas barragens, fazer um aditivo para elas também [...]" (grifo nosso).

Em conversa por *WhatsApp*, o eng.º Makoto Namba (TÜV SÜD) comentou com o eng.º Arsênio Negro Júnior (TÜV SÜD) sobre conversa que manteve com o representante alemão Chris-Peter Meier (TÜV SÜD), deixando claro o conhecimento e consciência da “Corporação” sobre a mudança (ou duplicidade) de posição de Auditora Interna para Consultoria Interna e suas consequências para a responsabilização da TÜV SÜD. Ao ser

questionado por Arsênio sobre “Como foi com Chris”, Makoto respondeu que “falou que o *As Is* tinha muito risco porque vamos fazer investigações e análises de estabilidade. Portanto, se a barragem romper seria responsabilidade nossa!”. Na execução da consultoria interna, a atividade da TÜV SÜD se igualou à atividade do próprio corpo técnico da VALE para a GRG (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020).

A sequência de e-mails em maio de 2018, circulados entre representantes da TÜV SÜD, com o assunto "Declaração de Estabilidade – Barragem I – Córrego do Feijão", revelou em parte o conflito de interesses vivido pela empresa(op. cit., 2020):

Assunto: Declaração de Estabilidade – Barragem I – Córrego do Feijão			
Data:	De:	Para:	Cc:
13/05/2018	MAKOTO NAMBA	Arsênio Negro Júnior	Vinicius Wedekin Barbara Chiodeto Marlísio Cecílio

Arsenio,
O Marlísio está terminando os estudos de liquefação da Barragem I do Córrego do Feijão, mas tudo indica que não passará, o risco de rompimento é grande, fator de segurança para a seção de maior altura será inferior ao mínimo de 1.3.
Dessa maneira, a rigor, não podemos assinar a Declaração da Condição de Estabilidade da barragem, que tem como consequência, a paralisação imediata de todas as atividades da Mina Córrego do Feijão.
O coordenador Felipe ligou na sexta-feira passada para saber como andavam os estudos, e sabendo da possibilidade da Barragem I não passar, devido ao risco de rompimento, comentou que todos os esforços serão feitos para aumentar o fator de segurança, como o rebaixamento do lençol freático, a remineração do rejeito, etc.
Mas são todas soluções de longo prazo, que levarão pelo menos 2 a 3 anos para surtir o efeito desejado.
Disse ainda que a Barragem Forquilha III, que está sendo estudada pela VOGBR, não está passando, mas que a empresa irá assinar a DCE com base nas mesmas promessas de intervenções de melhoria.
Amanhã à tarde teremos a reunião com a VALE, onde estarão presentes a Marilene, o César Grandchamp, que irão nos questionar se vamos assinar ou não.
A primeira resposta que será dada é que os estudos ainda serão auditados pelo Leandro Moura, portanto, os resultados mostrados não são definitivos. O próprio estudo do Marlísio ainda não é definitivo.
Mas como sempre, a VALE irá nos jogar contra a parede e perguntar: e se não passar, irão assinar ou não?
Para isso, teremos que ter a resposta da Corporação, com base nas nossas posições técnicas. Não para amanhã, mas precisamos discutir internamente, com urgência.
MN (grifo nosso).

Em depoimento à CPI Bruma, em 04/06/2019, o Sr. César Grandchamp, citado no e-mail de 13/05/2018, informou que não se lembra ter participado de reunião com os representantes da TÜV SÜD em 14/05/2018. Continuaram os e-mails em 14/05/2018 (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019):

Data:	De:	Para:	Cc:
14/05/2018	Makoto Namba	Vinicius Wedekin Arsênio Negro Júnior	André Yassuda Marlísio Cecílio Bárbara Chiodeto

Os resultados definitivos deverão sair só no final de semana. Além disso precisamos também da opinião do Leandro Moura.
Concordo com o Vinicius que, para passar para o CM (CHRIS-PETER MEIER), será melhor termos os resultados finais em mãos.
MN

Data:	De:	Para:	Cc:
14/05/2018	Arsênio Negro Júnior	Makoto Namba Vinicius Wedekin	André Yassuda Marlísio Cecílio
Marquem a reunião com o Chris para a sexta-feira de manhã avisando-o antes da pauta.			

Data:	De:	Para:	Cc:
14/05/2018	Arsênio Negro Júnior	Makoto Namba Vinicius Wedekin	André Yassuda Marlísio Cecílio Bárbara Chiodeto
Não espere muito do Leandro pois acho que não é a praia dele. Acho importante definir com CM (CHRIS-PETER MEIER) nesta vinda dele, <u>com risco da VALE usar o <i>As Is</i> como black mail (grifo nosso).</u>			

Na mensagem abaixo Arsênio Negro Júnior temeu pela posição técnica que a TÜV SÜD adotou para avaliar a liquefação da B I:

Data:	De:	Para:	Cc:
15/05/2018	Arsênio Negro Júnior	Vinicius Wedekin	Makoto Namba André Yassuda Marlísio Cecílio Bárbara Chiodeto
Eu entendo bem mas o tempo está contra nós. Além disso, <u>temo que não teremos uma posição técnica definitiva tendo em conta o método que usamos para avaliar a liquefação (grifo nosso).</u>			

As mensagens que se seguem trataram da relação contratual da VALE com a TÜV SÜD e com a POTAMOS, empresas parceiras no contrato assinado em 24/02/2017, para elaborar estudos para a gestão de riscos de 13 barragens. Foram expostos motivos que levaram a VALE a excluir a POTAMOS da análise da B I e a manter a TÜV SÜD:

Data:	De:	Para:	Cc:
15/05/2018	Vinicius Wedekin	Arsênio Negro Júnior	Makoto Namba Cecílio Marlício André Yassuda Barbara Chiodeto
<p>Outra dúvida que o Marcelo levantou para mim, depois da conversa dele com o Salvoni, foi com relação à nossa parceria/consórcio com a Potamos.</p> <p><u>Qual a vantagem de aceitarmos revisar uma análise da nossa consorciada?</u></p> <p><u>Como fica a credibilidade dos resultados? Sempre que não passar a VALE vai envolver uma outra empresa, até ter um resultado benéfico para ela?</u></p> <p>Aleguei não ter detalhes, mas oportunamente terei que justificar.</p> <p>VMW (grifo nosso)</p>			
Data:	De:	Para:	Cc:
15/05/2018	Barbara Chiodeto	Vinicius Wedekin	Makoto Namba, Arsênio Negro Júnior, Cecílio Marlício, André Yassuda
<p>Esclarecendo:</p> <p>Temos 3 contratos com a VALE(assinados em 2017), sendo que somos sócios da Potamos em dois deles (VAL108/109), perfazendo 25 barragens, no escopo da GRG.</p> <p>Além disso, em 2016 fomos subcontratados da Potamos no contrato VAL105, onde respondemos pela geotecnia de 7 barragens, também no escopo da GRG.</p> <p>No pacote VAL108/109 fizemos um acordo com a Potamos, com anuência da VALE, para troca de conhecimento: faríamos o dam break de algumas estruturas e a Potamos a geotecnia de um grupo de</p>			

barragens, que inclui a B I Córrego do Feijão.

O terceiro contrato ativo (VAL110), cujo escopo é a Revisão Periódica e Classificação das barragens, cujos trabalhos são desenvolvidos somente pela BUREAU, com input dos que estão sendo realizados no âmbito da GRG, perfaz 7 + 12 + 13 barragens = 32 barragens.

No decorrer dos trabalhos da GRG, a Potamos entendeu que não seria escopo algumas análises necessárias para input ao contrato VAL110, solicitando à VALE aditivo ao contrato da GRG.

Essa reunião, da qual não participamos, gerou descontentamento por parte da Marilene, que solicitou à Bureau o aditivo e a realização dessas análises complementares no âmbito do contrato VAL110, sem a participação da Potamos.

A proposta do aditivo (anexa) já foi aprovada pela área técnica e está sendo efetivada pelo setor de suprimentos da VALE, assim como outro aditivo, de um grupo de barragens pelo qual somos os responsáveis no âmbito da GRG, sem envolvimento da Potamos (Forquilha I e II na Mina de Fábrica).

BC (grifo nosso).

Data:
15/05/2018

De:
Arsênio Negro Júnior

Para:
Vinicius Wedekin

Cc:
Makoto Namba, Cecílio
Marlício, André Yassuda,
Barbara Chiodeto

Acho que não é bem assim Vinicius, o problema é mais complexo.

Olhando de fora vejo que a Potamos, empresa que sempre foi muito prestigiada pela VALE pelo seu conhecimento técnico em hidrologia, resolveu entrar em área nova e deixou de oferecer ao cliente a segurança que antes ofereciam.

Mostraram medo e indecisão. Tiveram a infelicidade de contratar um consultor para esta nova área criado numa redoma de vidro de segurança e conservadorismo (THEMAG) e pouco jogo de cintura. Complicou a situação perceberem que um dos executivos da Potamos possui alguns desvios éticos.

Resolveram descartar o fornecedor e isto pode ser para nós uma oportunidade, se a corporação entender isto como oportunidade. Temo que não.

Como é área pouco desenvolvida (liquefação) creio que há campo para grandes desenvolvimentos, técnicos e comerciais e, portanto, dá para jogar.

Mas como disse, minha visão é de fora. As visões do Makoto e do Marlísio devem ser mais acuradas que a minha e poderão melhor esclarecer (grifo nosso).

Data:
15/05/2018

De:
Makoto Namba

Para:
Vinicius Wedekin
Arsênio Negro Júnior

Cc:
Cecílio Marlício, André
Yassuda, Barbara Chiodeto

Vinicius,

Como já comentado pela Barbara, houve uma troca de escopo com a Potamos, mas a responsabilidade de geotecnia, perante a VALE, continuou conosco, assim como a responsabilidade pelo Dam Break continuou com a Potamos. A VALE sempre cobrou essa responsabilidade da Bureau e da Potamos, dizendo que as empresas precisavam revisar e assumir o que a outra fez.

No caso da Barragem I, assim como na Barragem Sul Superior, houve necessidade de aditivo, para estudos complementares de liquefação. A Potamos deu um preço muito alto, dizendo que era inegociável, e que não garantiria os resultados obtidos. Mostraram uma postura muito arrogante, o que enfureceu a VALE, e tirou o serviço da Potamos e passou para a Bureau.

O Marlísio já conseguiu grandes avanços na interpretação dos ensaios in situ da Barragem I, mostrando que grande parte do rejeito é não-suscetível à liquefação.

Agora precisamos nos reunir internamente para analisar se, com esses resultados, podemos assinar a DCE.

Entretanto, o Marlísio ainda precisa de alguns dias para fazer o tratamento estatístico dos resultados.

MN (grifo nosso).

Em 30 de maio de 2018, através do aplicativo *WhatsApp*, o eng.º Makoto Namba antecipou para o eng.º Felipe Rocha (VALE) os valores de FS que foram encontrados nos cálculos para a B I, lamentando não ter passado valores melhores de acordo com o Quadro 17(MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020):

Quadro 17 - Mensagens trocadas por Makoto Namba e Felipe Rocha em 30/05/2018

Conversa por <i>WhatsApp</i>		
Data	Interlocutor	Mensagem
30/05/2018 19:40:11 (UTC-3)	Makoto Namba	Felipe, chegamos aos seguintes valores de fator de segurança, para RR = 0.26: seção 2: 1.22; seção 3: 1.18; seção 4: 1.09. Para a seção 4, que não tem nenhum CPTu, vamos fazer recomendações para execução de mais investigações.
30/05/2018 20:11:45 (UTC-3)	Felipe Rocha	Obrigado Makoto
30/05/2018 20:14:11 (UTC-3)	Makoto Namba	Imagina. <u>Queria ter passado valores melhores, mas foi o que deu. Mas o importante é que o FS, daqui para a frente, só tende a melhorar.</u> Abraço!
30/05/2018 20:43:56 (UTC-3)	Felipe Rocha	Abraço. <u>Tenho certeza que vai melhorar. (grifo nosso)</u>

Fonte: Ministério Público de Minas Gerais, 2020.

A auditoria para emissão do RISR da B I estava sendo realizada pela empresa TRACTEBEL, tendo sido emitidos os documentos em setembro de 2017 e março de 2018 e, posteriormente, as respectivas DCE.

A eng.^a Ana Lúcia Yoda (TRACTEBEL), em declaração à fiscalização do trabalho, informou que, para a emissão do RISR de setembro de 2018, fez na B I uma inspeção em maio de 2018. Quando chegaram à barragem, estavam sendo executados DHP. Ana Lúcia questionou que a TRACTEBEL não havia sido comunicada sobre estes drenos, embora ainda estivesse "em vigor" o laudo de estabilidade anterior (março de 2018). Em junho de 2018, a TRACTEBEL recebeu a RPSB da B I elaborada por TÜV SÜD, apresentando uma das seções FS igual a 1.09. Eles questionaram a VALE, dizendo que não trabalhavam com FS de 1.09 e que precisavam entender melhor como a TÜV SÜD havia chegado ao valor. Neste ponto a VALE, por meio do eng.^o Washington Piretti, comunicou à TRACTEBEL que achava melhor que a TÜV SÜD, que já tinha todos os dados, continuasse a auditoria (BRASIL, 2019a).

Excluída a TRACTEBEL, a VALE contratou a TÜV SÜD para elaborar o RISR de setembro de 2018 para posterior emissão da DCE, o que difere da prática corporativa da VALE de selecionar e contratar estudos técnicos de empresas terceirizadas por "lotes" de barragens. A visita de campo na BI pela equipe da TÜV SÜD (20/07/2018) para coleta de dados e a emissão inicial do laudo (20/08/2018) teria ocorrido antes mesmo da celebração do contrato (28/08/2018). O contrato de complexa auditoria foi celebrado apenas quatro dias antes da emissão da DCE, que ocorreu em 01/09/2018 (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020).

No relatório final da CPI-SF, o Sr. Gerd Peter Poppinga, Diretor Executivo de Ferrosos e Carvão da VALE, foi questionado se houve um possível conflito de interesses (SENADO FEDERAL, 2019). Indagado pelo Senador Carlos Viana a respeito do atual

modelo de fiscalização, no qual cabe à empresa de mineração escolher a empresa que irá fazer a auditoria e emitir o laudo de estabilidade, afirmou Poppinga:

Excelência, primeiramente, eu acho que os órgãos de fiscalização, como a ANM, por exemplo, são muito competentes. Agora, vamos também admitir e vamos dizer também que faltam alguns recursos para esses órgãos, para fiscalizar de uma forma mais rotineira. São poucos os recursos que eles têm. Eu acho que essa fiscalização tinha que se dar de uma forma diferente. Acho que não só basta a empresa apresentar alguma coisa, um auditor independente atestar alguma coisa, mas tinha que se verificar se há conflito de interesse, porque uma das suspeitas é que houve conflito de interesse (grifo nosso).

Indagado pelo Senador Randolfê Rodrigues a respeito de qual seria este conflito de interesses, o Sr. Poppinga prosseguiu (op. cit.):

Excelência, foi constatado que a TÜV SÜD, que estava auditando as nossas barragens, simultaneamente estava também trabalhando em outros serviços na empresa, o que pode ser conflito de interesses. Então, nesse sentido, eu acho que deveria haver regras que evitassem essas situações (grifo nosso).

6.9.12.2 A atuação da Geoconsultoria

A empresa Geoconsultoria elaborou o projeto dos dois últimos alteamentos para a B I. Emitiu uma série de relatórios técnicos para a VALE após 2016, inclusive o "Estudo de liquefação e análise de estabilidades", documento VL47-RT-04-Revisão 1, apresentando FS abaixo de 1.3 para situação não drenada e com razões de resistência não drenada de pico $[Su(\text{pico})/\sigma'_{v0}]$ de 0.23, 0.25 e 0.30 (BRASIL, 2019a).

Já quando da elaboração do RISR de 2016, a Geoconsultoria¹⁴¹ apresentou outra versão para os fatos:

Adotando-se o critério proposto no relatório "Geoconsultoria-Vale Dam Forquilha III Memorandum", escrito pelo consultor Scott Olson, da Universidade de Illinois/US, a envoltória de resistência média dos rejeitos é de 0.36 e representa a média ponderada entre os ensaios de campo e de laboratório [Triaxial], dando-se maior "peso" (2/3) aos dados obtidos através dos ensaios de campo [CPTu, SPT], principalmente em função da maior quantidade disponível.

Paulo Abrão disponibilizou à SRT/MG um memorando emitido por Olson¹⁴² em 08/06/2016. Apesar de não podermos afirmar que se trata do mesmo memorando, Olson não informou no documento, quando se referiu à B I, nada sobre fazer uma média ponderada entre ensaios de campo e ensaios de laboratório. Pelo contrário, ele entendeu que era melhor

¹⁴¹GEOCONSULTORIA, 2016. Relatório de inspeção de segurança regular, VL-55-RT-05, 30/08/2016.

¹⁴²OLSON, S. Draft Memorandum. Observations from tailings dam site visits and recommendations for liquefaction analysis of tailings dams and dikes. 08 julho 2016.

calcular a razão de resistência de pico sem fazer uso dos resultados dos testes triaxiais até então obtidos.

Passando então a adotar uma razão de resistência de 0.36 para os rejeitos, a Geoconsultoria consegue obter FS de 1.3 para resistência de pico, condição não drenada. Não é informado no documento para qual seção da barragem foi executado o cálculo (BRASIL, 2019a).

Em 21/03/2018, a Geoconsultoria participou de reunião na VALE para reavaliar o cálculo do FS da B I para a condição não drenada. Nesta reunião estiveram presentes: Washington Pirete, Felipe Figueiredo, Daniel Pena Ramos, Ricardo Leão, Daniel Bastos, Cristina Malheiros, Andrea Dornas, João Paulo Silva, Wilson Lugão e Armando Mangolim (VALE); Regina Moreti, Albano, Andrea e Rodrigo (POTAMOS); Makoto Namba e Marlisio (TÜV SÜD); Ricardo Bush, Adalberto e Paulo Abrão (Geoconsultoria); e os professores em geotecnia André Assis e Fernando Schnaid (COMITÊ INDEPENDENTE DE ASSESSORAMENTO EXTRAORDINÁRIO DE APURAÇÃO, 2020, p. 39 e 41; MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 140; VALE¹⁴³).

Como o FS calculado pelo Consórcio POTAMOS/TÜV SÜD era de 1.09 e inferior ao mínimo de 1.3 para a condição não drenada, o Prof. Schnaid utilizou como argumento que poderiam ser utilizados também os resultados dos ensaios *vane test* e triaxial para o cálculo da razão de resistência não drenada, exatamente como fez a Geoconsultoria no RISR de 2016.

Como resultado desta reunião, o eng.º Washington Pirete¹⁴³ enviou mensagem eletrônica para os participantes em 22/03/2018, com as seguintes tarefas para a POTAMOS e empregados da VALE:

Demandas, oportunidades de melhorias e reavaliações a serem incorporadas no Estudo de Revisão Periódica da Barragem I da Mina de Feijão após apresentação do Prof. Fernando Schnaid.

POTAMOS

1. Realizar uma reinterpretação dos ensaios de cone (CPTU's) para determinar as camadas drenadas e não drenadas nas seções de análise (revisão do modelo com a setorização das camadas com comportamento drenado e não drenado);
2. Reavaliar o parâmetro de resistência não drenada considerando os ensaios triaxiais sem inconformidades;
3. Reavaliar/atualizar o nível de água na seção de análise considerando apenas os piezômetros para condição não drenada.

VALE

1. Preparar a planta com a locação de todos os CPTU's da barragem I Feijão – Pirete – 29/03/18;
 2. Enviar apresentação e relatório da Geoconsultoria e do Prof. Schnaid – Pirete – 29/03/18;
- Continua.

¹⁴³VALE. Mensagens eletrônicas trocadas entre o eng.º Washington Piretti e os participantes da reunião ocorrida em 21/03/2018.

Continuação.

3. Reunir com a Potamos para fechar o plano de ensaios de laboratório – Cristina, João Paulo, Pirete e Daniel Pena – A definir com a Potamos;
4. Enviar as orientações do Painel de Especialista com relação aos estudos para condição não drenada – Felipe Figueiredo – 26/03/2018;
5. Atualizar as leituras dos piezômetros e avaliação VALE da interpretação do nível de água nas seções de análise – 29/03/2018.

Apesar da reunião, POTAMOS/TÜV SÜD não aceitaram os argumentos da Geoconsultoria e do Prof. Schnaid e mantiveram o FS de 1.09 para a condição não drenada, valor que constou da RPSB de 2017 (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 140; VALE¹⁴³).

Em relação à atuação da Geoconsultoria, posicionou-se assim o CIAEA (2020, p. 41):

Embora o PIESEM tenha feito recomendação em sentido contrário à metodologia adotada pela Geoconsultoria para o cálculo de razão de resistência, a Geoconsultoria foi, posteriormente, utilizada para auxiliar em "contra-argumentação" sobre o mesmo tema, para defender a adoção de resistência com metodologia contrária àquela que acabara de ser recomendada pelo PIESEM e estava sendo adotada pela Potamos e TÜV SÜD para realização de estudos relacionados à B 1. O objetivo da contra-argumentação era aumentar o fator de segurança calculado para a B 1, tendo em vista o prazo para emissão da DCE da RPSB a vencer em junho de 2018.

6.9.12.3 Atuação de órgãos reguladores em outras empresas

Para fazermos um comparativo com o caso VALE, apontaremos três órgãos reguladores e a atuação dos mesmos em empresas nas quais ocorreram desastres industriais.

6.9.12.3.1 A atuação do regulador da aviação comercial americana

Nos EUA, a *Federal Aviation Administration* (FAA) é a responsável pela segurança da aviação comercial. Segundo a página eletrônica da FAA: “Nossa missão contínua é fornecer o mais seguro, o mais eficiente sistema aeroespacial no mundo”. A garantia de uma aeronave segura pode ser verificada através de um inspetor da FAA ou de um representante autorizado (AR) pela agência.

Segundo a investigação desenvolvida pelo U.S. Committee on Transportation and Infrastructure (USCTI, 2020), os acidentes com os aviões modelo 737 MAX da BOEING mostraram que a FAA deveria desenvolver uma estrutura de certificação e supervisão mais agressiva para garantir projetos de aeronaves seguros.

O USCTI (2020) descobriu que a estrutura de supervisão da FAA em relação à Boeing criou conflitos de interesse inerentes que colocaram em risco a segurança do público. Em vários casos, Representantes Autorizados (AR) da Boeing – funcionários da Boeing que recebem permissão especial para representar os interesses da FAA e agir em nome da agência na validação de sistemas de aeronaves e conformidade dos projetos com os requisitos da FAA - não divulgaram informações importantes à agência governamental que poderiam ter aumentado a segurança da aeronave 737 MAX. Em 2016, um AR levantou preocupações internamente, mas não as transmitiu para a FAA, o que poderia ter resultado em mudanças de projeto adequadas. Algumas das questões levantadas pelo AR foram a ativação repetitiva do MCAS e o impacto de dados defeituosos do dispositivo de ângulo de ataque no MCAS. Assim manifestou-se o USCTI em relação à atuação dos AR:

A delegação excessiva da FAA para a Boeing corroeu as capacidades de supervisão da FAA.

[...]

Em um caso, em 2013, um AR concordou com a decisão de não enfatizar o MCAS como uma “nova função” por causa dos temores da Boeing de que isso aumentaria “custos” e levaria a “um maior impacto de certificação e treinamento” no programa 737 MAX. O Comitê não obteve evidências de que o AR tenha compartilhado essas informações com a FAA (op. cit., p. 15).

[...]

Interesses corporativos da Boeing muitas vezes influenciaram as ações dos AR e apresentaram barreiras para melhorar a segurança da aviação em benefício do público. Esses AR precisam ter, e sabem que têm, amplo espaço e canais claros de comunicação com a FAA para que possam levantar preocupações de segurança e trabalhar em conjunto com o FAA para ajudar a resolver essas preocupações. Este relatório mostrou que esta não é atualmente a caso (op. cit., p. 233).

6.9.12.3.2 A atuação dos reguladores da NASA

A NASA possuía como regulador externo de suas atividades o *Aerospace Safety Advisory Panel* (ASAP). Nove especialistas externos, líderes da indústria aeroespacial, foram contratados pela NASA durante um período de seis anos. O trabalho era avaliar a segurança dos componentes técnicos e gerenciamento dos mesmos. Eles conduziam inspeções nos centros da NASA e nas fábricas dos contratados. Eles tentavam negociar itens de segurança no nível mais baixo possível e quando isso não era possível, levavam a questão para um nível superior (VAUGHAN, 2016).

Contudo, a comissão presidencial que investigou o acidente não conseguiu identificar nos relatórios anuais do ASAP qualquer indicação sobre problemas dos anéis nas juntas do SRB. Como trabalhava apenas 30 dias por ano, o ASAP tinha problemas para cobrir todos os aspectos de segurança na vastidão da NASA e em seus contratados. Além disso, era exigido

do painel que ele investigasse questões levantadas pelo administrador da NASA, pelo diretor da equipe, que era um empregado da NASA, e pelo Congresso Americano. O ASAP teve então reduzida sua capacidade independente de verificação dos itens de segurança (op. cit.).

Dois reguladores internos trabalhavam na NASA. O Safety, Reliability and Quality Assurance (SR&QA) não conseguiu tornar visíveis os problemas com o ônibus espacial. Segundo o comitê presidencial de investigação, o SR&QA era dependente de recursos financeiros da NASA e teve o seu quadro de funcionários cortado em 71% de 1970 até a queda da Challenger. O segundo regulador foi o Space Shuttle Crew Safety Panel (SSCSP), que trabalhou somente na fase de desenvolvimento do ônibus entre 1974 e 1979. Apesar dos primeiros problemas com os anéis das juntas terem sido identificados em 1977, eles nunca foram discutidos nas 26 reuniões conduzidas pelo painel.

6.9.12.3.3 A atuação do regulador da indústria de petróleo americana

O órgão regulador da indústria de petróleo nos EUA era identificado como Serviço de Gestão de Minerais (Minerals Management Service – MMS). A efetividade do MMS como um regulador de segurança esteve severamente comprometida por um conflito de interesses fundamental. Ele era encarregado não apenas de assegurar a conformidade com as regulamentações de segurança e ambiente, mas também com a venda de concessões e a cobrança de receitas (HOPKINS, 2022).

Para que os órgãos reguladores funcionem efetivamente, eles precisam de independência, precisam estar isolados do processo político. A Comissão Presidencial que avaliou o desastre industrial na plataforma Deepwater Horizon, no poço de Macondo, capturou isso no seguinte comentário:

A raiz do problema tem [...] sido que os líderes políticos tanto no Poder Executivo como no Congresso falharam em garantir que os reguladores técnicos das agências tivessem os recursos necessários para exercer a autoridade [do governo], incluindo pessoal e conhecimento técnico, e, não menos importante, a autonomia política necessária para superar os poderosos interesses comerciais que se opuseram a uma regulamentação de segurança mais rigorosa (op. cit., p. 185).

Outro ponto levantado por Hopkins (op. cit.) foi da interferência política quando o MMS tentou estabelecer que as normas prescritivas detalhadas elaboradas por ele não eram suficientes para garantir a segurança nas indústrias perigosas. Era necessário, além das normas, que as próprias empresas assumissem a responsabilidade de identificar os riscos específicos que elas enfrentavam e que fossem criadas maneiras adequadas em lidar com tais

riscos. A proposta era que fossem desenvolvidos “planos de gestão ambiental e de segurança” pelas empresas.

O que aconteceu a seguir foi bem descrito pela Comissão Presidencial:

Os esforços da agência de adotar um regime regulatório de segurança baseado no risco, mais rigoroso e efetivo, foram repetidamente revisitados, refinados, atrasados e bloqueados alternadamente pela indústria ou por designados políticos céticos. O MMS, assim, nunca conseguiu a reforma de sua supervisão regulatória de segurança de perfuração, em consonância com as práticas que a maioria dos outros países havia adotado décadas antes (op. cit., p. 186).

6.9.12.4 Discussões

Segundo Vaughan (2016), reguladores externos podem tornar-se interdependentes com a organização regulada. Quando isso acontece, o verdadeiro contraditório tende a se perder, resultando em barganha e compromisso que nem sempre resulta em resolução efetiva. Um tipo de interdependência é quando regulador e regulado compartilham uma meta ou interesses: quando a boa ou má sorte acontece para um, o bem estar do outro é similarmente afetado. Nesta situação, atividades regulatórias e resultados podem ser suavizados. Também a troca de recursos pode mediar a vantagem contraditória que os reguladores externos têm.

No caso VALE, não se tratou de um regulador estatal, mas sim de uma empresa auditora contratada para emitir relatórios técnicos por obrigações contidas em norma estadual e federal, já que os órgãos reguladores não emitem tais documentos ou não fazem a conferência de seus resultados. Podemos dizer que a empresa auditora substituiu o órgão regulador quando emitiu esses documentos.

Apontou o CIAEA (2020, p. 49) que a GGC contratava as mesmas empresas para a realização de auditorias/certificação de segurança de barragens e para a prestação de outros serviços, com impactos relevantes referentes à independência das mesmas. Estes fatores, combinados com as características culturais e organizacionais da VALE, incluindo o foco e a prioridade na busca por atendimento meramente regulatório e na obtenção de DCEs, podem ter afetado, em alguma extensão, a efetividade e a objetividade das auditorias externas de barragens como mecanismo de gestão de segurança do risco.

Verifica-se que a VALE, diante de uma série de fatos que ocorreram após dezembro de 2017, descartou a empresa POTAMOS e a empresa TRACTEBEL de atividades relacionadas à B I. Passou a TÜV SÜD a atuar sozinha em relação à B I, seja como consultora interna ou auditora externa, caracterizando o conflito de interesses.

Percebe-se nas inúmeras mensagens trocadas entre funcionários da TÜV SÜD que o interesse comercial estava se sobrepondo ao interesse técnico. O negócio entre TÜV SÜD e VALE virou um complexo "jogo de cartas". Isso ficou bem caracterizado em trecho da mensagem enviada pelo eng.º Arsênio Negro Junior aos seus colegas em 15/05/2018: "Como é área pouco desenvolvida (liquefação) creio que há campo para grandes desenvolvimentos, técnicos e comerciais e, portanto, dá para jogar".

Sobre o conflito de interesses na VALE, manifestou-se Kokke (2020):

As falhas de mercado podem dar aberturas para práticas corrosivas que levem a enlacs e naturalização de padrões de condução internos entre as organizações pelos quais haja emissão de declarações de estabilidade comprometidas, assim como pela emissão de laudos inverídicos quanto ao real estado da barragem de mineração. A pessoa jurídica empreendedora poderá, inclusive por posturas naturalizadas de pressão econômica que passam ao desperceber dos agentes, utilizar de instrumentos ou manejos de constrangimento que lhe proporcionem declarações favoráveis indevidas. O empreendedor e seu contratado podem emergir em uma sistemática de cultura negativa em que o risco é posto em segundo plano em face de ganhos econômicos.

[...] a pessoa jurídica privada empreendedora, a responsável pela barragem de mineração, procede à promessa, oferecimento ou concessão, direta ou indireta, de benefícios indevidos à pessoa jurídica privada responsável pela inspeção, com o objetivo de lograr declaração ou laudo favoráveis aos seus intentos empresariais.

Quanto à empresa responsável pela vistoria, entende Kokke (op. cit.) que:

No âmbito interno, as posturas negativas e malsinadas podem passar por uma maquinação de silenciamento institucional em desfavor de vozes dissonantes. A postura mina o sistema regulatório como um todo, com a proclamação implícita de falta de imparcialidade ou altivez técnica na elaboração dos laudos, resultando em perda de verossimilhança dos registros e do próprio sistema.

A atividade de auditoria da B I, contrato de R\$ 95.109,78, ficou profundamente comprometida e indevidamente enviesada pela posição simultaneamente ocupada pela TÜV SÜD de orientação geotécnica direta em relação à B I e a outras barragens, referente a contratos que poderiam totalizar cerca de R\$ 21 mi.

Se a B I não tivesse a DCE emitida pela TÜV SÜD em junho e em setembro de 2018, poderia a barragem ser colocada em nível de emergência e, talvez, todo o trabalho desenvolvido a jusante da mesma fosse interrompido. Neste caso, as atividades realizadas na ITM, em escritórios, nas oficinas de manutenção, no almoxarifado, no refeitório e na estação ferroviária para transporte de minério seriam paralisadas.

Tal fato ocasionaria a interrupção da produção de minério de ferro na mina do Córrego do Feijão e também na mina de Jangada, pois o minério extraído nesta era processado naquela. Esta paralisação não seria bem aceita pela VALE e, conseqüentemente, a TÜV SÜD poderia perder a confiança da contratante para desenvolver novos projetos. Além

disso, a paralisação das atividades na mina do Córrego do Feijão poderia chamar a atenção dos órgãos ambientais estaduais e prejudicar a liberação da licença ambiental requerida pela VALE para ampliação das atividades nas minas de Jangada e Córrego do Feijão, o alargamento da estrada entre as duas minas e a descaracterização da B I.

Ao mesmo entendimento chegou a Polícia Federal (2019, p. 113) em seu laudo técnico:

Como consequência da não emissão da DCE, os órgãos competentes deveriam ter sido comunicados para o acionamento tempestivo do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da Barragem I, que mesmo não sendo capaz de evitar o rompimento da estrutura, seria suficiente para reduzir, principalmente, a perda de uma quantidade tão expressiva de vidas humanas, além de reduzir danos materiais e financeiros, uma vez que o PAEBM prevê o alerta e retirada dos funcionários das instalações industriais e administrativas e das pessoas residentes na zona suscetível de ser atingida pela onda de rejeitos (dam break), localizada a jusante da Barragem I.

Já a Geoconsultoria, projetista dos dois alteamentos da B I, fez um jogo com os números para que o FS da B I, para a condição não drenada, ficasse igual ao mínimo, isto é, 1.3. Fez uso de uma razão de resistência não drenada de pico de 0.36, baseado em resultados de ensaios de campo (*vane test*) e de laboratório (triaxial) duvidosos. O valor de 0.36 estava bem acima dos valores obtidos em estudos técnicos anteriores realizados na própria barragem (SILVA, 2010), e acima da literatura técnica sobre o tema (OLSON, 2010). Os estudos técnicos foram apresentados no 2º PIESEM-I, em 16/11/2017, pela POTAMOS, painel do qual participou o eng.º Paulo Abrão, proprietário da Geoconsultoria. Como resultado disso, foi recomendado no relatório final do 2º PIESEM-I que os contratados da VALE que executavam tais ensaios passassem por treinamentos semestrais para que não houvesse mais distorções nos resultados. Paulo Abrão foi um dos que redigiram o relatório final do 2º PIESEM-I, mas mesmo assim passou a auxiliar na contra-argumentação da metodologia recomendada pelo próprio PIESEM-I e que estava sendo adotada pela Potamos e pela TÜV SÜD para o cálculo do fator de segurança da B I.

6.9.13 Deficiências na comunicação

Começaremos o tópico lembrando o trecho da mensagem através da qual a eng.^a Marilene Lopes, Gerente da GGO, comunicou ao seu superior, Alexandre Campanha, a obtenção das DCE após a entrega da RPSB (2017) em meados de 2018 (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 193):

Campanha, gostaria de informar-lhe que concluímos a RPSB das barragens de DPA Alto e 100% obtiveram as Declarações de Estabilidade (DCEs). Todas já foram cadastradas no SIGBM e, portanto, cumprimos integralmente esse marco legal da Portaria 70.389/2017.

Felizmente, obtivemos sucesso na obtenção de todas as declarações, mas gostaria de destacar que o processo de RPSB não foi um processo simples.

[...]

No entanto, é importante mencionar que algumas estruturas, a despeito do resultado, merecem atenção total, no atendimento às pertinentes recomendações dos revisores externos, visando garantir, primeiramente, a segurança das estruturas e também a obtenção da DCE na próxima Auditoria Externa (setembro/2018).

São elas:

Barragem I de Feijão: rebaixar a linha freática na estrutura e implantar as obras de descomissionamento efetivo (lavra controlada) e/ou reforçar a estrutura; [...] (grifo nosso).

Alexandre Campanha encaminhou a mensagem para Lúcio Cavalli, que, por sua vez, a encaminhou para Silmar Silva, que a remeteu a vários outros funcionários da VALE, dentre os quais, Joaquim Toledo. No encaminhamento da mensagem, Silmar Silva demonstrou o seu conhecimento acerca do risco vivenciado na B I, solicitando "atenção especial em relação às estruturas listadas abaixo pela Marilene".

Marilene Lopes, ao enviar mensagem eletrônica para Silmar Silva, Lúcio Cavalli, Joaquim Toledo e Renzo Albieri, datada de 18/10/2018, encaminhou o relatório final do 3º PIESEM-I(VALE, 2018) e fez a seguinte observação sobre a situação da B I (op. cit., p. 179, 192, 206):

2) A Barragem I (Feijão) requer mais investigação e monitoramento de campo para identificar e projetar medidas complementares mais eficientes, tais como bermas e mineração de rejeitos, caso se mostrem necessárias, a fim de reduzir o risco atual. Mas, o atual nível da superfície freática através de drenos horizontais e outras soluções de drenagem. A opinião do painel é que a mineração de rejeitos é viável, embora seja necessária uma engenharia detalhada adequada.

O Deputado Quintão questionou Marilene Lopes na CPI-ALMG sobre a mensagem (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019):

Deputado Quintão

A senhora se lembra qual seria esse risco apontado naquele momento?

Marilene Lopes

Excelência, ao final de todo painel de especialistas, eu encaminhava a todos os diretores operacionais, gerentes executivos, gerentes de áreas e geotécnicos o relatório final do painel. Minha menção no relatório é simplesmente uma tradução específica do item 9 do relatório, que é o *closing remarks*, ou seja, as conclusões do painel. Então, simplesmente, destaquei no e-mail traduzido as conclusões do painel de especialistas. Lá eles não mencionam exatamente qual é o significado desta palavra “risco”. Simplesmente fiz uma tradução do que estava no relatório do painel de especialistas.

Nos dias 12 e 13 de junho de 2018, após a fratura hidráulica quando da perfuração do 15º DHP, foram realizados intensos contatos entre Alexandre Campanha e Marilene Lopes,

sendo certo que a segunda, em áudios, noticiou expressamente ao primeiro, entre outros fatos, o seguinte (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 226):

Campanha tudo bem? Olha só, eu estive lá hoje né, fomos eu e Wagner lá e a situação lá tá controlada, assim, na minha visão foi um evento muito importante. [...] O que aconteceu lá é que o César estava perfurando para instalar os DHPs nas bermas mais de baixo da barragem próximo da seção três que é uma seção que não tem um fator de segurança acima de 1.3 para condição não drenada [...] eu vi o vídeo na verdade era muita água com rejeito na canaleta que tem do lado dessa seção, uma canaleta grande, mas é uma canaleta que também não é boa, e aí ele acionou o pessoal. Nesse momento os piezômetros também subiram, teve um piezômetro que está instalado bem profundo ele subiu 4m e teve um outro que subiu 1m [...].

O Lúcio convocou uma reunião pra amanhã às 11 horas com o Silmar. Mas a decisão que já foi tomada lá é que nós vamos desmontar essa barragem. O que a gente precisa agora é ver como nós vamos desmontar e esse processo tem que começar já, nesse momento. Sobre a questão da continuidade dos DHP's eles estão totalmente interrompidos por hora, mas a gente tem que discutir o que a gente vai fazer inclusive pra atender as recomendações da revisão periódica pra segurança dessa estrutura. A gente viu que essa é uma estrutura que de fato a gente tem que olhar com cuidado, tratar com cuidado. E aí na quinta feira quando o Paulo Abrão vier aqui a gente vai discutir com ele qual a melhor solução e vamos discutir aí né, a continuidade dos DHP's, a implantação dos poços verticais e a questão da desmontagem da barragem.

Bom Campanha, por hora é isso, amanhã depois que tiver a reunião com Silmar e Lúcio, eu te repasso se houver alguma outra decisão. O Lúcio já envolveu o Márcio Jungues e o Ivan Pena pra discutir como vai ser o aproveitamento desse material, não no sentido de aproveitamento econômico, porque não tem essa preocupação, mas só como a gente vai fazer se a gente consegue botar esse material, blendar¹⁴⁴, colocar no trem, só peneirar e colocar no trem pra blendar em algum ponto. Então o Márcio Jungues já está envolvido o Ivan Pena também, a gente amanhã vai tentar dar algum subsídio pro Ivan imaginar como é que pode ser retirado esse material de lá. Depois da reunião do Lúcio te dou mais informações do resultado da reunião [...]. Campanha, bom dia. Só pra você ficar tranquilo, com relação à retirada do material, ontem à noite eu fui conversar com o Lúcio, e eu já falei pra ele que é importante a decisão de desmontar a estrutura, mas que vai demorar muito tempo, pra não ter expectativa de que essa estrutura agente desmonta rápido, porque o processo lá vai ser muito lento. Tem que ser muito lento porque a gente não pode ter nenhum gatilho nessa estrutura. Eu já falei isso pro Lúcio, olha, pra mim é coisa assim de 2 a 5 anos. A gente não sabe exatamente o tempo, tem que fazer o projeto direitinho. É um processo muito lento mesmo. Quanto ao DHP, é importante ficar claro que o DHP é uma solução pra colocar a barragem com fator de segurança adequado. Hoje, essa barragem não passa pra liquefação. Se ele tivesse qualquer outro gatilho, poderia ser muito pior.

[...] acho que o DHP é uma solução pra colocar uma estrutura, que não tem uma condição adequada, numa condição melhor. [...]

Lá foi um processo de erosão, erosão interna, e nós terminamos a análise de risco da B1 já tá até na GRG, a probabilidade de falha para erosão interna tá no intolerável e é a maior probabilidade de falha da Barragem, porque a liquefação, apesar dos fatores de segurança para condição não drenada não atingirem 1.3, a probabilidade de acontecer um gatilho lá é muitíssimo baixa, porque a barragem tá paralisada, não tem água no reservatório, por todas essas questões que a gente já conhece. Então o que aconteceu lá na Barragem foi um processo de erosão, não teve nada de liquefação, acho importante isso também ficar claro e porque a probabilidade de falha da Barragem é maior pra erosão até do que pra liquefação, por causa da forma

¹⁴⁴É a ação de misturar minérios com características diferentes.

que a barragem foi construída, da heterogeneidade dos materiais, por causa desses vazios que existem dentro da barragem [...] (grifo nosso).

Também merece transcrição trecho de áudio enviado por Alexandre Campanha à Marilene Lopes, evidenciando o envolvimento de Lúcio Cavallino assunto (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 196):

Então eu fico te aguardando, eu até troquei umas mensagens por e-mail com Lúcio e nós temos que agora focar naquilo que a gente conversou ontem, que é fazer o projeto detalhado dessa lavra dessa barragem, inclusive eu já antecipei o assunto com Rodrigo Melo também, ele tá de bem, mas ele quer saber como é que ele faz né. Pra gente também não sair fazendo as coisas de forma desesperada e daqui a pouco provocar um gatilho na estrutura, que vai ser muito pior né [...].

Em 18/06/2018, Joaquim Toledo respondeu a Silmar Silva e a Renzo Albieri uma mensagem enviada pelo próprio Silmar Silva, que tratava da ruptura de uma barragem da mineradora Rio Tinto, no México, noticiando o seguinte (op. cit., p. 209):

De: Joaquim Toledo
 Enviada em: segunda-feira, 18 de junho de 2018 08:15
 Para: Silmar Silva <silmar.silva@vale.com>
 Cc: Renzo Albieri <renzo.albieri@vale.com>
 Assunto: RES: ruptura barragem Rio Tinto – México

Silmar,
 Não há dúvida que a nossa maior fragilidade são os alteamentos para montante. A situação se agrava quando não possuímos “As built” detalhado de todas as etapas e dos diversos proprietários. Renzo irá trabalhar fortemente, junto com a equipe da Marilene, para termos um trabalho mais ágil sobre este tipo de estruturas.
 Não há nenhum indício ou dúvida sobre a segurança destas estruturas, mas como o método foi condenado em lei, só nos resta agir no sentido de gerar estruturas de jusante ou mesmo desmontar as barragens existentes.
 Iremos marcar com você e com o Lúcio, uma reunião para demonstrar as ações tomadas em conjunto com o projetista sobre a B1.

6.9.13.1 As preocupações de um barrageiro

O Sr. Olavo Henrique Coelho, conhecido por todos como “Seu Lau”, empregado que já estava quase 40 anos trabalhando na mina do Córrego do Feijão, desde a época da FERTECO, mostrou preocupação com a integridade da B I após o evento que culminou com a fratura hidráulica em 11/06/2018, descrita no item 6.9.14.2.3. O “Seu Lau” era um autêntico “barrageiro” e homem de confiança da eng.^a Cristina Malheiros.

O filho do “Seu Lau”, eng.º Fernando Henrique Barbosa, declarou à CPIBruma (2019) que questionou o pai se ele havia falado algo para seus superiores sobre o assunto. Respondeu então o “Seu Lau”:

Falei, filho, só que o Alano [gerente da mina] falou que a Cristina [eng.^a geotécnica] tinha que comunicar, ia ter que parar as obras tudo, igual estão parando agora nos outros lugares. [...] Tem que tirar o pessoal do Córrego do Feijão, tirar o pessoal de baixo, que isso aqui vai estourar agora, daqui a 1 mês, daqui a 2 meses.

O EMP. 7 declarou em entrevista ao pesquisador sobre o “Seu Lau”: “O que falava que era estrutura ele [Seu Lau] conhecia. Ele conhecia a área toda”. O EMP. 7, ao dar carona um dia para o barrageiro, depois do dia 11/06/2018, falou para o mesmo: “O Lau, estou sentindo você triste demais ultimamente”. A resposta de Lau foi:

Oh [EMP. 7], essa barragem vai estourar! Eles adoeceram a barragem. Ela vai estourar, não tem jeito! O serviço que eles fizeram aí não tem jeito, ela vai estourar. Eu não sei quando, mas ela vai estourar. [...] Pode ser uma semana, um mês, um ano, dois anos. [...] Eu já falei com eles tudo, já falei com o Alano [gerente], já falei com o Lúcio [coordenador], já falei com o Alaércio [supervisor de infraestrutura].

6.9.13.2 Discussões

Quando analisou o desastre com o ônibus espacial Challenger, Vaughan apontou as reclamações verbais e os memorandos (memos) trocados entre engenheiros da Thiokol, fabricante do SRB, e engenheiros da NASA, como sinais fracos:

Para as pessoas internas, no tempo que elas ocorreram, estas reclamações verbais e memos não foram sinais de perigo potencial. A capacidade deles de desafiar a definição do problema do anel foi prejudicada pela sua natureza informal, o contexto social, e o fato que em todas as trocas coletivas os engenheiros que as originaram consistentemente tomaram a posição que as juntas eram um risco aceitável (VAUGHAN, 2016, p. 253, tradução nossa).

Gerentes do Centro Espacial Marshall, uma das unidades da NASA, e da Thiokol, fabricante do SRB, receberam memos de engenheiros expressando preocupação sobre os problemas do anel de vedação. Na maioria das grandes organizações, memos como forma de comunicação são um sinal fraco porque eles são informais, usualmente entre indivíduos, e sujeitos a uma tomada de decisão discricionária que não garante que eles trarão ações ou que eles atingirão os escalões superiores da organização. Memos tinham sido ainda menos eficazes na NASA que em outras organizações, pois lá procedimentos formais eram o modo de ter as coisas feitas. Muitas pessoas reconheceram a fraqueza de um memo como sinal em tal sistema, declarando que “memos não levam você a lugar nenhum”. Engenheiros da Thiokol enviaram memos declarando preocupações, mas nenhum sugeriu que os voos parassem (VAUGHAN, 2016, p. 255, tradução nossa).

Llory (1999, p. 286) apontou que as patologias da comunicação no trabalho podem atingir a maioria dos atos de trabalho:

[...] informações que permanecem bloqueadas nos relatórios, "debaixo da manga" de certos atores, informações truncadas ou distorcidas, insuficiência ou ausência de debates que fariam transparecer riscos não suspeitados, informações, avaliações sobre o trabalho que não "vem à tona", por que o pessoal de campo não ousa ou renuncia a transmiti-las, pois jamais as levam em conta.

Westrum (2004¹⁴⁵, p. 22, apud HOPKINS, 2006, p. 885) arguiu que a mais crítica questão para a segurança organizacional é o fluxo de informações. Ele dividiu a cultura organizacional das empresas em três tipos, baseado em como as informações eram processadas: patológica, burocrática e geradora.

A comunicação *bottom-up*, de baixo para cima, é particularmente difícil, sobretudo quando se trata de trazer à tona informações negativas, "más notícias", retomando a expressão anglo-saxã: disfunções, deficiências, riscos cuja correção envolveria custos elevados ou ações pesadas (LLORY, 1999, p. 286).

Conforme declarou o EMP. 1 ao pesquisador: “Se o pessoal passasse qualquer informação da barragem que ele (gerente) tinha de passar para cima em demérito ou prejuízo, esquece!”.

Vaughan (2016, p. 346) foi pelo mesmo caminho quando sugeriu que práticas de organização oficial, incluindo a resolução de problemas e regras de comunicação que reduziam a quantidade de informação que ia para o topo da administração da NASA, operaram para censurar sistematicamente o que era transmitido aos níveis superiores sobre os componentes do ônibus espacial Challenger.

O CIAEA (2020, p. 40) identificou a existência na VALE de forte cultura hierárquica e resistente à exposição de problemas aos níveis superiores.

O EMP. 6 falou sobre os problemas de comunicação dentro da empresa:

Eu trabalhei em uma empresa [...] e essa frase é famosa: ‘O portador da má notícia merece ser morto’. [...] A pessoa tem medo de levar a notícia, subir com a notícia. E eu vou levar o que o cara quer ouvir. Eu acredito sim que esse possa ser um dos ativadores de problemas de barragens. [...] A empresa tem muitas dificuldades, tinha mais, de ouvir problemas.

Não foram identificadas, entre os vários materiais pesquisados, mensagens eletrônicas entre os Diretores Silmar Silva e Lúcio Cavalli para Gerd Peter Poppinga, Diretor

¹⁴⁵WESTRUM, R.A typology of organizational cultures. Quality and Safety in Health Care 13 (Suppl II), ii22–ii27, 2004.

Executivo de Ferrosos, a fim de alertá-lo sobre os problemas recentes que haviam ocorrido com a B I, como também entre o último e o CEO Fábio Schvartsman.

Poppinga afirmou que teria tomado conhecimento a respeito das 10 barragens incluídas na zona de atenção (ALARP) em uma reunião da DE ocorrida em outubro de 2018, mas que havia na mesma apresentação uma menção expressa no sentido de que 100% das barragens tinham DCE (COMITÊ INDEPENDENTE DE ASSESSORAMENTO EXTRAORDINÁRIO DE APURAÇÃO, 2020, p. 36). Podemos inferir que ele viu a Figura 107, mas com a informação que 100% das barragens possuíam DCE emitidas. Esse é um bom exemplo de informação distorcida, isto é, existiam 10 barragens incluídas na zona de atenção (ALARP), mas que tinham a estabilidade garantida por empresas auditoras externas.

Contudo, Poppinga soube dos problemas da B I ainda em 2016, pois foi ele quem determinou em 07 de julho daquele ano que fosse interrompido o lançamento de rejeito na B I (SENADO FEDERAL, 2019, p. 203).

Os vários engenheiros e tomadores de decisão da VALE demonstraram preocupação com a fratura hidráulica ocorrida em 11/06/2018 na B I, com a necessidade de adotar medidas para tornar a estrutura mais segura, com a cautela que deveria ser realizado o descomissionamento para não causar um gatilho que levasse à liquefação. Entretanto, em nenhum momento, as pessoas manifestaram a preocupação com um rompimento iminente da B I. Ninguém usou expressões como "essa estrutura vai romper" ou "precisamos retirar as pessoas de lá". As mensagens telefônicas ou eletrônicas podem ter funcionado como sinais fracos.

“Seu Lau” atuou como lançador de alerta, conforme definiram Llory e Montmayeul (2014): “uma pessoa isolada, ou um pequeno grupo que ocupa na organização lugar privilegiado com acesso aos problemas de segurança, tenta alertar as autoridades da organização para que elas tomem decisões”

Podemos dizer que as preocupações do “Seu Lau” sobre a saúde da barragem não foram valorizadas por sua chefia. Conforme declarações de dois empregados da VALE, um deles seu próprio filho, “Seu Lau” foi o único a dizer para seus superiores que a barragem iria romper. Infelizmente, o barrageiro também faleceu na tragédia.

Outro lançador de alerta foi o e-mail anônimo recebido pelo CEO Fábio Schvartsman contendo várias críticas às operações da empresa, com o assunto “A Verdade!” (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 146). Mais uma vez a mensagem foi ignorada, inclusive havendo tentativa da empresa em encontrar quem era aquele que trazia tão más informações ao maior tomador de decisão da empresa.

A existência na VALE de forte cultura hierárquica que resistia à exposição de problemas aos níveis superiores pode ter censurado as informações que levariam à paralisação das atividades da mina do Córrego do Feijão e à realização de obras de reforço a jusante da barragem que evitariam o seu rompimento.

6.9.14 Lições não aprendidas após Mariana

Em 05/11/2015, ocorreu o rompimento da BRF, em Mariana, MG, que pertencia à Samarco S.A., uma *joint venture* entre a VALE e a anglo-australiana BHP Billiton. A BRF, cujos diques foram alteados a montante, comportava, à época, cerca de 55 milhões de metros cúbicos (Mm³) de rejeitos decorrentes do processo de beneficiamento do minério de ferro por via úmida. Com o rompimento da BRF foram liberados aproximadamente 34Mm³ de rejeitos (BOTELHO *et al.*, 2020, p. 2).

O evento foi o maior desastre ambiental do Brasil, com a massa de rejeitos percorrendo cerca de 650 km por todo o vale do rio Doce até atingir sua foz no litoral do estado do Espírito Santo. Foram atingidos cerca de 1590 ha de vegetação nas margens do Rio Doce, impactando toda a fauna e flora em seu curso. Populações de 39 municípios, de Minas Gerais e do Espírito Santo, sofreram prejuízos socioeconômicos. Quatorze trabalhadores que estavam na BRF e mais cinco moradores que viviam no distrito de Bento Rodrigues, distante 5,5 quilômetros da BRF, morreram (op. cit., p. 2).

Em maio de 2017, o novo CEO VALE discursou e lançou um lema:

Para a VALE, que é uma empresa de recursos naturais, sustentabilidade não é uma opção, mas uma obrigação. A verdadeira sustentabilidade é sobre postura e atitude. Além disso, devemos adotar juntos um lema: 'Mariana nunca mais'. Que tenha sido a última vez que essa empresa esteja envolvida direta e indireta num desastre ecológico e social da dimensão que foi Mariana. Quero ter junto com vocês o compromisso de ser referência mundial de sustentabilidade (grifo nosso) (BASÍLIO, 2019).

Menos de três anos após a posse do novo diretor-presidente, "o raio caiu duas vezes no mesmo lugar". O segundo desastre industrial no grupo VALE, não causou tantos prejuízos ambientais, mas tornou-se o maior acidente de trabalho deste país.

Vários fatores que contribuíram para o rompimento da BRF em Mariana também estiveram presentes na ruptura da Barragem B I em Brumadinho, conforme se aponta a seguir.

6.9.14.1 Disposição de rejeitos inadequada

A BRF deveria possuir, conforme seu manual de operação de 2012, uma praia mínima de 200 metros de largura (BRASIL, 2016a, p. 66), cuja função é afastar o material fino e a água sobrenadante do talude de montante do barramento. Morgenstern *et al.* (2016) demonstraram que, entre 2011 e 2012, a largura da praia em várias ocasiões não atendia ao critério de largura mínima, às vezes chegando a 60 metros da crista. Em fevereiro de 2014, a largura da praia junto à ombreira direita chegou a ser apenas de 80 metros (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2016, p.126). Em 06/10/15 a praia junto à ombreira esquerda estava com 100,54 metros. Em 14/10/15, essa praia apresentou largura de 186,95 metros e em 21/10/15 alcançou 192,99 metros (BRASIL, 2016a, p. 67).

Ressalte-se que, quanto mais perto da barragem estiver a água do lago, maior será o nível da linha freática dentro do reservatório, o que pode saturar os diques.

O projeto da BRF previu dois diques, sendo que o Dique 1 armazenaria os rejeitos arenosos e o Dique 2 conteria os rejeitos finos e a água. Por decisão da empresa, em meados de 2011, foi aberto um canal entre os dois diques (Figura 112) e os rejeitos finos deslocaram-se em direção à ombreira esquerda, posição sobre a qual, futuramente, seriam depositados rejeitos arenosos e construídos diques de alteamento. Somente em agosto de 2012 o canal foi fechado e em seguida construíram-se novos alteamentos sobre os rejeitos finos (BOTELHO *et al.*, 2020).

Figura 112 - Canal extravasor de lama que foi aberto entre o reservatório dos Diques 1 e 2 em meados de 2011



Fonte: Morgenstern *et al.*, 2016.

Sobre os rejeitos finos, que possuem partículas com granulometria de argila, com baixa permeabilidade, foram então depositadas camadas de areia subsequentes, isto é, as camadas de argila ficaram confinadas abaixo das camadas de areia.

Segundo apontado por Morgenstern *et al.* (2016, p.66 e 80), tal situação contribuiu para a liquefação da BRF, conforme apontado no relatório:

O mecanismo de extrusão lateral se desenvolve à medida que a barragem é alteada, carregando verticalmente a zona rica em lama, que tende a ser expelida ou espalhar lateralmente, como acontece quando se espreme um tubo de pasta de dente. Isso resulta em variações de tensão nas areias subjacentes, o que reduz o seu confinamento, levando ao colapso.

As camadas de argila, confinadas por baixo das camadas de areia, sofreram um processo denominado extrusão lateral e foram expelidas da mesma maneira que um creme dental é expelido quando se aperta o tubo. Este movimento das argilas alterou o comportamento das areias que se tornaram mais fofas. Como estavam saturadas, tiveram a sua resistência ao cisalhamento diminuída, o que as levou a se comportarem como um fluido, iniciando o fenômeno da liquefação.

O primeiro manual de operação da BI foi elaborado somente em 2007 e determinava uma largura de praia mínima de 150 m. Vários documentos apontavam que, em 2002 (Figura 113), 2006, 2012 e 2015, a largura da praia era inexistente ou muito inferior ao mínimo (BRASIL, 2019a).

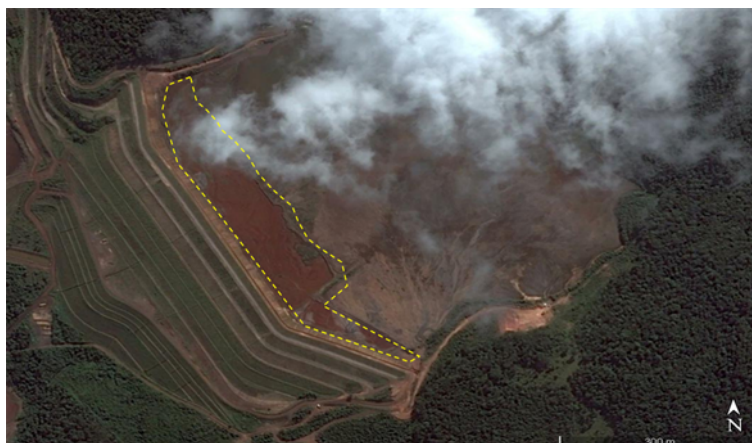
Como resultado de um lançamento equivocado de rejeitos na B I, material fino, com granulometria de argila, foi depositado junto ao barramento (Figura 114). Sobre esse material fino foram executados outros alteamentos, isto é, foram construídos diques sobre um material que tem pouca permeabilidade. Surgiram então os lençóis suspensos (ou empoleirados), quer dizer, lençóis de água sobre a camada de argila (Figura 115). Logo, toda a água que percolava pela barragem encontrava essas camadas de argila e era dirigida para os diques de alteamento, contribuindo assim para manter um maior volume de rejeitos saturados (BRASIL, 2019a).

Figura 113 - Vista da crista da I em 2002 sem existência de praia



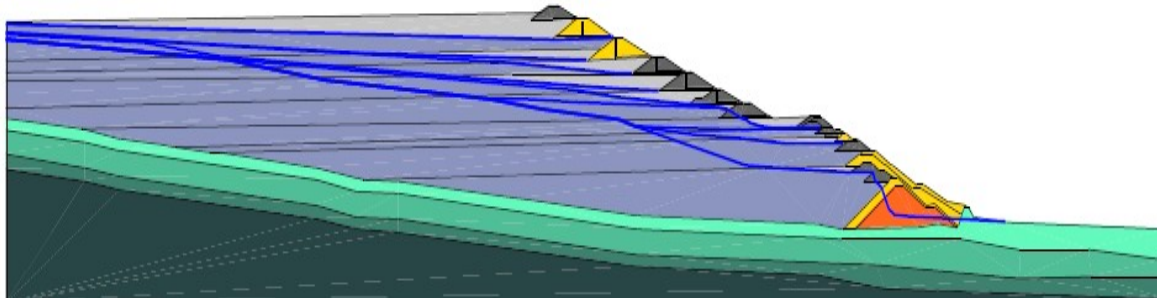
Fonte: Brasil, 2019a, p. 104.

Figura 114 - Camada de material fino lançada junto à crista da barragem B I (área tracejada amarela)



Fonte: Brasil, 2019a.

Figura 115 - Lençóis suspensos (em azul) dentro do reservatório da barragem B I



Fonte: Brasil, 2019a.

As fichas de inspeção regular (FIR), preenchidas quinzenalmente pela VALE, evidenciaram que em 2015, 79% das inspeções informaram o lançamento de rejeitos sem critério ocasionando a formação de camadas impermeáveis junto ao barramento (BRASIL, 2019a).

Vemos aqui que lançamentos equivocados de rejeito ocorreram em Mariana e em Brumadinho. Apesar de não ter sido apontada a ocorrência do fenômeno da extrusão lateral

das argilas na B I como aconteceu na BRF, verificamos que o lançamento equivocado dos rejeitos contribuiu para o rompimento das duas barragens.

Mesmo após a publicação do relatório de Morgenstern *et al.*, em agosto de 2016, apontando possíveis causas para a liquefação da BRF, a VALE não despertou para o risco elevado que trazia as barragens alteadas a montante.

6.9.14.2 Demora na adoção de novas soluções de drenagem e obras de reforço

Neste item iremos informar separadamente os problemas de drenagem existentes na BRF e a não execução de obras de reforço apontadas como necessárias pelos consultores estrangeiros. Já em relação à B I, os resultados são trazidos conjuntamente, pois a tentativa de execução de obras de drenagem na barragem para rebaixar a linha freática e aumentar o seu FS está intimamente ligada a não chamar atenção de órgãos ambientais caso as obras de reforço fossem executadas.

6.9.14.2.1 Drenagem da BRF

A BRF começou a apresentar surgências logo no 5º mês de armazenamento, remetendo a problemas de drenagem (BRASIL, 2016a).

Em abril de 2009, ocorreu um piping no talude de jusante do Dique 1. Verificou-se que os drenos de fundo da BRF estavam colmatados, sendo então completamente removidos da região de saída do talude de montante do Dique 1. Foi então construído um tapete drenante ao longo de toda a extensão da BRF (op. cit., p. 39).

Em razão de inúmeros problemas ocorridos entre 2010 e 2012, com as duas galerias de fundo existentes, decidiu-se construir um novo sistema extravasor, constituído de duas galerias em PEAD (polietileno de alta densidade), diâmetro de 1.20m. Após o término da obra do novo extravasor, a galeria principal e a secundária foram plugadas, isto é, concretadas (op. cit., p. 40).

Em janeiro de 2013, foi iniciada a construção do quarto extravasor, junto à ombreira direita. Apesar de ser chamado de quarto, haveria só dois sistemas de drenagem ativos, pois já não existiam mais a galeria principal e a secundária (op. cit., p. 40).

Havia um pequeno lago junto ao pé da Pilha de Depósitos de Estéril - PDE União, que pertencia a outra mina da VALE. Esta PDE estava junto à ombreira esquerda da BRF e não fora construído, quando do início de operação da barragem, qualquer tipo de drenagem

naquele local. Iniciou-se somente em setembro de 2013 a implantação de um sistema de drenagem no pé da PDE União, sendo a obra concluída em março de 2014 (op. cit., p. 40).

Como a Samarco pretendia elevar a crista da barragem até a El. 940m, foi executado pela empresa VOGBr um projeto de drenagem complementar interna à BRF. Seriam implantados novos drenos, da seguinte forma (op. cit., p. 40):

- a) Junto à ombreira direita: um tapete drenante na El. 890m e dreno complementar no terreno natural;
- b) Junto à ombreira esquerda: um tapete drenante na região do recuo do eixo, El. 860m, e drenos no terreno natural.

O relatório n.º 11 do ITRB – Independent Tailings Review Board, comitê de engenheiros de vários países contratado pela Samarco para avaliar suas barragens de rejeitos, de 20 de novembro de 2014, informou que a VOGBr havia apresentado o projeto executivo da drenagem complementar da barragem de Fundão para a cota 920m. Este projeto incluía um tapete drenante na ombreira direita, na cota 890m, e um tapete drenante na cota 860m, na área da ombreira esquerda e da grota da PDE União. O ITRB entendeu que os novos tapetes drenantes eram necessários, mas insuficientes, e considerou que medidas adicionais de drenagem na área central seriam necessárias. Quando do rompimento da barragem em 05/11/2015, os tapetes drenantes complementares estavam em execução, mas já era tarde (op. cit., p. 41).

A barragem apresentou problemas de drenagem durante toda a sua história e a Samarco tentou minimizá-los executando várias obras ao mesmo tempo. Contudo, elas ainda estavam em andamento e não foram suficientes para drenar de forma adequada a água que percolava pelas estruturas da BRF. Surgências e grandes trincas nos diques apontaram que havia uma percolação excessiva de água pelo corpo da barragem, fragilizando-a e levando-a a ruptura em 05/11/2015 (op. cit., p.42).

6.9.14.2.2 Retorno ao eixo original na BRF

Até 2012, a BRF foi executada de acordo com projeto proposto pela empresa Pimenta de Ávila. Em decorrência dos inúmeros problemas apresentados pelas galerias de drenagem principal e secundária, que acabou gerando um *sinkhole* (buraco em forma de cone) junto à ombreira esquerda, e em razão do projeto original levar os diques de alteamento da BRF a se apoiarem diretamente sobre o lago que era formado junto à PDE União, a Samarco resolveu recuar o eixo do barramento (BRASIL, 2016a, p. 30).

Em agosto de 2014, ocorreram grandes trincas no barramento na região do recuo do eixo, algumas com 200 metros de comprimento. No relatório de novembro de 2014, elaborado pelo *ITRB*, recomendou-se que a área do recuo do eixo fosse preenchida "o mais rápido possível" e que "todos os esforços fossem envidados para completar esse trabalho em regime prioritário". O mesmo relatório também informava que a Samarco estimava necessidade de um ano para o preenchimento (op. cit., p. 118).

No entanto, em novembro de 2015, ainda estava longe o término do preenchimento da área do recuo do eixo, sendo que ocorreu exatamente neste local o início do rompimento da barragem (op. cit., p. 111).

6.9.14.2.3 Drenagem da B I e a não execução de obras de reforço

Para entendermos o porquê da não execução de bermas de reforço na B I e a tentativa de rebaixamento da linha freática com a execução de DHP, temos de voltar no tempo. AVALE há muito tempo pretendia reminerar os rejeitos armazenados na B I. Em relatório técnico elaborado por Geoconsultoria em 2005¹⁴⁶, abordou-se as condições à época das barragens I e VI na mina do Córrego do Feijão. Citava o relatório:

Os reservatórios de barragens de rejeitos devem ser utilizados complementarmente para recirculação da água sobrenadante da sedimentação e adensamento dos rejeitos. [...]

c) A barragem 1, já com altura elevada (73 m), e que deverá ainda ser elevada no mínimo 7 m (80 m de altura total) para garantir a continuidade da operação do empreendimento, é alteada para montante e carrega incertezas quanto a aspectos construtivos das etapas iniciais de alteamento, bem como apresenta condição de artesianismo em piezômetros instalados no maciço. Estes aspectos colocam em dúvida a sua condição adequada de segurança.

d) Os rejeitos depositados na barragem 1 apresentam ainda elevado teor de Fe (ferro), o que permite caracterizá-los como minério, sendo plano da CVRD reprocessá-los a partir de 2009.

e) O local da barragem 1, após o reaproveitamento dos rejeitos, poderá ser novamente preparado e utilizado para implantação de outra barragem, que poderá ser alteada com os próprios rejeitos, e não necessariamente pelo método de montante.

f) Estudos conceituais em desenvolvimento por empresa contratada pela CVRD mostram que há opções de locais para construção de barragens de rejeitos, que podem substituir a atual barragem 1. Estas barragens seriam construídas dentro de conceitos mais adequados de segurança e operação, em contraposição às dúvidas quanto à barragem 1 (grifo nosso).

O planejamento à época era utilizar a B VI somente para o armazenamento de água, e a B I, utilizada para conter rejeitos de mineração, passaria por mais um alteamento (cota 937). Enquanto isso, seria desenvolvido um projeto para a construção da barragem de

¹⁴⁶GEOCONSULTORIA. Relatório Técnico VL 28-RT-01, Rev. 0, 29 de setembro de 2005.

Santana, seguida de sua construção e utilização até 2015. De 2009 a 2015, a B I teria seus rejeitos lavrados, um novo projeto da B I seria concebido e depois construída a nova B I. O cronograma das etapas é representado no Quadro 18.

Quadro 18 - Cronograma para implantação da nova barragem B I na mina Córrego do Feijão

Item	Descrição	Anos (2005 a 2030)																											
		05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1	Operação barragem atual																												
2	Alteamento el. 937																												
3	Operação barragem el. 937																												
4	Projeto barragem Santana																												
5	Licenciamento barragem Santana																												
6	Construção barragem Santana																												
7	Operação barragem Santana																												
8	Lavra barragem I																												
9	Projeto nova barragem I																												
10	Licenciamento nova barragem I																												
11	Construção nova barragem I																												
12	Operação nova barragem I																												

Fonte: Geoconsultoria¹⁴⁶.

Em 2011, a VALE elaborou um projeto conceitual para a descaracterização da B I conforme é citado no relatório, nomeado como "Consolidação de dados e premissas da Barragem I, Rev. 1"¹⁴⁷:

No ano de 2011, a projetista VOGBR elaborou projeto conceitual para recuperação de fins da Barragem I (lavra da barragem de rejeitos e reprocessamento do rejeito). O projeto previa o desmonte mecânico da estrutura ao longo de 19 anos, com a exploração do material depositado no reservatório e dos diques, já que o mesmo possuía concentração de minério suficiente para seu beneficiamento com novas tecnologias de processamento. Esse projeto não chegou a ser estudado com maiores detalhes em novas etapas, não sendo, portanto, executado.

Em 2015, a VALE requereu junto à SUPRAM, órgão ligado à SEMAD, licença ambiental para lavrar os rejeitos contidos na B I, assim como para dar continuidade à exploração da mina do Córrego do Feijão (CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL, 2018, p. 11).

No dia 07 de julho de 2016, o Diretor Executivo de Ferrosos e Carvão da VALE, Sr. Gerd Peter Poppinga, enviou mensagem a vários funcionários determinando a paralisação de lançamento de rejeitos na B I (Figura 116).

¹⁴⁷POTAMOS/TÜV SÜD. Relatório Consolidação de dados e premissas da Barragem B I, POTVAL02G2-1-TC-RTE-0006, 24/10/2017.

Figura 116 - Mensagem eletrônica de Gerd Peter Poppinga para funcionários da VALE em 2016

*De: Peter Poppinga
Enviada em: quinta-feira, 7 de julho de 2016 18:31
Para: Jose Flavio Gouveia; Silmar Silva
Cc: Lucio Cavalli (lucio.cavalli@vale.com); Paulo Bandeira; Alexandre Campanha
Assunto: B1Feijão
Conforme discutimos e tendo tomado conhecimento hoje da dúvida que surgiu relacionada à B1 da mina de Feijão vamos encerrar imediatamente as atividades de produção nesta barragem até concluirmos todos os testes e cálculos complementares que estão em andamento. Solicito também avaliarem medidas de reforço que possam ser executadas de forma preventiva. Peter*

Fonte: SENADO FEDERAL, 2019, p. 203.

Após a determinação de Poppinga, o lançamento de rejeitos foi realmente interrompido. A necessidade de rebaixamento da linha freática da B I era premente e a VALE contratou a empresa MDGeo para apresentar um estudo sobre o tema. A empresa apresentou um relatório intitulado "Modelo de fluxo de água subterrânea na barragem I de rejeitos da Mina Córrego do Feijão e proposta de projeto do sistema de desaguamento do reservatório, Brumadinho - MG", calculando o volume de água a ser bombeado da barragem para o rebaixamento da linha freática. Segundo o estudo, as bombas a serem instaladas deveriam possuir capacidade de bombeamento igual a 229,5 m³/h (metros cúbicos por hora) para que o rebaixamento fosse atingido no final de 2017, e de 98,1 m³/h para o final de 2018, considerando o início de bombeamento em junho de 2017. Ao final do período, a linha freática ficaria abaixo da superfície de ruptura, considerando FS de 1.3 para a condição não drenada. O bombeamento não foi executado à época (BRASIL, 2019a).

Contratado pela VALE, o consórcio POTAMOS/TÜVSÜD desenvolveu um estudo para aumentar a segurança da B I quanto à liquefação, apresentando algumas opções para a VALE, quais sejam: rebaixamento do nível piezométrico com poços, berma de estabilização, lavra, retaludamento e retaludamento associado a uma berma de estabilização¹⁴⁸.

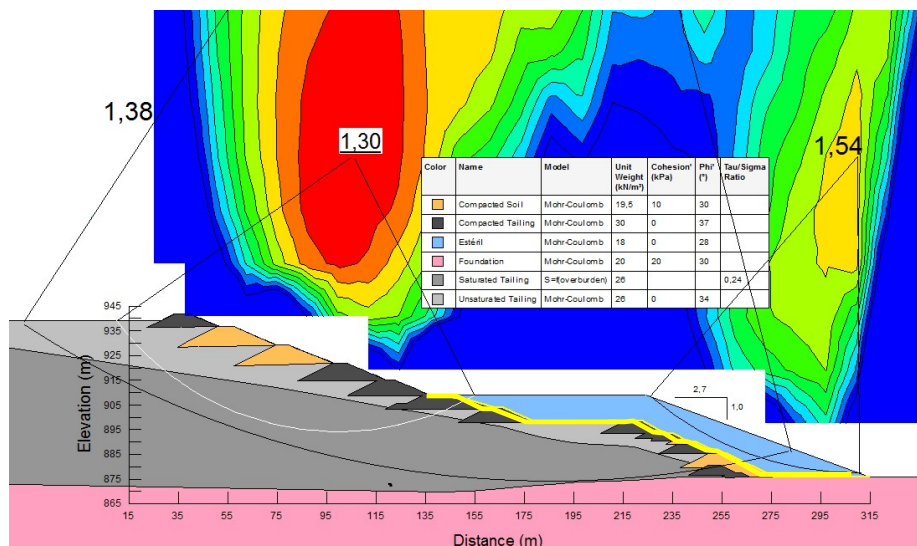
O estudo informou que as seguintes premissas básicas foram colocadas pela VALE: "[...] as intervenções deveriam ser de rápida implantação e possibilitar a elevação do fator de segurança a valor que atendesse aos critérios consagrados de segurança quanto à liquefação".

Na hipótese de execução de berma de estabilização com utilização de estéril sem coesão, material que poderia ser obtido na própria mina, foi estudada uma berma de

¹⁴⁸POTAMOS/TÜV SÜD. Nota técnica - Alternativas avaliadas para incremento da segurança quanto à liquefação, N.º POTVAL02G2-1-TC-RTE-0068, p. 10, 2017.

inclinação 2,7H:1,0V, com o FS para a condição não drenada passando de 1.06 para 1.30 (Figura 117).

Figura 117 - Análise determinística para o talude de jusante, condição não-drenada, com berma de estabilização em estéril sem coesão, fator de segurança de 1.30



Fonte: POTAMOS/TÜVSÜD¹⁴⁸.

O Quadro 19 apresenta volume estimado de material que seria necessário para implantação das alternativas de berma, variando o volume de acordo com o material. Verifica-se que os volumes para a execução da berma eram expressivos, mas não houve informação quanto ao prazo de execução da obra ou ao valor a ser despendido.

Quadro 19 - Estimativa de volume de material para berma de estabilização no pé da barragem B I

Material	Elevação (m)	Volume estimado (m ³)
Enrocamento	910	500.000 a 700.000
Estéril com coesão	910	500.000 a 700.000
Estéril sem coesão	910	650.000 a 850.000

Fonte: POTAMOS/TÜV SÜD¹⁴⁸.

Contudo, consta do documento que, após reuniões ocorridas em 11 e 21/12/2017, a VALE decidiu por executar DHP, alegando ter experiência na execução de drenos com 100 m de comprimento. As soluções propostas por POTAMOS/TÜV SÜD não eram de rápida execução, premissa exigida pela VALE. Foi informado no item "Conclusões" da nota técnica¹⁴⁸:

De todo modo, a VALE optou por adotar uma solução que corresponde à execução de DHPs longos (da ordem de 100m de extensão) associado à lavra da barragem que já está em fase de elaboração do projeto executivo e tramitando no órgão ambiental para obtenção da licença para implantação.

[...]

Ocorre que a solução que a VALE adotará não coloca a barragem em condições satisfatórias de segurança a curto prazo e isso deve ser considerado.

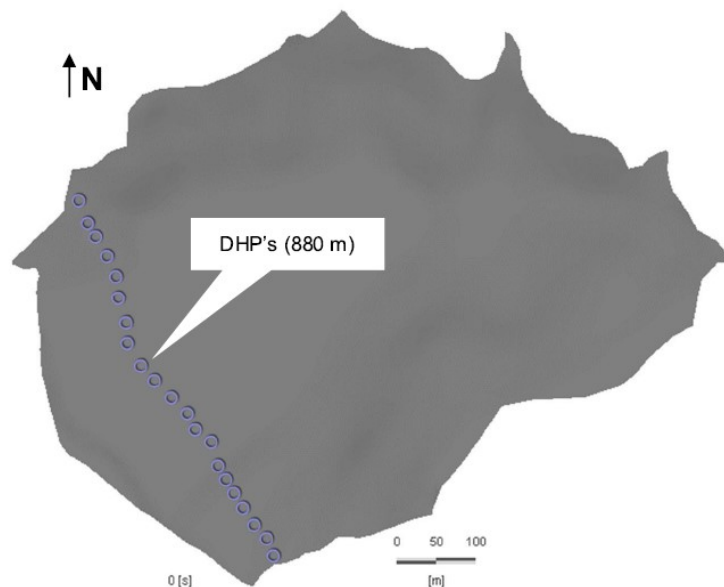
[...]

A POTAMOS recomenda fortemente que se estude mais profundamente a proposta de retaludamento da barragem no âmbito da lavra da barragem, à medida que se trata apenas de uma priorização de escavação e representa um ganho importante de segurança, ainda que por si só não leve a barragem a uma situação de atendimento a critérios consagrados de segurança (grifo nosso).

Diante disso, a VALE solicitou à empresa MDGeo¹⁴⁹ a realização de um novo estudo para desaguamento da B I, que apontou:

Os níveis d'água resultantes ficaram abaixo da superfície de ruptura. Ressalta-se que quando os DHP foram inseridos na cota 880m, espaçados de 50 em 50 metros, o rebaixamento não foi satisfatório, sendo necessário adicionar mais DHP (espaçados de 25 em 25m) para obter o nível d'água rebaixado conforme desejado (Figura 118).

Figura 118 - Visualização em planta das estruturas de desaguamento (DHP), cota 880m, barragem B I



Fonte: Brasil, 2019a.

No item 4 - Conclusões do relatório da MDGeo¹⁴⁹ foi informado que:

a partir da simulação de desaguamento realizada em regime transiente, concluiu-se que os níveis d'água resultantes atendiam ao esperado, ficando abaixo da superfície de ruptura (rebaixando de 8,3 a 12 metros nas proximidades da berma central) a partir de 2 anos da instalação dos DHP.

Na CPI-ALMG, o geólogo César Augusto Paulino Grandchamp, Especialista Técnico, foi questionado em relação à escolha da VALE para execução dos DHP (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019):

¹⁴⁹MDGEO. Nova simulação de desaguamento da barragem I de rejeitos da mina de Córrego do Feijão. Março, 2018.

Deputado André Quintão

Onde a VALE já havia adotado a solução de DHP tão profundos?

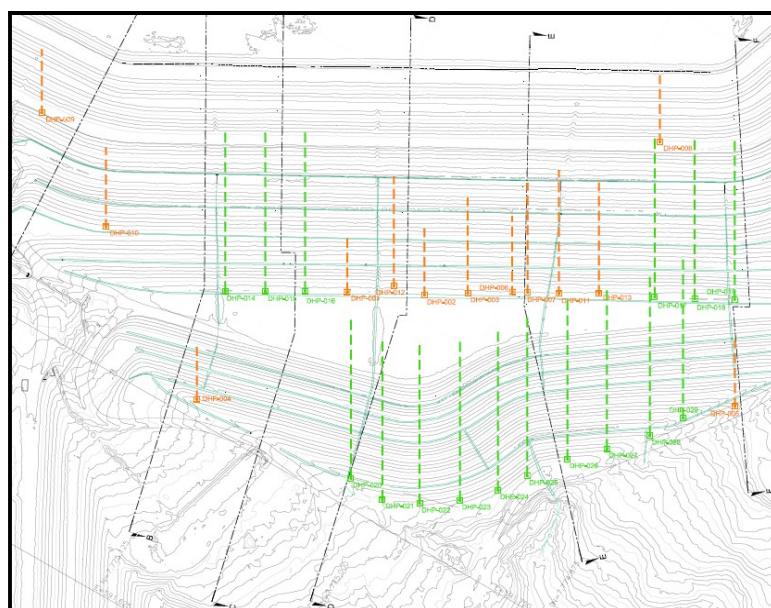
César Grandchamp

Só queria esclarecer uma questão que está, que eu acho que tem que ser esclarecida. O projeto dos drenos profundos não é um projeto da TÜV SÜD. Esse projeto foi desenvolvido internamente pela equipe da VALE geotecnia operacional, com o meu acompanhamento. Então foi feito o projeto, porque na verdade a gente estava trabalhando com uma visão de que a gente conseguiria a licença de descomissionamento da barragem em 2018, que era a data que o pessoal do meio ambiente passava para a gente, porque a gente tinha... Oh em 2018 sai essa tal licença, 2019 sai [...].

Apesar de ter sido uma decisão e um projeto da VALE, o geólogo César Grandchamp não respondeu onde a empresa tinha executado drenos tão profundos antes.

Conforme mencionado por César Grandchamp, a VALE resolveu desenvolver um projeto próprio de DHP (Figura 119), sendo esse totalmente diferente da sugestão apresentada pela MDGeo¹⁴⁹. Seriam 29 DHPs, localizados em quatro cotas diferentes, estando a maioria no patamar de recuo do eixo e no pé da barragem.

Figura 119 - Projeto de 29 DHP a serem instalados na barragem B I, de 28/05/2018



Fonte: Brasil, 2019a.

Notas: Cor laranja para DHP já executado; Cor verde para DHP a executar.

A fratura hidráulica do 15º DHP

Os DHP, num total de 29, começaram a ser perfurados em 22/02/2018 e, até 10/06/2018, já haviam sido perfurados 14, segundo informação do Sr. Marcionete Rodrigues, Encarregado de Sondagem da empresa Alphageos, em depoimento à fiscalização do trabalho em 03/04/2019 (BRASIL, 2019a).

Quando da execução do 15º DHP no dia 11/06/2018, ocorreu uma fratura hidráulica no dique inicial. A água que foi injetada sob pressão para a perfuração do DHP encontrou uma superfície resistente, fraturou o maciço e foi surgir em local acima do nível do furo, em direção à ombreira esquerda, dentro de uma escada de drenagem, que ficou danificada.

Foi tanta água misturada com rejeito que a VALE teve de requisitar emergencialmente empregados de uma empresa que realizava serviços de instalações de combate a incêndio na Instalação de Tratamento de Minério (ITM), a REFRAMAX, para realizar os trabalhos de contenção do vazamento. Primeiro foram colocados sacos com areia dentro da escada de drenagem para tentar conter a saída de água e rejeitos, depois foi executado um dreno invertido¹⁵⁰. O evento foi tratado em palestra interna da VALE nominada *Decommissioning B I Dam* (BRASIL, 2019a), em 2018 (Figura 120 e Figura 121).

Figura 120 - Execução do 15º DHP que resultou em fratura hidráulica do dique inicial



Fonte: Brasil, 2019a.

¹⁵⁰Filtro vertical composto de areia e brita e envelopado por manta geotêxtil.

Figura 121 - Execução de dreno invertido e reparo de escada de drenagem na barragem B I



Fonte: Brasil, 2019a.

A situação estava tão crítica que o Sr. Olavo Henrique Coelho, o barrageiro “Seu Lau”, foi buscado na sua residência, às 22h00min do dia 11/06/2018, para auxiliar na resolução do problema, conforme declarou Fernando Henrique Barbosa, engenheiro da VALE e filho do “Seu Lau”, na CPIBruma (2019):

Há uns 6 ou 7 meses antes de a barragem se romper... Meu pai não era estudado, não, mas era referência na empresa. [...] Qualquer problema que tinha, os engenheiros, os gerentes chamavam ele, de tanto conhecimento que ele tinha lá dentro, pelo tempo de serviço prestado. [...] Por volta de 22 horas estava a Cristina Malheiros, responsável geotécnica da barragem – ela que responde pela barragem –, estava o gerente, o Alano, que faleceu, e o Lúcio Mendanha, responsável técnico da mina. Mandaram o supervisor Renato, que está lá agora de interino, gerente interino, tomando conta de tudo[...] Mandou o Rodrigo da Silva Moreira buscar meu pai lá em casa, às 10 horas da noite. Meu pai trabalhou a vida inteira. [...] Meu pai chegou, avaliou. O que acontece? No quarto banco, entre o dreno central e a ombreira... Ombreira direita. Estou fazendo conta. Entre o dreno e a ombreira direita começou a brotar lama no talude. O que acontece? Eu estava na ITM. Eu e o Marco Aurélio, o Marco Aurélio Amorim. E a ITM tinha que continuar rodando. Subiram com o Marco Aurélio para a barragem; subiram com o Wagner Zacarias, que estava lá na britagem, para a barragem. O Renato Couto Figueiredo, que era o supervisor, foi para a barragem, a pedido do Alano, que era o gerente, junto com o meu pai. O que fizeram? Mandaram buscar, com ordem da Cristina. [...] Ela mandou abrir vala, colocar areia, brita e manta geotêxtil, o que a gente chama de Bidim. [...] No outro dia o meu pai não foi trabalhar, não. Ficaram lá carregando areia e brita igual doidos, o Rodriguinho buscando lá.

No outro dia, antes de sair para trabalhar, Fernando Henrique e o pai conversaram sobre o assunto:

Ô, Fernando, ô, filho, você que fica na ITM, fica na parte mais alta, que aquela barragem está igual a uma bomba. Aquilo está condenado. Ela vai estourar a qualquer hora. Qualquer barulho, você corre sentido a 14B. A 14B é onde tem um predinho ali, do lado da barragem B6. Eu mesmo não levei muito a sério, não, sabe?

A eng.^a Cristina Malheiros enviou mensagens de *WhatsApp* para o geólogo César Grandchamp informando sobre o que estava acontecendo. A Figura 122 foi enviada junto com a mensagem de 11/06/2018, à noite, já com os sacos lançados dentro da escada de drenagem (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p.268).

Figura 122 - Vista de sacarias de areia sobre a escada de drenagem da barragem B I em 11/06/2018



Fonte: Ministério Público de Minas Gerais, 2020, p. 268.

Às 05h40m da manhã seguinte (12/06/2018), Cristina Malheiros encaminhou a César Grandchamp novas fotos (Figura 123) que atestam que a situação do evento mantinha-se descontrolada (op. cit., 2020).

Figura 123 - Vista de sacarias de areia sobre a escada de drenagem da barragem B I em 12/06/2018



Fonte: Ministério Público de Minas Gerais, 2020, p. 269.

Em 12 e 13 de junho de 2018, foram realizados intensos contatos entre a eng.^a Marilene Lopes, Gerente da GGC, e o eng.^o Alexandre Campanha, seu superior, dentre os quais expomos (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 194):

Marilene Lopes

Campanha, tudo bem? Olha só, eu estive lá hoje né, fomos eu e Wagner lá e a situação lá tá controlada, assim, na minha visão foi um evento muito importante. [...] Eu vi o vídeo na verdade era muita água com rejeito na canaleta que tá do lado dessa sessão, uma canaleta grande, mas é uma canaleta que também não é boa, e aí ele [César Grandchamp] acionou o pessoal. Nesse momento os piezômetros também subiram, teve um piezômetro que está instalado bem profundo ele subiu 4m e teve um outro que subiu 1m [...].

O Lúcio convocou uma reunião pra amanhã às 11 horas com o Silmar. Mas a decisão que já foi tomada lá é que vamos desmontar essa barragem. O que a gente precisa agora é ver como nós vamos desmontar e esse processo tem que começar já, nesse momento (grifo nosso).

Lúcio Flavo Gallon Cavalli era o Diretor de Planejamento e Desenvolvimento de Ferrosos e Carvão e Silmar Magalhães Silva era o Diretor do Corredor Sul/Sudeste, ambos subordinados ao Diretor Executivo de Ferrosos, Gerd Peter Poppinga.

Em 14/06/2018, às 00h02min, quarto dia da fratura hidráulica, Cristina Malheiros trocou mensagem com César Grandchamp noticiando que água e sólidos ainda continuavam saindo (op. cit.):

Cristina Malheiros

Vamos conseguir se Deus quiser.

César Grandchamp

Vamos com fé.

Após reunião ocorrida entre a equipe da GGO da VALE e consultores externos em 14/06/2018, ficou decidido paralisar a execução dos DHP, conforme depoimento do geólogo César Grandchamp na ALMG (2019, p. 29):

César Grandchamp

Quando houve o advento do DHP 15, nós tivemos uma reunião na mina, logo após todo o problema ter sido contornado e resolvido.

Deputado Sargento Rodrigues

Presidente, só 1 minutinho. "Nós tivemos uma reunião". O senhor poderia citar o nome dessas pessoas?

César Grandchamp

Eu já entrarei nisso. Participamos dessa reunião eu, a Cristina, a Sra. Marilene Lopes, o Sr. Wagner Castro, da equipe da Marilene Lopes - se não me engano -, o Sr. Armando Mangolim, o Sr. Paulo Abrão. Eu não me lembro da Andréa e se havia mais alguém, mas essas pessoas que eu citei com certeza participaram. Na avaliação dos DHPs que a gente fez, o problema do DHP 15, naquela região de base da barragem, que foi construída pela Ferteco na década de 1970, poderia ser repetido, porque diziam que eram muito variados os tipos de materiais que formavam o dique inicial da barragem. Então ficou decidido nessa reunião - isso até foi colocado no relatório do Sr. Armando Mangolim; acho que todo mundo tem o relatório dele - e falado numa videoconferência de que o Sr. Paulo Abrão participou, com a presença dos gerentes executivos, enfim, foi recomendado que, na região de base da barragem, não se executasse mais nenhum DHP, mas que estaria liberado nas porções superiores.

A eng.^a Andrea Dornas, confirmou a fala de César Grandchamp a respeito da inspeção feita no local da fratura hidráulica quando do seu depoimento na CPI Bruma:

No dia seguinte... Isso para acompanhar... A Cristina foi para acompanhar e orientar nas soluções que fossem necessárias lá. No dia seguinte, eu fui. A pedido do Joaquim Toledo, que era o gerente-executivo, eu acompanhei o Armando Mangolin, que também participou da inspeção, o Paulo Abrão, que é o projetista da barragem - ele chegou um pouco depois, participou da inspeção e da avaliação do que estava acontecendo. Tenho quase certeza que ele estava sim. No dia, a Cristina e o César já estavam na garagem quando a gente chegou. O César foi com a gente, mas eles participaram. Do corporativo, da gerência de Geotecnia Corporativa, a Marilene Lopes estava presente. Nossa, era tanta gente! Tinha muita gente lá no dia (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019, p. 415).

Os engenheiros Armando Mangolin e Paulo Abrão eram consultores da VALE em geotecnia de barragens. Paulo Abrão é sócio-proprietário da Geoconsultoria, empresa que havia elaborado o projeto do 13º e 14º alteamentos (9º e 10º para os consultores) da B I em 2009.

Joaquim Pedro de Toledo, Gerente Executivo de Planejamento, Programação e Gestão do Corredor Sudeste, subordinado a Silmar Magalhães Silva, enviou mensagem a César Grandchamp, à Andrea Dornas e a Ricardo Leão (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 208):

Eu, que estou a algum tempo em contato com a gestão das estruturas geotécnicas, vejo uma evolução absurda em nossos controles e em nossas soluções. Entretanto, parece-me que no mundo atual, elas não são suficientes. Uma das nossas missões será de extinguir toda estrutura de montante, pois há um desconforto na alta gestão da empresa sobre o tema.

O evento foi informado pela VALE à ANM, através do sistema SIGBM, como equivalente à pontuação 3, conforme explicou a eng.^a Cristina Malheiros ao Deputado André Quintão (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019):

Deputado André Quintão

De acordo com o quadro de matriz de classificação, quanto à categoria de risco, o quadro 3, do estado de conservação da portaria do DNPM, de 2017, a Portaria n.º 70.389, o incidente com o 15º dreno recebeu... A senhora se lembra se ele recebeu quantos pontos, em relatório interno, para a VALE?

Cristina Malheiros

[...] eu disse que, num primeiro momento, havia uma classificação com nota 6, referente ao estado de conservação, no item percolação, o que é pertinente a uma surgência na estrutura, sem que, num primeiro momento, houvesse uma correção no local. Imediatamente depois disso, a estrutura já voltou à sua normalidade porque a correção começou a ser implantada. Então, nesse sentido, a situação se tornou estável, foi reportada à condição 3 e foi acompanhada para que assim permanecesse.

Deputado André Quintão

Quem decidiu reduzir essa pontuação?

Cristina Malheiros

Excelência, essa pontuação foi discutida com toda a equipe que esteve no local, e essa documentação que foi colocada para a empresa teve por objetivo fazer uma verificação no estado de conservação da estrutura [...] (grifo nosso).

A eng.^a Cristina Malheiros enviou, em 15 de junho de 2018, mensagem eletrônica aos seus superiores sobre a ficha de inspeção elaborada por ela após o evento do dia 11/06/2018, tendo tido o ‘de acordo’ de Renzo Albieri, seu superior:

De: Cristina Malheiros
 Enviada em: sexta-feira, 15 de junho de 2018 15:43
 Para: Renzo Albieri <renzo.albieri@vale.com>; César Grandchamp <cesar.grandchamp@vale.com>; Andrea Dornas <andrea.dornas@vale.com>
 Assunto: Barragem I - anomalia de urgência

Prezados, boa tarde!
 Segue em anexo as fichas de inspeção com Estado de Conservação, referente a anomalia de urgência identificada na Barragem I no dia 11/06/2018 para validação.
 Aguardo o "de acordo" de vocês para fechamento das ações de intensificação de monitoramento e inspeção para retorno das atividades de inspeção e monitoramento da Barragem I à normalidade (inspeções quinzenais e monitoramento mensal).
 Após o "de acordo" estarei enviando as fichas para Marilene Lopes, Mauro Abib, Alano Teixeira e Marco Conegundes, informando o retorno à normalidade. Qualquer dúvida, favor entrar em contato.
 Cristina Malheiros

De: Renzo Albieri
 Enviado em: sexta-feira, 15 de junho de 2018 16:02
 Para: Cristina Malheiros; César Grandchamp; Andrea Dornas
 Assunto: RES: Barragem I – anomalia de urgência
 Cristina,
 Estou de acordo.
 Abcs, Renzo.

Não existia na denúncia do MPMG uma imagem da Ficha de Inspeção Regular (FIR) da inspeção realizada em 11/06/2018. Contudo, a ANM traz essa ficha no Parecer técnico n.º07/2019, elaborado após o rompimento da B I. Ela informa que houve uma anomalia de pontuação 6 e a responsável pela inspeção foi Cristina Malheiros (BRASIL, 2019b, p. 54).

De acordo com o que estabelecia a Portaria n.º 70.389/2017 (BRASIL, 2017), quadro de matriz de classificação, quanto à categoria de risco, quando um evento referente à percolação ocorre em uma barragem, uma pontuação tem de ser atribuída ao mesmo:

Pontuação 0: Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem;
 Pontuação 3: Umidade ou urgência nas áreas de jusante, taludes, paramentos e ombreiras estáveis e monitorados;
 Pontuação 6: Umidade ou urgência nas áreas de jusante, taludes, paramentos e ombreiras sem implantação de medidas corretivas necessárias;
 Pontuação 10: Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura.

Em relação ao que foi comunicado pela VALE no sistema SIGBM, manifestou-se a ANM (BRASIL, 2019b, p. 59-60):

Convém ressaltar também que, conforme verificado no PSB da Barragem I, foi possível constatar que apesar de ter ocorrido em 11/06/2018 a situação mais severa da quinzena, relacionada à falha na perfuração, carreamento de sedimentos e

consequente tamponamento do DHP-15, a VALE S.A. decidiu reportar no SIGBM apenas as informações levantadas na inspeção realizada em 06/06/2018, na qual pontua, somente “umidade no pé do talude na ombreira direta, primeira berma. No mês de junho foi identificado surgência na canaleta da seção 3 e realizado obra de correção pontual.

[...]

Ainda, salienta-se que, apesar do empreendedor ter classificado na FIR a referida anomalia como pontuação 6, nota-se que a descrição de carreamento de sedimentos seria na verdade compatível somente com a situação prevista no item de pontuação 10 para avaliação de percolação, exigindo então, abertura de inspeção especial, conforme previsto no art. 23 da Portaria DNPM n.º 70.389/2017.

Na CPIBruma, a Deputada Greyce Elias questionou o servidor da ANM, o eng.º Wagner Araújo, sobre o que teria ocorrido se a pontuação 10 fosse informada à ANM (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019):

Deputada Greyce Elias

Que acarretaria o que?

Wagner Araújo

Obrigatoriamente, a empresa teria que acionar o nível 1, que é quando você tem uma pontuação 10 e, a partir dali você tem que fazer alguma operação para controlar essa anomalia de forma a regredir, ou extingui-la ou controlá-la.

Deputada Greyce Elias

E essa pontuação não tem uma correlação com as barragens que precisam ser fiscalizadas?

Wagner Araújo

[...] Então, se é alguma pontuação que possa comprometer a estrutura, obrigatoriamente esse sistema, obrigatoriamente não, automaticamente o sistema vai jogar essas estruturas para uma fiscalização prioritária. Então, a gente tem essa consciência de que o sistema foi criado justamente para, se houver algum problema, a barragem ser priorizada.

Ainda declarou o eng.º Wagner Araújo na CPIBruma:

[...]o empreendedor é responsável por criar condições para que a estrutura esteja segura e deve fazer o informe, como eu disse na aba 7 – existe uma aba chamada Acidentes/Incidentes. Então, para qualquer tipo de anomalia que coloque em risco a estrutura, a empresa é obrigada a fazer esse informe (op. cit.).

Vejamos o que trouxe o depoimento do eng.º Artur Ribeiro, auxiliar de Cristina Malheiros, perante a Polícia Civil de Minas Gerais (op. cit., p. 449):

Que o declarante reconhece que, em junho de 2018, houve percolação na anomalia já relatada; Que casos de percolação fundamentam o acionamento do PAEBM; Que o declarante constatou a ocorrência de percolação quando foi chamado por Cristina Malheiros para analisar a anomalia na Barragem B1; Que o declarante foi informado por Cristina Malheiros que ela relatara para Renzo Albieri, Cesar Grandchamp, Marilene Lopes e Andrea Dornas sobre a ocorrência de percolação em junho de 2018; Que o declarante reconhece que, "em um primeiro momento", a anomalia ocorrida em junho de 2018 seria "para dar nota 10"; Que esclarece que "a nota 10 é a hipótese para acionar o PAEBM nível 1".

O depoimento de César Grandchamp à Polícia Federal, em 31/01/2019, apresentou os seguintes dizeres:

Que a obrigatoriedade de comunicação ao DNPM acontece quando a maior nota do estado de conservação é 10, sendo que a barragem B1 encontrava-se com nota 6 ou 8; que mesmo assim, foi adotada a providência de agir conforme nota 10, acreditando o declarante que tenha sido feita a comunicação ao DNPM, o que pode ser conferido no site de aludido órgão.

Voltando ao que estabelecia a Portaria n.º 70.389/2017 (BRASIL, 2017):

Art. 17 Durante as vistorias de rotina, caso seja constatada anomalia com a pontuação máxima de 10 pontos, em qualquer coluna do quadro 3, do Anexo V, o empreendedor deverá realizar ISE (Inspeção de Segurança Especial), observado o disposto no Cap. V.

[...]

Art. 23 As ISE também devem ser realizadas a qualquer tempo, quando exigidas pelo DNPM, bem como, independentemente de solicitação formal pela autarquia, após a ocorrência de eventos excepcionais que possam significar impactos nas condições de estabilidade.

[...]

Art. 36. Considera-se iniciada uma situação de emergência quando:

I. Iniciar-se uma Inspeção Especial de Segurança da Barragem de Mineração; ou

II. Em qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura.

Art. 37. O empreendedor, ao ter conhecimento de uma situação de emergência expressa no art. 36, deve avaliá-la e classificá-la, por intermédio do coordenador do PAEBM e da equipe de segurança de barragens, de acordo com os seguintes Níveis de Emergência:

I. Nível 1 – Quando detectada anomalia que resulte na pontuação máxima de 10 (dez) pontos em qualquer coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação), do Anexo V, ou seja, quando iniciada uma ISE e para qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura.

Caso fosse dado início a ISE, a VALE deveria ter declarado o nível de emergência nível 1 e acionado o PAEBM. Este acionamento do PAEBM teria provavelmente iniciado uma fiscalização da ANM, que por sua vez poderia identificar a situação crítica pela qual passava a B I. Teria também a VALE, enquanto durasse o evento de emergência, de preencher, diariamente, a Ficha de Inspeção Especial (FIE) e o Extrato de Inspeção Especial (EIE) no SIGBM. Depois de sanada a situação que teria levado à emergência, seria emitido o Relatório Conclusivo de Inspeção Especial (RCIE). Contudo, nada disso ocorreu.

Os poços de rebaixamento

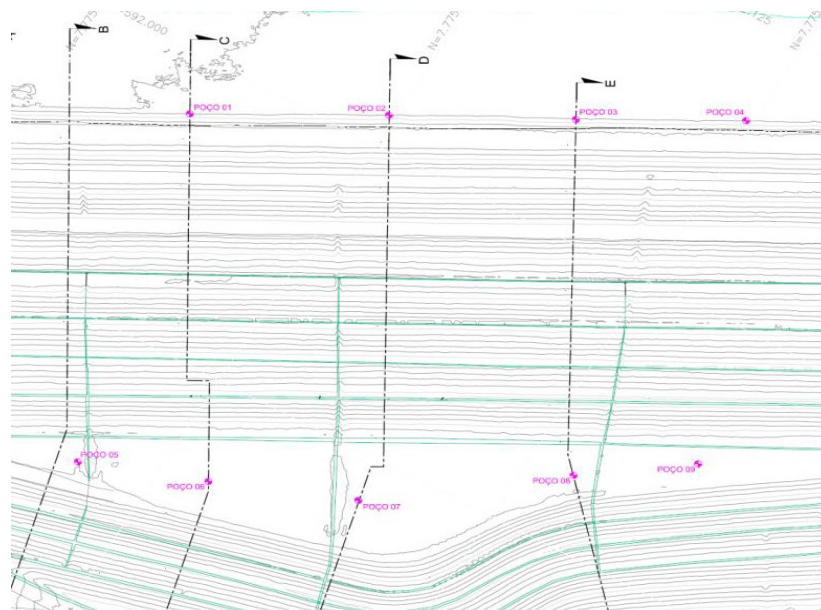
A RPSB da B I, elaborada pela TÜV SÜD¹⁵¹, informava que estava prevista execução de poços de rebaixamento, no caso de constatação de ineficiência dos DHP. Seriam instalados nove poços de rebaixamento do nível d'água, conforme Figura 124.

¹⁵¹TÜV SÜD. Revisão Periódica de Segurança da Barragem – Barragem I, Nº RC-SP-117/17, 20/11/2017 (emissão inicial). A revisão 4 é datada de 24/08/2018.

O eng.º Makoto Namba (TÜV SÜD), em depoimento à PF em 01/02/2019, informou que após o incidente com o DHP em junho de 2018, apresentou como alternativa ao geólogo César Grandchamp a instalação de drenos menos profundos e mais finos, o que acarretaria menos pressão de água para a execução dos furos. Após a recusa da VALE, foi-lhe solicitado a apresentação de novas soluções. Entre final de setembro e início de outubro de 2018, a TÜV SÜD apresentou como solução a instalação de poços de rebaixamento vertical e que, entre final de outubro e início de novembro, já foi apresentado à VALE o projeto de tais poços (BRASIL, 2019a).

César Grandchamp declarou à PF¹⁵², em 31/01/2019, que chegou a receber sete propostas com diferentes tecnologias para a realização da drenagem vertical e que estas só chegaram às suas mãos no início de 2019, não tendo sido definida, até o rompimento da B I, a tecnologia que seria adotada.

Figura 124 - Croqui de localização dos nove poços de rebaixamento planejados para a barragem B I



Fonte: Brasil, 2019a.

¹⁵²POLÍCIA FEDERAL. IPL Nº 0062/2019. Doc. SR/PF/MG fls. 83/84, compartilhado com SRT/MG.

6.9.14.2.4 Discussões

Verifica-se que a fratura hidráulica foi um evento grave e que levou para a mesa de discussão membros da GGO (Cristina Malheiros, César Grandchamp, Andrea Dornas e Ricardo Leão), da GGC Corporativa (Marilene Lopes), Gerência Executiva de Governança em Geotecnia e Fechamento de Mina (Alexandre Campanha), Gerência Executiva de Planejamento (Joaquim Pedro de Toledo), Diretoria de Planejamento e Desenvolvimento de Ferrosos e Carvão (Lúcio Cavalli) e Diretoria do Corredor Sul/Sudeste (Silmar Magalhães). Contudo, a barragem não foi colocada em nível de emergência.

Em 14/06/2018, foi realizada uma reunião, com a presença de inúmeros engenheiros, geólogo e consultores da VALE, na qual ficou definido que a perfuração dos DHP seria paralisada, conforme declarou César Grandchamp e Andrea Dornas.

Conforme depoimento de Cristina Malheiros, foi discutido com a equipe da VALE que esteve no local que a pontuação do evento, de acordo com as normas da ANM, seria de 3. Contudo, tomando como base o ocorrido em 11/06/2018 e dias posteriores, a informação de pontuação 10 seria a correta e ensejaria o acionamento do PAEBM no nível de emergência 1.

Mais uma vez temos reuniões em que todos são responsáveis pela decisão, o que significa, por sua vez, que ninguém se sente pessoalmente responsável (HOPKINS, 2022, p. 62), isto é, a tomada de decisão "não responsável". Prevaleceu mais uma vez o fenômeno da "mudança arriscada", isto é, quando vários tomam uma decisão juntos, essa tende a ser mais arriscada se apenas um a tivesse tomado (op. cit., p. 70).

Outra situação também destacada por Hopkins (op. cit., p. 71) é o processo conhecido como "pensamento de grupo". Segundo o autor, durante uma reunião para tomada de decisões:

[...] os que duvidam estão em posição forte porque têm o poder de bloquear o consenso. Mas isso, por sua vez, significa que uma pressão enorme pode ser exercida sobre eles por outros membros do grupo a fim de obter consenso. Isso pode resultar em falhas na tomada de decisões.

O pensamento de grupo também foi usado quando da reunião ocorrida no dia anterior ao lançamento do ônibus espacial Challenger. Os engenheiros da THIOKOL, fabricante do SRB, haviam alertado o pessoal da NASA sobre os riscos de um lançamento em temperatura tão baixa. A NASA não aceitou os argumentos apresentados e pressionou quatro gerentes da THIOKOL. Três ficaram a favor do lançamento, enquanto um continuou indeciso e ouviu a seguinte frase: "É hora de tirar o chapéu de engenheiro e colocar o chapéu de administrador". A pressão deu resultado e a THIOKOL apresentou a recomendação de lançamento por unanimidade (VAUGHAN, 2016).

6.9.14.3 Auscultação sem manutenção e/ou ineficiente

Auscultação de uma barragem é o conjunto de métodos de observação do comportamento da estrutura que tem como objetivo verificar as hipóteses, os critérios e os parâmetros adotados em projeto, a adequação dos métodos construtivos e as condições de segurança das obras, de modo a serem adotadas medidas corretivas em tempo hábil, se necessárias (CRUZ, 2004, p. 606-607).

A instrumentação de auscultação é formada por um conjunto de equipamentos que permite monitorar o comportamento mecânico e a posição da linha freática no sistema barragem-reservatório. Podemos citar os piezômetros (PZ), indicadores de nível de água (INA), inclinômetros, radares interferométricos, dentre outros.

A função dos PZ é determinar as pressões neutras em maciços de terra ou rocha (op. cit., p. 611). Pressão neutra é a pressão sobre a água existente nos vazios do solo. Os mais conhecidos são os do tipo Casagrande e elétrico de corda vibrante.

O INA, também tratado como *level indicator* (LI), tem a função de indicar a posição da superfície freática no ponto onde está instalado (op. cit., p. 610). Os inclinômetros são utilizados com o objetivo de mensurar deslocamentos horizontais, superficiais e em subsuperfície (op. cit., p. 618).

O radar interferométrico emite um sinal de micro-ondas que é direcionado para uma determinada área da estrutura monitorada e, conforme a reflexão desta onda, as movimentações da estrutura são calculadas.

Os dados obtidos pela instrumentação devem ser criteriosamente correlacionados com os valores-limites definidos no projeto para que se faça a correta avaliação do comportamento do nível d'água e das condições estruturais da barragem. Os procedimentos de auscultação devem também ser complementados com inspeções visuais periódicas e os dados resultantes devem ser analisados conjuntamente.

A Carta de Riscos é um documento que mapeia a instrumentação de auscultação da barragem, incluindo localização e frequências de leituras, bem como informações sobre os níveis de segurança e parâmetros de referência para interpretação dos resultados das leituras da instrumentação.

Apresentamos separadamente os problemas com os instrumentos de auscultação da BRF e depois da B I.

6.9.14.3.1 Auscultação na BRF

A BRF possuía em novembro de 2015 os seguintes instrumentos instalados (BRASIL, 2016a, p. 46):

- a) 43 piezômetros (PI), sendo 15 de leitura automática e 28 de leitura manual;
- b) 31 Indicadores de nível d'água (LI), sendo 10 de leitura automática e 21 de leitura manual.

No período de 2013 a 2015, a empresa VOGBr foi a responsável pela elaboração dos relatórios técnicos de segurança regular da BRF. Nesses relatórios eram apontados problemas referentes aos equipamentos de auscultação (BRASIL, 2016a).

No RISR do Dique 1 de 2013, elaborado por VOGBr¹⁵³, foi informado que: "Todos os piezômetros apresentaram leituras dentro do nível normal. Apenas o indicador de nível d'água 24LI026 apresentava nível de alerta". O relatório se restringiu a analisar as leituras dos PZ que constavam da Carta de Risco, elaborada pela empresa GEOFAST em 2013. Ao final do relatório é recomendado que: "Revisar a carta de risco (Dique 1)" (op. cit., p. 47).

O RISR do Dique 1 de 2014, elaborado por VOGBr¹⁵⁴, citou que: "Vários instrumentos não foram avaliados, pois não constavam da carta de risco". Este relatório restringiu-se a analisar as leituras dos PZ que constavam da Carta de Risco, elaborada pela empresa GEOFAST em 2013. Ao final do relatório é recomendado, mais uma vez: "Revisar a carta de risco (Dique 1)".

Já no RISR de 2015¹⁵⁵, verificou-se que na tabela 8 foram informados somente os instrumentos que constavam da carta de risco de 2013. Em relação a isto, a VOGBr, pela terceira vez seguida, apontou a revisão da carta de risco como medida a ser tomada.

Apesar da VOGBr ter recomendado de forma recorrente que a Carta de Risco elaborada pela empresa GEOFAST fosse revisada em 2013, 2014 e 2015, tal revisão não ocorreu (BRASIL, 2016a, p. 50).

Esta situação prejudicava a análise dos níveis d'água apresentados pelos instrumentos de monitoração instalados. Embora a Samarco tenha instalado outros inúmeros PZ e INA na BRF, estes não constavam na carta de risco e, portanto, não possuíam os

¹⁵³VOGBR. Relatório de inspeção de segurança regular do dique 1, Barragem de Rejeitos do Fundão, G001624-O-1RT062, 2013.

¹⁵⁴VOGBR. Relatório de inspeção de segurança regular do dique 1, Barragem de Rejeitos do Fundão, G001627-O-1RI002, 2014.

¹⁵⁵VOGBR. Relatório de inspeção de segurança regular do dique 1, Barragem de Rejeitos do Fundão, G001600-O1RI002, de 31/07/2015.

respectivos níveis de referência (normal, atenção, alerta e emergência). Por este motivo, tais equipamentos não foram considerados nas inspeções de segurança regulares realizadas pela VOGBr.

Além disso, alguns piezômetros chave, que vão até o nível da fundação, definidos na carta de risco, como o 24PI051, para a seção HH, e o 24PI057, para a seção LL, não apresentavam leituras, provavelmente por estarem danificados (op. cit., p. 53).

6.9.14.3.2 Auscultação na B I

A Carta de Riscos da B I (BRASIL, 2019a) possuía um quadro que apontava os instrumentos instalados na B I em janeiro de 2018 e as respectivas quantidades (Quadro 20). Destacava-se a informação genérica na coluna "Observação", tanto para os piezômetros tipo Casagrande (PZC) quanto para os INA: "Alguns talvez não estejam funcionando".

Quadro 20 - Resumo da instrumentação de auscultação instalada na B I em 2018

Instrumento	Qtde.	Objetivo	Local	Observação
Marco Superficial	18	Medir deformações horizontais e verticais (recalques)	Sobre as bermas dos diques	Instalados em 2006
Inclinômetro	2	Medir deformações em profundidade na barragem e detectar possíveis círculos de ruptura	Fixo na fundação; seções principais; parte central da barragem	Instalados em 2005. Profundidade de 35m e 45m.
Piezômetro Casagrande	90	Medir pressões neutras	Fundação dos diques; no aterro de rejeito e nos maciços dos diques	Alguns talvez não estejam funcionando
Indicador de nível d'água	38	Medir pressões neutras - hidrostáticas	Aterro de rejeito e nos maciços dos diques iniciais	<u>Alguns talvez não estejam funcionando</u> (grifo nosso)
Drenos controlados com medição de vazão	53	Medir a vazão dos drenos e consequentemente a vazão percolada pela Barragem I	Nos taludes de jusante dos diques da barragem	Vários drenos encontram-se secos
Régua de medição de nível d'água no reservatório	1	Medir o nível d'água do reservatório	Próximo ao talude esquerdo do reservatório	A régua foi instalada em 2004
Pluviômetro	1	Medir o índice pluviométrico da região	Região de Córrego do Feijão - Região da Barragem I	

Fonte: Brasil, 2019a.

A Carta de Risco recebeu sua última atualização em 24/01/2018 e vários piezômetros, dentre eles o PZC41, PZC42, PZC43, PZC44, PZC45, PZC46 e PZC47, não constavam da mesma. Outros como o PZC20B, PZC20C, PZF23, PZM16 e PZ13C também não constavam em tal documento (op. cit.).

Na Figura 125 são apresentados os níveis de segurança dos instrumentos instalados nas seções 0 e 1 da B I, com as profundidades correspondentes aos níveis normal, atenção, alerta e emergência para a crista da barragem na cota 942 m. Para alguns instrumentos não foram informados os níveis de alerta e emergência e não existe explicação para tal fato no relatório.

O RISR de setembro de 2018, elaborado por TÜV SÜD¹⁵⁶, comenta sobre tal situação, mas a deixou em aberto quando utilizou a palavra "certamente":

Somente são apresentados níveis de controle para 110PZs e INAs, contra os 147 instalados. Certamente, parte dessa diferença se deve ao fato de alguns instrumentos estarem muito a jusante do pé da barragem ou fora das seções instrumentadas, não sendo considerados para definição dos níveis de controle.

Figura 125 - Variações do NA e níveis de segurança para os piezômetros e indicadores de nível de água (cota 942 m) instalados na barragem B I

Seção	Instrumentos	Berma	Cota de topo do instrumento (m)	Níveis de operação da Barragem 1 em função da leitura dos instrumentos					
				Normal (FS \geq 1,50)	Atenção (1,50<FS \leq 1,30)		Alerta (1,30<FS \leq 1,10)		Emergência (FS<1,10)
					Menor que	De	Até	De	
SEÇÃO 0	INA-11	922	922,09	920,69	920,69	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	INA-12	916	916,81	914,97	914,97	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	INA -24	937	938,14	934,96	934,96	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZC-26		938,145	934,75	934,75	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	INA -31	942	943,52	940,19	940,19	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZC-33		941,177	938,27	938,27	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
SEÇÃO 1	PZF 1	885	886,13	883,82	883,82	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZM 2	890	890,80	887,00	887,00	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZC-21	893	894,87	890,65	890,65	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZ19 C - 1	904	904,47	902,54	902,54	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZ17C	909	910,60	909,52	909,52	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZ18C		909,50	907,53	907,53	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	INA -01	916	916,52	913,73	913,73	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZ27C		916,07	915,97	915,97	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZ28C		917,42	913,95	913,95	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZ37C	922	922,21	921,37	921,37	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZ38C		922,20	920,00	920,00	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZ47C	929	929,91	928,94	928,94	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZ52C		930,71	927,38	927,38	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	INA -25	937	938,21	934,67	934,67	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZC-27		938,217	934,51	934,51	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	INA -32	942	943,42	939,78	939,78	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica
	PZC-34		941,259	937,82	937,82	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica	Não se Aplica

Fonte: Brasil, 2019a.

Constavam em planilha de medições dos níveis dos instrumentos o PZC-39, Seção 6, e o INA-36, Seção 5, ambos na berma 942, com indicação de jorrante em 31/10/2018. As demais medições destes instrumentos, anteriores e posteriores, indicavam “seco” (BRASIL, 2019a).

A Carta de Risco indicava incorretamente que o PZ19C-1 estava instalado em duas seções diferentes (seções 1 e 2), de acordo com o Quadro 21.

¹⁵⁶ TÜV SÜD. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, RC-SP-100/18, 20/08/2018.

Quadro 21 - Inconsistência quanto à localização do PZ19C-1 e os níveis de segurança

Seção	Instrumento	Berma	Cota de topo do instrumento (m)	Normal ($\geq 1,5$)	Atenção ($1,5 > FS \geq 1,3$)	Alerta ($1,3 > FS \geq 1,1$)	Emergência ($FS < 1,1$)
1	PZ19C-1	904	904,47	902,54	NA	NA	NA
2	PZ19C-1	904	904,47	901,48	902,68	902,68	902,68

Fonte: Brasil, 2019a.

Nota: NA - Não se aplica.

Em relatório de leitura de instrumentos de 2017 constavam informações de instrumentos destruídos, danificados, não encontrados, tampa danificada, obstruído, dentre outras anomalias, sendo indicados dez piezômetros destruídos, sete não encontrados, um danificado (Quadro 22). O PZ 44C e o PZ47C não foram encontrados para leitura durante 5 meses e 2 meses, respectivamente, em 2017. Contudo, ocorreram leituras em 2018. O PZ CFJB1PZ032 não foi encontrado para leitura desde junho de 2017. O PZ 5C possuía indicação “destruído” durante 10 meses em 2017, mas apresentou leituras em 2018 (BRASIL, 2019a).

Quadro 22 - Instrumentos de auscultação instalados na B I sem medições em 2017

Instrumento	Tipo	Subtipo	Tipo de coleta	Situação de medição	Observação	Data de medição
PZ - 5C	Piezômetro	Casagrande	Automatizada	Não realizada	Destruído	01/02/2017
PZ - 5C	Piezômetro	Casagrande	Automatizada	Não realizada	Destruído	01/03/2017
PZ - 44c	Piezômetro	Casagrande	Automatizada	Não realizada	Não encontrado	02/08/2017
PZ - 5C	Piezômetro	Casagrande	Automatizada	Não realizada	Destruído	02/08/2017
PZ - 5C	Piezômetro	Casagrande	Automatizada	Não realizada	Destruído	03/04/2017
PZ - 44C	Piezômetro	Casagrande	Automatizada	Não realizada	Não encontrado	03/07/2017
PZ - 47C	Piezômetro	Casagrande	Automatizada	Realizada	Não encontrado	03/07/2017
PZ - 5C	Piezômetro	Casagrande	Automatizada	Não realizada	Destruído	03/07/2017
PZ - 5C	Piezômetro	Casagrande	Automatizada	Não realizada	Destruído	05/05/2017
PZ - 44C	Piezômetro	Casagrande	Automatizada	Não realizada	Não encontrado	05/10/2017
PZ - 5C	Piezômetro	Casagrande	Automatizada	Não realizada	Destruído	05/10/2017
PZ - 44C	Piezômetro	Casagrande	Automatizada	Não realizada	Tampa presa	06/01/2017
PZ - 44C	Piezômetro	Casagrande	Automatizada	Não realizada	Não encontrado	06/01/2017

Fonte: Arquivos apresentados pela VALE em cumprimento à notificação NAD 20190201 350508-280119-01, item 16: _Email_Medidas dos piezômetros- 20190210T113739Z-001

O PZ-5 ficou sem medição de jan./2017 a jan./2018, apresentou leitura de 879,737 em fev./2018, sem medição de mar./2018 a jun./2018, leituras entre 877,167 a 877,057 de jul./2018 a out./2018, e novamente sem leitura em nov./2018 e dez./2018. O PZF-5 apresentou resultado “seco” somente entre dez./2017 a abril/2018. Entre maio/2018 e out./2018, o PZF-5 apresentou nível piezométrico variando de 869,929 a 871,459 e, a partir de out./2018, não houve mais medição (op. cit.).

Concluiu a SRT/MG (op. cit.) em relação à instrumentação da B I: "Durante análise dos relatórios foram encontradas inúmeras inconsistências que demonstram não somente a

desorganização do mapeamento da instrumentação, como também a negligência na sua interpretação".

Dos instrumentos instalados na B I, 46 estavam em processo de automação. O serviço era executado pela empresa TÜV SÜD, em parceria com a empresa TECWISE. O processo de automação tinha várias etapas, conforme informou o eng.º Hélio Márcio Lopes de Cerqueira, que trabalhava na GGC, quando do seu depoimento à CPI-ALMG:

A primeira etapa é o sensoriamento, que simplesmente é a instalação do sensor em si no hipsômetro existente, seguido da instalação de unidade armazenadora de dados e de transmissão desses dados. Em setembro de 2018, a contratada fez a instalação dos sensores, aí a gente passou, por solicitação da Geotecnia Operacional, a enviar uma leitura mensal para a análise da Geotecnia Operacional. Nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, a unidade armazenadora ainda não havia sido instalada, então a contratada adquiria esse dado em campo. A gente reportava para a Geotecnia Operacional todo mês, e ela recebia e fazia a análise desses dados. No dia 10 de janeiro, ocorreu a instalação do *data logger*, que é essa unidade armazenadora dos dados na barragem B1. Essas leituras passaram, com essa instalação, a ser armazenadas automaticamente, sem precisar ir à barragem fazer a coleta. Então, instalamos esse *data logger* no dia 10, porém não se fez aquisição de leitura, só se fez a instalação. Ela passou a ser registrada do dia 10 para a frente, e, no dia 21 de janeiro, essa contratada foi a campo fazer, finalmente, o download de que a gente precisava para obter a leitura de janeiro, que ainda estava pendente. O acordado com a Geotecnia Operacional era de que seria uma vez por mês, e a de janeiro, no dia 21, ainda estava pendente. A contratada fez esse download e nos enviou no dia 23 de janeiro, só que foi a primeira vez que a leitura teve a interface desse *data logger* que foi instalado. Então, ocorreu um erro de configuração nesse *data logger*, que não era conhecido no dia 23. A gente pegou esse e-mail, e o respondi no dia 24, sem o conhecimento desse erro de configuração. Foi aí que a gente observou essa incoerência das leituras. Dos 46 piezômetros em processo de automação, 11 apresentavam variações muito grandes, porém, 4 deles, analisando-se o gráfico que a gente recebeu de uma planilha Excel, eram fisicamente impossíveis, eram elevações além da cota do topo do instrumento; ou seja, não poderia ter ocorrido. Para ter ocorrido, o piezômetro, na superfície da estrutura, teria que estar 4m acima. Então esses dois instrumentos poderiam ser descartados pela Geotecnia Operacional, e dois deles apresentavam queda de carga piezométrica, uma queda de pressão grande demais, considerando uma pedra porosa, que é um dos componentes do sensor. Então, estávamos diante de dado de variação de 11 piezômetros, dos quais pelo menos quatro eram fisicamente possíveis. Então, era um dado, analisando-se o gráfico, muito suspeito de estar coerente. Eu, na minha função, na minha atribuição de fiscal do contrato, pedi às contratadas para verificarem e corrigirem [...].

Os 46 instrumentos automatizados e os demais componentes do sistema de armazenamento e transmissão de dados estavam ainda na fase de ajustes. Até o dia 21 de janeiro de 2019, ainda não havia ocorrido a leitura mensal dos instrumentos. Somente em 23/01/2019, dois dias antes do rompimento, é que a VALE recebeu as leituras por mensagem eletrônica e, apenas no dia 24, é que o eng.º Hélio Cerqueira tomou conhecimento dos 11 instrumentos com leituras inconsistentes.

Segundo o eng.º Hélio Cerqueira, o erro foi em razão da configuração do *data logger*, mas que os instrumentos não detectaram alteração de leitura antes do rompimento (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019):

Esse *data logger* que instalamos, que não se perdeu com a ruptura e foi analisado pela perícia e pela Polícia Federal – está à disposição para qualquer outra averiguação -, aponta leituras de 5min em 5min até o momento do rompimento. Ele indica que, 3min antes da ruptura, não houve nenhuma alteração nesses 46 piezômetros monitorados.

Com relação aos inclinômetros, segundo constou no RISR da B I, de setembro de 2018¹⁵⁷, “os instrumentos instalados não apresentam comprimentos adequados, não sendo engastados em camada indeslocável da fundação. Sendo assim, optou-se por não interpretar as informações fornecidas, apenas reproduzindo os dados brutos de monitoramento”. Vemos, portanto, que eventuais deslocamentos indicados pelos inclinômetros não eram confiáveis e foram, portanto, descartados para a análise da estabilidade da barragem.

Em outubro de 2018, a empresa Fugro instalou quatro novos inclinômetros e também nove PZ elétricos de corda vibrante. Entretanto, a Carta de Riscos não foi atualizada em relação a estes instrumentos. Isso significa que a instalação ainda não havia produzido efeitos, pois não havia parâmetros concretos para interpretação dos resultados obtidos pela leitura desses.

Por último, trazemos as informações do radar interferométrico instalado na B I. O radar interferométrico é equipamento que funciona com a emissão de sinal de micro-onda direcionado para uma determinada área da estrutura monitorada e, conforme a reflexão desta onda, as movimentações da estrutura são calculadas.

No dia 14/05/2019, em seu depoimento à CDI-CD, declarou o Sr. Tércio Andrade Costa, Operador de Radar, que o equipamento foi instalado na B I no início de março de 2018. Cerca de sete dias depois, aproximadamente no dia 08/03/2018, já fora possível identificar algumas variações na leitura. Esta informação foi encaminhada à eng.ª Cristina Malheiros e ao geólogo César Grandchamp, a quem caberiam fazer as interpretações dos dados, visto que o depoente não tinha capacidade para fazê-las (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019, p. 123).

Relatou o depoente à CPIBruma que na medida em que o tempo foi passando, foi possível identificar outras áreas (com variações) pequenas, sendo essas reportadas mensalmente para Cristina Malheiros, César Grandchamp, dentre outros.

¹⁵⁷TÜV SÜD. Relatório de inspeção de segurança regular da B I, RC-SP-100/18, 20/08/2018.

Já no dia 18/01/2019, portanto, uma semana antes do rompimento da B I, o Sr. Tércio encaminhou aos Srs. Marcos Domingues, Artur Ribeiro e Andrea Dornas a atualização das leituras do radar da barragem. O documento pedia atenção para deformação na área 17, com superfície aproximada de 1,5 ha. Nesta área, foi notada redução histórica da amplitude de reflexão das micro-ondas e essa redução poderia se relacionar a três fatores: 1) crescimento excessivo de vegetação, mas vegetação rasteira, como gramíneas, não constitui barreira para o transpasse da onda; 2) variação de umidade, pois a faixa de frequência das micro-ondas que opera o radar terrestre não é refletida na água e essa ainda causa mudança nos parâmetros de coerência de sinal de retorno; e 3) variação na compactidade do material, pois materiais mais compactos, via de regra, são bons refletores, o contrário ocorrendo com materiais porosos; assim, se houve uma variação na amplitude de reflexão do sinal, existe possibilidade de variação de compactidade. O documento ainda afirma que, por se tratar de uma área grande, existem pixels com valores de deformação amplos, tanto positivos quanto negativos. Dessa forma, o valor encontrado era a média da deformação. Informa ainda que a deformação total era progressiva, sobretudo após dezembro, com velocidade média também positiva ao longo de todo o mês e aceleração oscilante sobretudo depois de janeiro (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019, p. 120).

A área 17, conforme consta no relatório da CPI-SF, era onde a empresa Fugro estava executando perfurações na B I para a instalação de 38 piezômetros elétricos e quatro inclinômetros (op. cit., p. 121).

Na CPI-ALMG, foi o geólogo César Grandchamp questionado sobre a movimentação da área 17 pelo Deputado Quintão:

Quintão

O senhor soube dessas ocorrências?

César Grandchamp

Eu estava nesse dia 18 (de janeiro), eu fui à mina do Tamanduá. Igual eu expliquei a minha função, eu auxiliava o pessoal do planejamento de lavra também. Muitas, muitas questões. Eu fui numa reunião com o planejamento de lavra e a operação da mina para discutir o porte de equipamento. Então eu passei a manhã toda na mina do Tamanduá em reunião para discutir cortes de equipamento. Só que eu cheguei cedo lá, 7 e meia da manhã, e no caminho da sala de reunião, eu passo na frente do box onde ficavam os visores dos 3 radares instalados. E estava a equipe de geotecnia lá, e eu no corredor e eu falei, e aí, tem alguma novidade? Aí o Tércio, falou "Eu tô observando aqui lá na B I uma movimentação nessa área de entorno de 100 mm, 10 cm". O procedimento definido era o seguinte, que toda, todo e qualquer ruído, movimentação, qualquer coisa apontada pelo radar, o radar era tido para a gente como um instrumento auxiliar. É, a gente estava fazendo um teste em barragem, a gente sabia dele como ele operava em cavas, mais em barragens, estruturas de terra, a gente tava fazendo um teste.

Continua.

Continuação.

Para o procedimento todo, tudo o que acontecesse que o radar pegasse, tinha que ser comunicado aos geotécnicos de ponta que iriam no local e aferiam. Aí você tem marcos de deformação, você tem prismas fotográficos, tem os indicadores de nível d'água, tem os piezômetros e tem os inclinômetros.

Então, e tem a inspeção visual, então para ver se existia uma relação entre o que o radar está vendo com o que está acontecendo in loco. A primeira pergunta que eu fiz para o seu Tércio foi a seguinte: 'Avisou a equipe de geotecnia?'. Aí ele falou assim: 'Não, já passei por e-mail'. E eu sou muito aflito, peguei o telefone e liguei para o telefone corporativo da Geotecnia de Feijão. Isso estudo está nos telefones que estão com a Polícia Federal. Quem me atendeu foi o Sr. Arthur Ribeiro: 'Já fui avisado, a Cristina está chegando e nós vamos à barragem agora fazer uma inspeção'. Fui pra minha reunião, na parte da tarde eu recebi um telefonema da senhora Cristina, falando que tinha feito toda a verificação de toda a instrumentação, tinha feito a inspeção e que nada tinha sido observado. E o e-mail, aí eu recebi a resposta do seu Arthur para o e-mail do seu Tércio, o seu Arthur me copiou, descrevendo tudo o que eles tinham feito, inclusive com foto, relatório fotográfico, tudo dizendo que não tinha sido observado nada.

Aí eu queria fazer um 'parêntese'. Meu advogado fica me tocando, que eu falo demais. Mas aí eu queria fazer um 'parêntese', o seguinte, uma movimentação de 10 cm, a barragem ela é composta por um maciço de terra, e as bermas elas têm estruturas de concreto, que são as canaletas que conduzem a água superficial e as descidas d'água. Uma movimentação de 10 cm, seja ela para dentro ou para fora, provocaria trincas de tração nas estruturas de concreto. Então não foi observado. Então, no relatório que eu recebi tanto do Sr. Arthur, quando nas palavras da Cristina, quando depois da inspeção do dia, a que foi feita dia 22 e depois na inspeção da TÜV SÜD no dia 23, nenhuma feição de que aquela anomalia estivesse presente ali no local (grifo nosso).

O Centro Internacional de Métodos Numéricos em Engenharia (CIMNE) da Universidade Politécnica da Catalunha apresentou laudo técnico em agosto de 2021 com interpretações diferentes das leituras do radar interferométrico instalado na B I.

Segundo o CIMNE (2021a, p. 55), a localização e as características do instrumento o tornaram particularmente sensível a deslocamento perpendicular ao eixo central da barragem.

Os principais resultados do estudo são:

- os mapas mensais de deformação acumulada com base neste instrumento estão repletos de ruído e não são confiáveis.
- o radar terrestre detectou de forma confiável algum inchaço rápido e depois entrou em colapso de magnitude milimétrica quando do incidente com o DHP em junho de 2018.
- uma remontagem em "câmera lenta" do registro do radar (1 imagem por dia) resulta em uma interpretação mais confiável, apontando que não houve movimento acima da precisão do instrumento, exceto uma movimentação de 2 mm na última semana antes do rompimento em alguns pontos da face da barragem.

Em resumo, segundo o CIMNE (op. cit., p. 56), as evidências disponíveis sobre os movimentos da barragem antes do rompimento não mostram nenhum sinal claro de falha iminente, como movimentos acelerados perto da frente da barragem.

6.9.14.3.3 Discussões

De acordo com Galvão Sobrinho (2014), para que as leituras dos instrumentos de auscultação sejam confiáveis é necessário que tenham sido calibrados e instalados corretamente e, uma vez instalados, não venham sofrer quaisquer avarias que os prejudiquem.

Para que seja possível identificar comportamentos anômalos tanto das estruturas, quanto dos próprios instrumentos, é importante que haja a definição de faixas de valores aceitáveis para cada instrumento. São estabelecidos valores-limites para as medidas por meio de métodos determinísticos, estatísticos ou híbridos. A conjugação de informações obtidas por estes métodos pode levar ao estabelecimento de faixas de atenção e de alerta úteis no monitoramento contínuo de segurança da barragem (DIVINO; FUSARO¹⁵⁸, 2006 apud CASTRO, 2008).

Foram identificados PZ e INA danificados e obstruídos, PZ sem leitura por algum tempo em razão de não serem encontrados, PZ e INA com indicação de jorrante em um mês e nos demais (anteriores e posteriores) apontados como seco, PZ com indicação em duas seções da barragem, PZ automatizados e equipamentos de coleta e transmissão de dados ainda em fase de ajuste, inclinômetros que não apresentavam comprimentos adequados, não sendo engastados em camada indeslocável da fundação, radar interferométrico instalado em posição que o tornou particularmente sensível a deslocamento perpendicular em relação ao eixo central da barragem, com mapas de leitura repletos de ruídos e não confiáveis. Além disso, existiam PZ na B I que não apresentavam níveis de referência na carta de risco e instrumentos que não constavam na carta de risco.

Emerman (2019) escreveu sobre a última auditoria de segurança realizada na B I, inclusive sobre os instrumentos de auscultação:

Os dados piezométricos e do medidor de vazão eram gerenciados pelo GEOTEC. Havia muitas inconsistências nos dados, por exemplo, em alguns casos, os registros piezométricos indicavam que a água estava acima da superfície. Todas as tentativas de corrigir as inconsistências foram infrutíferas. Muitos registros piezométricos estavam faltando sem explicação. Algumas leituras dos piezômetros mostraram níveis acima do “nível de atenção”. No entanto, esses níveis eram difíceis de avaliar devido ao grande número de inconsistências no conjunto de dados. [...] Não foi possível conciliar as medições dos medidores de vazão (monitoramento das vazões pelas saídas dos drenos internos) realizadas pelo GEOTEC com as medições realizadas pelos operadores da barragem. Os dois grupos pareciam estar usando diferentes sistemas de coordenadas para definir as localizações de medidores de vazão.[...] Os dados dos inclinômetros eram completamente inúteis. Em alguns

¹⁵⁸DIVINO, P. L.; FUSARO, T. C. Manual da instrumentação: o elo entre projeto e operação de barragens. In: Simpósio sobre Instrumentação de Barragens, 3, 2006, São Paulo. **Anais**. São Paulo: CBDB, 2006. p. 337-345.

casos, as medições do inclinômetro foram registradas sem especificar a qual inclinômetro elas se aplicavam. [...] Por fim, nenhum dos inclinômetros foi instalado corretamente.

Diante do exposto, ficou comprometida a gestão do instrumental de auscultação instalado na B I, prejudicando assim a confiabilidade dos resultados apresentados pelos instrumentos.

6.9.14.4 Contratação de Engenheiro de Registros

VALE e Samarco receberam recomendações para manterem um Engenheiro de Registros¹⁵⁹ (EoR–Engineer of Records) antes do rompimento da B I e da BRF. Apesar do EoR não ter sido uma exigência legal no Brasil à época dos desastres, tem sido uma boa prática internacional quando se fala em segurança de barragens.

6.9.14.4.1 Engenheiro de Registros para BRF

No relatório de outubro de 2011 do ITRB, isto é, quatro anos antes do rompimento da BRF, informou o *board* contratado pela SAMARCO que o papel do EoR fora transferido de Joaquim Pimenta de Ávila, consultor externo e projetista da barragem do Fundão, para Germano Lopes, Gerente Geral de Geotecnia, empregado da Samarco. Sobre este assunto manifestou-se o ITRB:

O ITRB foi informado que o papel do EoR foi transferido de Joaquim Pimenta para Germano Lopes. Apesar do ITRB compreender o entendimento da Samarco de que a responsabilidade pelo sistema de rejeitos e, especialmente sobre as barragens, seria da Samarco e, por isso, o EoR deveria ser um empregado da Samarco, foi registrado que as barragens da Samarco:

- são estruturas extremamente perigosas;
- são as mais altas barragens de rejeitos do Brasil;
- possuem um número elevado de defeitos e fraco desempenho (*poor performance*), questões que exigem alto nível de expertise técnica e experiência.

Para lidar com estruturas deste tipo, o EoR deve:

- i. ser totalmente informado de todos os aspectos da investigação, projetos, operação, monitoramento, manutenção e modificações do sistema de rejeitos, e
- ii. ter capacidade técnica e experiência para tomar decisões corretas relacionadas a este respeito a fim de assegurar que o sistema de rejeitos atinja o objetivo de segurança dos projetos e desempenho operacional.

A nova estrutura de governança pode oferecer governança corporativa apropriada para o Sistema de Rejeitos de Fundão. O corpo de membros da Samarco não é de grandes especialistas de projetos de barragens e possui experiência limitada com outras operações de similar complexidade técnica e dimensão, entretanto, é

¹⁵⁹Profissional externo à empresa, com registro no CREA, capaz de apoiar a aplicação dos procedimentos recomendados às boas práticas de segurança, respaldado pelos regulamentos, diretrizes e normas aplicáveis no âmbito nacional e internacional. Fonte: Brasil, 2022c.

intimamente familiarizado com as estruturas de rejeitos de Fundão. Pimenta (e outros especialistas em projetos) possuem conhecimentos técnicos e ampla experiência dos projetos e desempenho de barragens. Pimenta também possui considerável conhecimento sobre as condições específicas da mina da Samarco. Muitos desses conhecimentos específicos são provenientes da presença física no local durante diversos estágios de investigação, projetos e construção do sistema de rejeitos.

O ITRB recomenda que sejam realizados todos os esforços possíveis para garantir a continuidade do pleno entendimento dos projetos e condições locais, pelo EoR da Samarco, Departamento de Geotecnia, e Pimenta de Ávila Consultoria, a fim de garantir que haja a manutenção da combinação de forças dos dois grupos (grifo nosso) (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2016).

Verifica-se então a preocupação do ITRB, ainda em 2011, quanto à necessidade de manter um EoR experiente à frente das barragens da Samarco, já que as mesmas eram as mais altas do Brasil e apresentavam grande número de defeitos. Além de não ser reconduzido ao posto de EoR na Samarco, Joaquim Pimenta de Ávila deixou de ser o projetista da BRF em 2012.

6.9.14.4.2 Engenheiro de Registros para B I

O PIESEM - Independent Panel of Experts for Safety and Risk of Geotechnical Structures, painel criado pela VALE, contava com a participação de engenheiros geotécnicos de várias partes do mundo, com expertise sobre o assunto "segurança de barragens". O primeiro encontro desse grupo ocorreu em março de 2017 durante cinco dias.

De 13 a 17 de novembro de 2017, em Belo Horizonte/MG, ocorreu o 2º PIESEM-I, que contou com a presença de oito especialistas¹⁶⁰. Neste painel foram discutidos os seguintes assuntos:

- a) Engenheiro de Registros (*Engineer of Records*);
- b) Análise de liquefação;
- c) Níveis de tolerância e análise de risco;
- d) Plano de ação emergencial;
- e) Automação e instrumentação de monitoramento;
- f) Barragens em operação e sob construção;
- g) Status das recomendações do 1º PIESEM.

Em 20 de dezembro de 2017, foi submetido à VALE o relatório final do 2º PIESEM-I. Como já informado, o assunto do EoR foi amplamente discutido (op. cit.).

¹⁶⁰VALE. Relatório final do 2º PIESEM-I, 20/12/2017.

O painel citou inicialmente o reconhecimento pelo ICOLD (International Commission on Large Dams), em 2001, de algumas das principais causas que poderiam explicar o alto número de falhas em barragens pelo mundo. Este entendimento foi confirmado pelo ICMC (International Council of Mining and Metals) em 2016, que destacou alguns aspectos referentes ao papel do gerenciamento de rejeitos em muitas falhas:

- a) falta de controle do balanço de águas;
- b) falta do controle de construção;
- c) falta de entendimento dos recursos que controlam operações seguras;
- d) falta de responsabilidade e governança pelos operadores (grifo nosso).

No fechamento do 1º PIESEM-I, em março de 2017, foi declarado que a VALE deveria definir quem era o "dono" da barragem, que é a pessoa que deve ter acesso aos recursos necessários para implantar qualquer ação necessária e que deve ter acesso direto aos altos níveis diretivos, se necessário¹⁶⁰.

O 2º PIESEM-I reconheceu que houve avanços da VALE em relação a este assunto, com a criação de um comitê que se reunia mensalmente com a participação de engenheiros geotécnicos e de representantes do alto nível da organização. Mesmo assim, o "dono" das instalações de armazenamento de rejeito dentro da VALE não estava totalmente claro¹⁶⁰.

O painel citou profissionais independentes externos que poderiam colaborar com a organização¹⁶⁰:

- a) Painel de Revisão Independente (IRP): formado por profissionais qualificados e experientes que revisam as fases de projeto, construção e operação, normalmente pelo menos uma vez por ano.
- b) Engenheiro de Registro (EoR): uma equipe devidamente qualificada liderada pelo EoR deve supervisionar e registrar as fases de projeto, construção e operação das instalações de armazenamento de rejeitos (tradução nossa).

Destaca o relatório do 2º PIESEM-I que¹⁶⁰:

Entre outras muitas tarefas e responsabilidade que o EoR seria requerido a desenvolver, as seguintes atividades são essenciais:

- Todos os projetos ou mudanças deveriam ser documentados e aprovados pelo pessoal qualificado e pelo EoR. O IRP deveria estar consciente de todas as mudanças materiais.
- Revisões trimestrais ou semi-anuais, incluindo a compilação e avaliação de relatórios de inspeção interna e informações de monitoramento.
- Inspeção de segurança anual da barragem (aprovada/aceita pelo Gerente Geral), incluindo visitas aos *sites*, relatórios fotográficos, revisão de condições estruturais das instalações, conformidade com projeto, confirmação de suficiente informação etc.

Segundo o 2º PIESEM-I, o EoR, tipicamente, poderia ser¹⁶⁰:

O Engenheiro de Projetos que completou a engenharia detalhada, desenhos de construção e especificações para construir a estrutura; ou
Um substituto do Engenheiro de Projetos se a pessoa não está mais disponível, a companhia não existe mais, ou se as obrigações do Engenheiro de Projeto foram transferidas para outra companhia de engenharia por quaisquer razões (grifo nosso).

Deveria ser enfatizado que, embora um time dê suporte ao EoR, a pessoa designada como EoR lidera o time. As qualificações da pessoa selecionada são de alta importância. Por fim, cita o relatório¹⁶⁰ em relação ao EoR:

O PIESEM reconhece as dificuldades especiais que a VALE enfrenta quando seleciona um EoR para cada barragem de contenção de rejeitos, considerando que diferentes projetistas projetaram as barragens existentes. Na outra mão, poderia ser difícil para uma pessoa externa absorver a complexa história das barragens das minas da VALE. Uma possível solução seria selecionar um EoR para cada complexo minerário dentre os projetistas que já tem trabalhado em projeto de barragens na mina, especialmente os mais recentes projetos.
No caso da VALE, existe uma vantagem neste sentido pois há uma equipe altamente qualificada de engenheiros geotécnicos que provavelmente poderia fazer (se já não faz) muitas das tarefas que em outras minas seriam feitas pelo EoR, embora sendo empregados da VALE, eles não teriam a independência que é desejável para o EoR (grifo nosso).

No caso da B I a situação era mais complicada para a definição de um EoR pois a barragem teve projetistas diferentes para os vários alteamentos. Além disto, inúmeras empresas de engenharia foram responsáveis pela elaboração dos relatórios de inspeção de segurança regular da B I desde 2015.

No 3º PIESEM-I¹⁶¹, ocorrido em outubro de 2018, não foi mais discutido o tema EoR, nem a VALE determinou quais seriam os EoR para as barragens de suas minas.

6.9.14.4.3 Discussões

A figura do EoR já é uma antiga prática internacional no mundo da mineração. O ICOLD tem recomendado a contratação do EoR desde 1989, quando da publicação do Boletim nº 72.

O primeiro guia para o gerenciamento de instalações de rejeitos foi elaborado pela Mining Association in Canada - MAC (Associação de Mineração do Canadá) em 1998. Uma segunda edição surgiu em 2011. Após a falha de uma barragem de contenção de rejeitos na mina de Mount Polley, em British Columbia, em 2014, a MAC lançou a 3ª revisão do manual em 2017. O EoR, segundo a MAC (2017), tem como atribuições verificar se a instalação de rejeitos tem sido:

¹⁶¹VALE. Relatório final do 3º PIESEM-I, 2018.

Projetada de acordo com objetivos e indicadores de performance e, guias aplicáveis, padrões e requisitos legais, e;
 Construída e performando, através de seu ciclo de vida, de acordo com a intenção do projeto, objetivos e indicadores de performance, guias aplicáveis, padrões e requisitos legais.

Além da MAC, a presença do EoR é descrita como boa prática no guia do ICMM, conselho do qual a VALE faz parte, e do guia do *Global Industry Standard on Tailings Management – GISTM*, desenvolvido pelo *United Nations Environment Programme (UNEP)* (MORGENSTERN, 2018).

Mais uma vez a VALE não atendeu às recomendações recebidas de seus consultores e, somente em 28 de abril de 2020, no relatório do desempenho do 1º trimestre de 2020 (VALE, 2020c), informou a VALE sobre o EoR:

A VALE também está prosseguindo com as melhorias de suas práticas de gerenciamento de riscos e, em janeiro de 2020, a função de Engenheiro de Registro (EoR) foi implementada como uma etapa adicional para fortalecer a governança de seu Sistema de Gerenciamento de Rejeitos. O EoR é responsável por realizar a inspeção regular de segurança de barragens e os relatórios técnicos mensais, continuamente interpretando os resultados das atividades de inspeção e monitorando a integridade das estruturas. A função de EoR é externa às operações e integrada às linhas de defesa da VALE e ao nível de gestão sênior da companhia, de forma a agir com a autoridade requerida para este tipo de função. A adoção do EoR é boa prática recomendada pela Mining Association of Canada (MAC), pela Canadian Dam Association (CDA) e pelo Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Apuração, provendo maior confiabilidade e qualidade ao processo de monitoramento e revisão da segurança das barragens (grifo nosso).

6.9.14.5 Quadro resumo

A seguir apresentamos um quadro resumo (Quadro 23) com os fatores comuns que podem ter contribuído com o rompimento da BRF e da B I constantes do item 6.9.14.

Quadro 23 - Resumo dos fatores comuns que podem ter contribuído para o rompimento da BRF e da BI

Fator contribuinte	BRF (Mariana)	B I (Brumadinho)
Disposição de rejeito inadequada	Largura da praia inferior ao mínimo	Idem até 2015
	Abertura de canal entre os reservatórios do Dique 1 e Dique 2 (meados 2011)	79% das inspeções quinzenais em 2015 apontaram para lançamentos sem critério
Demora na adoção de novas soluções de drenagem	Tapetes drenantes estavam sendo executados quando do rompimento	Drenos horizontais profundos foram interrompidos em jun./2018
		Poços verticais de rebaixamento ainda não iniciados
Demora na execução de obras de reforço	Retorno da barragem ao eixo original estava longe de ser concluída	Não implantação de bermas de reforço recomendadas em dez./2017
Auscultação sem manutenção e/ou ineficiente	Alguns instrumentos sem definição dos níveis de atenção, alerta e emergência na Carta de Riscos	Idem
		Instrumentos destruídos, danificados, não encontrados, obstruídos

Continua.

Continuação.

Auscultação sem manutenção e/ou ineficiente	Instrumentos automatizados sem manutenção	46 instrumentos automatizados sem unidade de armazenamento de dados até 10/01/2019 e sem leitura de campo até 21/01/19
		Inclinômetros com comprimento inadequado
		Radar interferométrico instalado em posição inadequada
Engenheiros de Registros	Sem definição do EoR	Idem

Fonte: Autor

6.9.15 Lições não aprendidas em outras empresas

Hopkins (2022) entende que “uma organização aprendeu com um incidente/acidente quando ela muda sua estrutura, procedimentos, prioridades de aplicação de recursos ou indicadores de desempenho, ou se faz alguma outra mudança organizacional em resposta a ele”. Se as mudanças são reais, aponta o autor que:

[...] a aprendizagem a partir do acidente será incorporada na organização e sobreviverá à partida de qualquer um ou de todos aqueles diretamente envolvidos nele. Reconhecidamente, tais mudanças são feitas por indivíduos posicionados no topo da organização e podem ser vulneráveis quando essas pessoas partem, mas, com essa condição, a mudança organizacional transcende os indivíduos. Em suma, a aprendizagem organizacional envolve a inserção das lições de um acidente na própria organização, e não nos indivíduos que a compõem.

É importante destacar que a aprendizagem organizacional a partir de acidentes depende da aprendizagem individual de pessoas que estão no topo da organização, pois quando elas identificam a necessidade de mudanças na estrutura, nos recursos e assim por diante, as mudanças serão feitas. É preciso que ocorra um impacto nos tomadores de decisão da alta gestão para que uma resposta organizacional apareça (HOPKINS, 2022).

Fazendo um paralelo com o caso VALE, apresentaremos desastres industriais que ocorreram em grandes empresas que não conseguiram aprender com o primeiro evento catastrófico.

6.9.15.1 Explosões na NASA

A NASA teve dois acidentes catastróficos com os ônibus espaciais Challenger e Columbia, em 1986 e 2003, respectivamente. A parte da estrutura do ônibus espacial diretamente afetada e que preocupava os especialistas foi diferente nas duas espaçonaves, sendo as juntas do SRB na Challenger e uma brecha no sistema de proteção térmica da Columbia, parte posterior de sua asa esquerda.

Quando da investigação do acidente da Challenger, Vaughan indicou que as comissões de investigação (*Presidential Commission e House Committee*) tornaram claro que não era uma falha técnica, que a organização da NASA estava implicada. Criticaram o meio ambiente econômico e político que estavam nas origens do desastre. Mas ambas focaram atenção (e culpa) nos gerentes médios que tomaram decisões escondendo problemas técnicos dos administradores superiores. Este foco criou a impressão que o resultado poderia ter sido diferente caso tivessem os gerentes se comportado diferentemente. Essa explicação mascarou as complexas causas estruturais do desastre e tirou a atenção das elites poderosas, que tomaram decisões e ações que comprometeram o projeto do ônibus. Congresso e Casa Branca estabeleceram metas e tomaram decisões sobre recursos que transformaram a agência espacial em operação de negócio quase-competitivo, cheio de ciclos de produção repetidos, prazo de entrega, e metas de custo e eficiência (VAUGHAN, 2016, p. 389).

Na investigação do desastre com a Columbia, o comitê de investigação constituído, o CAIB, apontou como causas as pressões de produção e a complexidade organizacional da NASA, seu peso, o formalismo das relações que não permitiram que os peritos da base da organização fizessem uso de seus alarmes eficazmente (LLORY; MONTMAYEUL, 2014, p. 47-48). As conclusões do CAIB estão muito perto do que já havia sido apontado pelas duas comissões que investigaram a queda da Challenger.

6.9.15.2 Explosões na British Petroleum

A British Petroleum (BP), uma das maiores petroleiras do mundo, também enfrentou duas grandes catástrofes, as explosões da Refinaria de Texas City, em 2005, e da plataforma Deepwater Horizon, no poço de Macondo, golfo do México, em 2010, com 15 e 11 mortes, respectivamente. As duas estruturas produtivas são completamente diferentes, mas as investigações levaram a algumas causas comuns (HOPKINS, 2022, p. 151).

A petroleira deixou amplamente intacta a estrutura organizacional descentralizada que havia permitido que partes da empresa, e a refinaria de Texas City em particular, operassem muito aquém das melhores práticas. Houve alguns gestos na direção de fortalecer a função central de engenharia depois do acidente de Texas City, mas eles não tiveram impacto na tomada de decisões de engenharia no poço de Macondo. A BP também não fez, depois de Texas City, mudanças radicais em suas formas de bonificação, que ofereciam recompensas para a produção maiores do que para a segurança (op. cit., p. 152).

A BP sofreu um vazamento no mar Cáspio 18 meses antes do vazamento de

Macondo. No mar Cáspio não houve ignição, mas 211 pessoas foram evacuadas e o campo foi fechado por meses, causando grandes perdas de produção. O vazamento aparentemente foi o resultado de um trabalho de cimentação ruim, o mesmo problema que levou à explosão do poço de Macondo (op. cit., p. 152).

Oito meses antes do vazamento de Macondo, ocorreu o derramamento de óleo do poço de Montara, no mar de Timor, na costa norte da Austrália Ocidental, operado pela petroleira PTTEP Australásia. Esse derramamento também envolveu uma falha de cimentação, que sequer foi reconhecida pela empresa. Entretanto, o relatório do acidente de Montara apareceu depois do vazamento de Macondo e, portanto, não estava disponível para os engenheiros da BP. Se eles leriam o relatório, caso estivesse disponível, é outro assunto (HAYES¹⁶², 2012 apud HOPKINS, 2022, p. 153).

No dia 8 de março de 2010, pouco mais de um mês antes do vazamento, o poço de Macondo teve um pontapé significativo¹⁶³. A tripulação da plataforma levou 33 minutos para compreender que o poço estava vazando, o que só pode significar que eles não estavam monitorando o poço como deveriam. Um documento “Lições aprendidas” foi distribuído pela BP Golfo do México, mas esse não foi inserido no sistema de notificação de incidentes da companhia, nem foi conduzida uma investigação requerida por suas próprias políticas (op. cit., p. 153).

Outra falha, que poderia ter contribuído para prevenir o desastre de Macondo, ocorreu em plataforma da petroleira SHELL e operada pela Transocean, a mesma empresa que operava a Deepwater Horizon. No dia 23 de dezembro de 2009, apenas quatro meses antes do vazamento de Macondo, a Transocean passou por um evento extraordinariamente parecido nas águas do mar do Norte, no Reino Unido. Na ocasião, os funcionários da plataforma estavam deslocando a lama no riser (tubo de ascensão) com água do mar, como estavam fazendo em Macondo. Já havia sido realizado um teste de pressão reduzida no poço e que foi declarado um sucesso. Exatamente como ocorreu em Macondo, eles aparentemente pararam de monitorar e foram pegos de surpresa quando a lama extravasou para o piso da plataforma. Mas os operadores conseguiram fechar o poço antes que um vazamento incontrolável ou um incêndio ocorresse (op. cit., p. 154).

Após o incidente no mar do Norte, a Transocean criou uma apresentação em

¹⁶²HAYES, J. Operator competence and capacity: lesson from the Montara blowout. *Safety Science*, 50, p. 563-574, 2012.

¹⁶³É a entrada de uma quantidade significativa de fluidos de formação (petróleo e gás) no poço, de modo a criar uma pressão ascendente no mesmo.

powerpoint alertando que “barreiras testadas podem falhar” e observando que “a percepção de risco de falha de barreira foi diminuída” pelo teste de pressão reduzida. A apresentação concluía que alta vigilância é necessária quando operando em desequilíbrio com uma barreira – exatamente a situação em Macondo. A Transocean emitiu outra recomendação de operações para a sua frota do mar do Norte no dia 14 de abril, seis dias antes do acidente de Macondo. Entre outras coisas, a recomendação advertia: “Não sejam complacentes porque o reservatório foi isolado e testado. Permaneçam focados no controle do poço e nos bons procedimentos de controle do poço”. Aparentemente, as informações do acidente no mar do Norte não chegaram a Macondo, isto é, mais uma oportunidade de aprendizado foi perdida (op. cit., p. 154).

6.9.15.3 A queda dos aviões da Boeing

Passaremos a falar agora dos dois acidentes ocorridos com os aviões Boeing 737 Max em período de 19 semanas. O primeiro avião era operado pela Lion Indonésia e caiu no mar em 29/10/2018, logo depois de decolar de Jacarta, na Indonésia. Este acidente levou 189 pessoas à morte entre tripulantes e passageiros. O segundo, da Ethiopian Airlines, caiu em terra em 10/03/2019, após partir de Addis Ababa, com 157 pessoas mortas. Em ambos o tempo era bom e as quedas ocorreram perto do aeroporto segundo o U.S. Committee on Transportation and Infrastructure (USCIT) (2020, tradução nossa).

Logo após o primeiro acidente, o CEO da Boeing, Dennis Muilenburg, declarou em emissora de TV americana: “Segurança está no cerne do que a Boeing representa” (QUEDA, 2022).

A princípio, a Boeing não admitiu que houvesse problemas na aeronave. Depois, em reunião com a associação americana de pilotos, admitiu que existia um problema no software *Maneuvering Characteristics Augmentation System* – MCAS (Sistema de aumento de características de manobra) do 737 Max, mas que dentro de seis semanas o problema estaria resolvido (op. cit.).

Em razão das alterações do projeto do antigo modelo 737, foi introduzido no 737 Max o MCAS. O software é projetado para ativar somente em voo manual (não autopilotado), quando os flaps do avião estão levantados, e em elevados ângulos de ataque. A confluência de tais condições não é usual. Quando o MCAS é acionado, ele ajusta o estabilizador horizontal apontando o nariz do avião para baixo, garantindo que as forças da coluna de controle aumentem consistentemente à medida que o ângulo de ataque do avião aumenta (BOEING,

2019, tradução nossa).

Segundo o USCTI (2020, p. 219, tradução nossa), que conduziu a investigação das causas da queda das duas aeronaves, ao prestar atenção às terríveis lições dos acidentes do MAX, a Boeing pode e deve tomar medidas significativas para criar e manter uma cultura de segurança eficaz, completa e direta. A Boeing diz que aprendeu lições e fez mudanças desde a queda dos aviões 737 Max. Questionada por Peter A. DeFazio, o chefe da investigação, “se a empresa havia tomado ações “para garantir que os projetos de aviões futuros não tivessem o mesmo destino do 737 Max”, a Boeing informou que tinha constituído um comitê interno de estudo que tinha proposto 10 medidas de adequação.

Contudo, o USCTI (op. cit. p. 230, tradução nossa) entendeu que a eficácia destas mudanças organizacionais e processuais que foram recomendadas internamente dependeria da disposição da Boeing em mudar, conforme apontou em seu relatório:

No entanto, a Boeing não parece ter aceitado totalmente as lições dos acidentes do MAX ou assumido a responsabilidade por erros de projeto. Sem esse reconhecimento, é difícil acreditar que a Boeing fará as mudanças necessárias para melhorar sua cultura de segurança.

O comitê de investigação descobriu que a Boeing tinha, de fato, informações que seu piloto de teste levou mais de 10 segundos para responder à ativação não comandada do MCAS durante um cenário de teste em simulador de voo, uma condição que poderia ser catastrófica. A percepção da Boeing sobre o problema era clara, pois descreveu o resultado do teste como “catastrófico” em seis relatórios internos, concluídos entre 2015 e 2018 (op. cit., p. 231, tradução nossa).

A investigação também não encontrou evidências de que a introdução do MCAS no 737 Max foi comunicada à Federal Aviation Administration - FAA (Administração Federal de Aviação) dos EUA. Se o novo dispositivo fosse declarado à FAA, o órgão exigiria nova capacitação dos pilotos em simulador de voo, o que poderia ter contribuído para evitar as tragédias.

Após uma fusão com a também americana McDonnell Douglas em 1996, o novo CEO acreditava que o mais importante para a nova empresa grupo era criar valor na bolsa de valores de Wall Street. Contudo, em 2003, a Airbus superou a cota de mercado da Boeing e o valor das ações da primeira não parava de subir. A Airbus lançou um novo modelo de avião e seus pedidos dispararam. A fim de recuperar o mercado perdido, a Boeing resolveu lançar, em 2011, um projeto de avião que substituiria o Boeing 737 NG, agora com motores mais econômicos, o 737 Max. Se o novo avião fosse declarado apenas um derivativo, ele seria aprovado pela FAA mais rapidamente, além de não ser necessário que os pilotos passassem

por novo treinamento em simulador de voo, que era um grande custo para as companhias aéreas. Foi então um sucesso de vendas, com 5000 pedidos de aeronaves entre 2011 e 2018, o que impactou diretamente no valor das ações da empresa (QUEDA, 2022).

O grande problema foi que os pilotos estavam operando o 737 Max sem saber que ele estava equipado com o MCAS e foi exatamente o software que empurrou o nariz dos dois aviões para baixo, deixando os comandantes das aeronaves sem entender o que estava ocorrendo.

O documentário produzido por NETFLIX (QUEDA, 2022) mostrou a preocupação de vários trabalhadores da BOEING, pois a qualidade tinha deixado de ser prioridade após a fusão com a McDonnell Douglas e a velocidade da produção passou a prevalecer. Postos de trabalho foram cortados e os trabalhadores tinham de “fazer mais com menos”. Ainda se descobriu que, após a primeira queda, a FAA realizou uma avaliação quantitativa de risco e que, sem o reparo do software, um acidente fatal com o 737 Max poderia acontecer a cada dois anos. Este documento não foi divulgado à época, pois a Boeing informou que o problema estaria resolvido em poucas semanas.

Ao final da investigação, falou Peter A. DeFazio, chefe o comitê de investigação, ao CEO da Boeing:

Nós temos visto que, você sabe, pressões vindas de Wall Street têm uma maneira de influenciar decisões das melhores companhias da pior forma, colocando em risco o público, prejudicando o bom trabalho incontestável de funcionários que trabalharam duro nas linhas de produção. Espero que não seja essa a história que será escrita sobre essa empresa tão admirada (op. cit.).

6.9.15.4 A dificuldade de aprender com os desastres

Como argumenta Vaughan (2016, p. 393, tradução nossa), o entendimento de uma falha organizacional depende de pesquisa sistemática para evitar a falácia retrospectiva, indo além das fontes secundárias e resumos, confiando em conhecimentos pessoais, em fontes que revelam toda a complexidade, a cultura do ambiente no qual as tarefas se desenvolveram e os significados das ações dos envolvidos naquele tempo.

Uma boa investigação pode descobrir os fatores de risco que também são relevantes para outras partes de uma empresa. A boa prática seria garantir que os detalhes do acidente e quaisquer conclusões relevantes fossem divulgados às partes interessadas (HUMAN RELIABILITY ASSOCIATES, 2001, p.38, tradução nossa).

Almeida (2006, p. 187) sistematizou o processo de análise de acidentes em quatro etapas:

1 - Preparação da análise, definição de evento a ser analisado e suas consequências; 2 -Análise propriamente dita com propostas de correção e relatório escrito; 3 – Implantação de correções e seu acompanhamento; e 4 – Retroalimentação ou *feedback* do sistema com atualização baseada nos ensinamentos aprendidos na análise.

Quanto à etapa de retroalimentação, Almeida (2006) entendeu que nas fases iniciais ela visa compartilhar achados imediatos com os demais integrantes do sistema, ressaltando a importância de suas contribuições para o aperfeiçoamento do mesmo. Posteriormente, a retroalimentação torna-se fonte de atualização e melhoria contínua das avaliações de risco presente no sistema.

Para Stoop e Dekker (2012, p. 1429), as modernas investigações de segurança são caracterizadas por: a) Informação baseada em evidências; b) Informação baseada em conhecimento; c) Uma abordagem sistêmica; d) Comunicação e divulgação. A comunicação e a divulgação dos achados das investigações proporcionam um potencial de aprendizagem baseado em casos, ultrapassando o aprendizado no nível de uma empresa ou mesmo em nível setorial.

Mas os desastres industriais ainda se repetem, a capitalização dos ensinamentos de acidentes não ocorre, pelo menos completamente. Pior, as lições são esquecidas. Os responsáveis pelas organizações industriais, cujas preocupações estão centradas na produção, na rentabilidade e na lucratividade, não manifestam um cuidado equivalente frente à segurança de suas instalações. Seus conhecimentos sobre os desastres são muito sucintos, até mesmo inexistentes (LLORY; MONTMAYEUL, 2014, p. 140).

Llory e Montmayeul (op. cit., p. 142) sugerem que as informações dos acidentes graves sejam não somente detalhadas e enriquecidas, mas que elas se tornem facilmente acessíveis aos peritos, analistas de segurança e também aos cidadãos que são mantidos na ignorância sobre a conjunção, por vezes explosiva, dos fenômenos organizacionais, de decisões gerenciais e de degradações técnicas.

Entendemos que parece haver uma incapacidade das organizações de assimilar as lições decorrentes de desastres ocorridos dentro de seus muros, aqueles que aconteceram em outras empresas do grupo ou em outras companhias. Também há um problema de comunicação, pois relatórios de acidentes são produzidos, são arquivados, mas demoram a chegar a outras pessoas interessadas. A mensagem do CEO da VALE quando assumiu a VALE em 2017, “Mariana nunca mais”, foi rapidamente esquecida por aqueles que tomavam as decisões na empresa.

6.9.16 A descaracterização da B I

A ideia do descomissionamento era uma fixação para todos da VALE, como veremos a seguir. Os termos descaracterização e descomissionamento são confusos e somente foram definidos com clareza na Resolução n.º 95 da ANM (BRASIL, 2022c), sendo o descomissionamento uma das etapas da descaracterização^{178,179}.

O Diretor Executivo de Ferrosos e Carvão, Gerd Peter Poppinga, sabia do processo de descomissionamento da B I, conforme declaração na ALMG (2019):

Deputado André Quintão

O senhor então acompanhou a discussão sobre a proposta de descomissionamento dessa barragem?

Gerd Peter Poppinga

Em 2016, a VALE, após a lamentável tragédia de Fundão, nós tomamos a decisão estratégica de descomissionar e de paralisar todas as barragens a montante, isso até antes de a legislação sobre esse assunto entrar em vigor. A partir daí, muitas foram descomissionadas facilmente e rapidamente. Para algumas tinha que ter sido feito projeto com mais detalhes. A B1, que tinha laudo de estabilidade, estava entre elas, entre as que deveria ser feito um descomissionamento com mais detalhes. Era disso que eu tinha conhecimento (grifo nosso).

Ainda declarou Peter Poppinga na ALMG (op. cit.): "O projeto de descomissionamento estava em andamento e, aliás, a licença ambiental para este projeto nos foi concedida em dezembro de 2018".

A decisão estava tomada, isto é, desmontar e extinguir a B I. Mas não seria uma obra fácil, pois a própria obra poderia ser o gatilho para a liquefação da estrutura.

A eng.^a Cristina Malheiros respondeu ao Deputado André Quintão sobre o descomissionamento da B I na ALMG (op. cit.):

Deputado André Quintão

No caso de um hipotético descomissionamento da barragem, que depois, inclusive, foi aprovado, seria também de sua responsabilidade o acompanhamento?

Cristina Malheiros

Excelentíssimo, a VALE contava, no organograma da empresa, com um gerência específica de fechamento de mina, à qual estava associado o projeto de fechamento. E após as definições do projeto é que seriam definidas as formas de descomissionamento. Então, na verdade, ainda não havia uma diretriz clara de como se daria o descomissionamento efetivo da estrutura.

Em outro momento, declarou Cristina Malheiros aos deputados da ALMG (op. cit.):

A etapa de lavra, como era proposto pelo descomissionamento, era uma nova etapa da estrutura. Então requeria todos os olhares, todos os cuidados.

[...]

E para melhorar a segurança da estrutura e para que não houvesse mais essa condição de risco no local, foi definido que houvesse o descomissionamento da estrutura. A orientação que tínhamos era que fossem feitos todos os esforços para o projeto de descomissionamento, e de maneira segura (grifo nosso).

O projeto de descomissionamento efetivamente começou a ser desenvolvido pela empresa TÜV SÜD somente em 21/09/2018, quando foi assinado o contrato de prestação n.º 5500055362 de serviços com a VALE, que tinha como escopo elaborar seis alternativas e um projeto conceitual da alternativa escolhida para fechamento da B I. O contrato teria vigência de 150 dias, encerrando-se em 18/02/2019 ou até o cumprimento de todas as obrigações (BRASIL, 2019a).

Uma apresentação em *powerpoint* com 250 slides, datada de 17/01/2019, demonstrou todo o trabalho desenvolvido pela TÜV SÜD em relação ao projeto conceitual e a escolha da alternativa de fechamento (BRASIL, 2019a).

Em 13/06/2018, dois dias apenas após o evento da ruptura hidráulica, que ainda estava sendo tratada, foi emitida a DCE referente à RPSB que foi elaborada em 2017¹⁶⁴. O documento foi assinado por representante da TÜVSÜD e por representante VALE, o geólogo César Grandchamp (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 215).

Sobre a DCE válida para a B I, foi o geólogo César Grandchamp questionado na CPI-ALMG em 30/05/2019 (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019):

Deputado André Quintão

Qual a consequência para a mina córrego feijão se não houvesse a emissão da declaração de condição de estabilidade da barragem B I?

César Grandchamp

Bom, a barragem já estava paralisada desde 2016.

É, vamos dizer, se a barragem fosse paralisada e se a Agência Nacional de Mineração chegasse por algum motivo, é elevar o nível de risco dela para nível 2, por exemplo.

Aí teria que ter sido feita evacuação da parte de jusante, aí onde estava toda área de beneficiamento de minério, não é?

Isso significaria paralisação da operação da mina.

O Deputado Sargento Rodrigues continuou a questionar César Grandchamp sobre o tema (op. cit.):

Deputado Sargento Rodrigues

Se não fosse declarada a estabilidade da barragem da mina córrego do feijão, todas as atividades daquele complexo deveriam ser paralisadas?

César Grandchamp

Se chegasse a um nível 2 na de nível de alerta do PAEBM, como as instalações de beneficiamento de minério ficavam a jusante da barragem, com certeza as operações seriam paralisadas.

Continua.

¹⁶⁴TÜV SÜD. Revisão Periódica de Segurança da Barragem – Barragem I, N° RC-SP-117/17, 20/11/2017 (emissão inicial). A revisão 4 é datada de 24/08/2018.

Continuação.

Deputado Sargento Rodrigues

O processo de licenciamento ambiental de ampliação da lavra das minas de jangada e feijão e do reaproveitamento dos finos da barragem B I, que estava em andamento no órgão ambiental, seria afetado pela declaração negativa de estabilidade da barragem B I?

César Grandchamp

Sim.

De acordo com a Portaria n.º 70.389/2017 (BRASIL, 2017), quando a RPSB é concluída, uma DCE deve ser emitida. Caso as conclusões da RPSB indicassem a não estabilidade da estrutura, esta informação deveria ser transmitida ao órgão regulador por meio do sistema SIGBM, ocasionando de imediato a interdição da estrutura.

Como a B I já não recebia rejeitos desde julho de 2016, a interdição não teria efeito prático no primeiro momento. Contudo, se a ANM fiscalizasse a barragem, soubesse do ocorrido quando da perfuração do 15º DHP (a fratura não foi comunicada à ANM) compreendesse que a execução dos DHP ocorreu para o rebaixamento da linha freática e aumento do FS, que já era comprovadamente baixo desde 2016, poderia a ANM determinar que fosse acionado o plano de emergência no nível 2.

A Portaria n.º 70.389/2017 estabelecia três níveis de emergência, quais sejam:

Nível 1 - Quando detectada anomalia que resulte na pontuação máxima de 10 (dez) pontos em qualquer coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação), do Anexo V, ou seja, quando iniciada uma ISE e para qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura;

Nível 2 - Quando o resultado das ações adotadas na anomalia referida no inciso I for classificado como "não controlado", de acordo com a definição do §1º do art. 27;

Nível 3 - A ruptura é iminente ou está ocorrendo (grifo nosso).

Conforme declarou César Grandchamp ao Deputado André Quintão, se a ANM elevasse a emergência para o nível de risco 2, teria que ser feita evacuação da parte de jusante, onde estava toda área de beneficiamento de minério, o que significaria a paralisação da operação da mina. O PAEBM da B I¹⁶⁵ confirma a fala de César Grandchamp, conforme item 8.2 do documento:

NOTIFICAÇÃO NA ZONA DE AUTOSSALVAMENTO

É previsto já no fluxograma de notificação nível 2, o alerta na área de autossalvamento, de forma antecipada, buscando o conceito de prontidão para evacuação das pessoas para pontos de encontro (áreas seguras).

¹⁶⁵ WALM. Plano de ação emergência de barragem de mineração da B I, WBH34-17-VALE-RTE-0039, 20/02/2018 (emissão inicial).

As equipes de emergência da VALE e recursos da empresa, uma vez acionados, ficarão de prontidão em suas bases e/ou deslocadas para pontos estratégicos conforme necessidade para aviso às comunidades presentes na área.

Diferentes mecanismos de comunicação serão utilizados, com o uso de acionamentos sonoros, comunicação direta com deslocamento imediato a área e contatos para telefones cadastrados da comunidade e demais agentes públicos.

Recebida a comunicação por parte da VALE na região da ZAS, as pessoas serão orientadas a se deslocar pelas ROTAS DE FUGA até os PONTOS DE ENCONTRO, seguindo sinalização presente na área.

Após a entrega da DCE referente à RPSB¹⁶⁶ em meados de 2018, uma exigência legal da ANM, a eng.^a Marilene Lopes, da GGC, enviou mensagem eletrônica para Alexandre Campanha, seu superior (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 193):

Campanha, gostaria de informar-lhe que concluímos a RPSB das barragens de DPA Alto e 100% obtiveram as Declarações de Estabilidade (DCEs). Todas já foram cadastradas no SIGBM e, portanto, cumprimos integralmente esse marco legal da Portaria 70.389/2017.

Felizmente, obtivemos sucesso na obtenção de todas as declarações, mas gostaria de destacar que o processo de RPSB não foi um processo simples.

[...]

No entanto, é importante mencionar que algumas estruturas, a despeito do resultado, merecem atenção total, no atendimento às pertinentes recomendações dos revisores externos, visando garantir, primeiramente, a segurança das estruturas e também a obtenção da DCE na próxima auditoria externa (setembro/2018).

São elas:

Barragem I de Feijão: rebaixar a linha freática na estrutura e implantar obras de descomissionamento efetivo (lavra controlada) e/ou reforçar a estrutura; [...](grifo nosso).

A mensagem recebida por Alexandre Campanha foi encaminhada a Lúcio Cavalli, que, por sua vez, a encaminhou a Silmar Silva, que a remeteu a vários outros funcionários da VALE, entre os quais o Sr. Joaquim Toledo. No encaminhamento da mensagem, Silmar Silva demonstrou o seu conhecimento acerca do risco vivenciado pela B I, solicitando “atenção especial em relação às estruturas listadas abaixo pela Marilene”.

6.9.16.1 Discussões

A eng.^a Marilene Lopes comemorou a emissão das DCE para todas as barragens da VALE, mas chamou a atenção para algumas, como a B I. A meta legal havia sido cumprida, mas estava claro que as barragens não estavam seguras.

Hopkins (2022, p. 190), quando da análise do acidente de Macondo, informou que os testes com o BOP (*blowout preventer*), equipamento localizado no leito do mar e com a

¹⁶⁶TÜV SÜD. Revisão Periódica de Segurança da Barragem – Barragem I, N° RC-SP-117/17, 20/11/2017 (emissão inicial). A revisão 4 é datada de 24/08/2018.

função de cortar o tubo de perfuração quando de um vazamento de óleo e gás, poderiam ser realizados verificando se os circuitos elétricos instalados no equipamento estariam funcionando como planejado. A agência reguladora norte-americana exigia um grande número de testes, que eram quase sempre bem sucedidos - houve apenas 62 falhas em 90 mil testes realizados ao longo de vários anos. Mas um estudo feito para o órgão regulador em 2002 verificou que, dos seis BOPs que foram testados para desempenhar a sua função em circunstâncias tão próximas quanto possível daquelas que prevalecem na emergência, apenas três conseguiram cortar o tubo de perfuração, uma taxa de fracasso de 50%. Em resumo:

[...] enquanto um teste realista da habilidade do BOP de funcionar em uma emergência resultou em uma alarmante taxa de fracasso de 50%, as formas mais limitadas de testagem prescritas pelas normas sugeriam que os BOPs funcionavam de forma muito confiável. Essa discrepância não parecia importar, entretanto, porque o que estava em primeiro lugar na cabeça de todos era a conformidade à regulamentação, e não a segurança. O regime de testagem tinha perdido a segurança de vista (grifo nosso).

O plano de resposta a vazamento de óleo de Macondo era terrivelmente inadequado, não mais do que um exercício em papel projetado para preencher um requisito legal. Uma empresa não pode alegar que está em conformidade só porque ela passou por um processo de identificação de riscos, se esse processo for comprovadamente inadequado e falhar na identificação e controle de riscos (op. cit., p.198).

Hopkins (op. cit., p. 199) também lembrou que mesmo que não haja uma norma diretamente aplicável, as empresas ainda têm o dever de gerenciar o risco. Elas devem, portanto, manter um nível razoável de consciência do risco que vai além da simples conformidade.

As leis e normas geralmente estabelecem as diretrizes mínimas que as empresas devem atender. Como exemplo, transcrevemos alguns artigos da Lei n.º 12.334/2010 (BRASIL, 2010b), que definiu a PNSB:

Art. 8º O Plano de Segurança da Barragem deve compreender, no mínimo, as seguintes informações:

[...]

XII - identificação e dados técnicos das estruturas, das instalações e dos equipamentos de monitoramento da barragem.

§ 1º A periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento dos planos de segurança deverão ser estabelecidos pelo órgão fiscalizador.

[...]

Art. 9º As inspeções de segurança regular e especial terão a sua periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento definidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem.

Art. 10. Deverá ser realizada Revisão Periódica de Segurança de Barragem com o objetivo de verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual

estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem.

§ 1º A periodicidade, a qualificação técnica da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento da revisão periódica de segurança serão estabelecidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem.

[...]

Art. 12. O PAE estabelecerá as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem em caso de situação de emergência, bem como identificará os agentes a serem notificados dessa ocorrência, devendo contemplar, pelo menos:

II - procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento, de condições potenciais de ruptura da barragem ou de outras ocorrências anormais; [...]
(grifo nosso).

No direito do trabalho, tal situação também prevalece, como apontou Oliveira (2005, p. 169):

[...] as normas de segurança e saúde do trabalhador, ainda que bastante minuciosas, não alcançam todas as inumeráveis possibilidades de condutas do empregado e do empregador na execução do contrato de trabalho.

[...]

Com efeito, em muitas ocasiões, as normas legais simplesmente apontam diretrizes gerais para a conduta patronal, tais como: adotar precauções no sentido de evitar acidentes; reduzir até eliminar os riscos existentes no local de trabalho [...].

A norma regulamentadora n.º 01 (NR 01) - Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais, do Ministério do Trabalho (BRASIL, 2020), também apontou neste sentido:

1.1 Objetivo

1.1.1 O objetivo desta Norma é estabelecer as disposições gerais, o campo de aplicação, os termos e as definições comuns às Normas Regulamentadoras - NR relativas à segurança e à saúde no trabalho e as diretrizes e os requisitos para o gerenciamento de riscos ocupacionais e as medidas de prevenção em Segurança e Saúde no Trabalho - SST.

[...]

1.2.2 A observância das NR não desobriga as organizações do cumprimento de outras disposições que, com relação à matéria, sejam incluídas em códigos de obras ou regulamentos sanitários dos Estados ou Municípios, bem como daquelas oriundas de convenções e acordos coletivos de trabalho.

[...]

1.5.7.1 O PGR deve conter, no mínimo, os seguintes documentos: a) inventário de riscos; e b) plano de ação.

[...]

1.5.7.3.2 O Inventário de Riscos Ocupacionais deve contemplar, no mínimo, as seguintes informações: [...]

Fica claro que não basta cumprir o que está em norma legal para se prevenir grandes desastres, pois as normas trazem os princípios gerais, o mínimo a ser executado pelas empresas. É preciso ir além, atuar em cima dos perigos existentes nos locais de trabalho de acordo com o risco existente.

6.9.17 A licença ambiental para reminerar a B I

A primeira referência à proposta de um projeto para recuperação de finos da B I foi encontrada no EIA elaborado por Nicho Engenheiros Consultores Ltda, intitulado “Mina Córrego do Feijão: recuperação de *pellet feed* da Barragem I e VI e estruturas associadas”. A VALE solicitou a Licença Prévia concomitante com Licença de Instalação (LP+LI) para esse projeto de recuperação em julho de 2012 (WANDERLEY; MILANEZ, 2020, p. 63).

Simultaneamente a esse processo, em 2013, a Minerações Brasileiras Reunidas (MBR), empresa controlada pela VALE, solicitou à Superintendência Regional do Meio Ambiente (SUPRAM) a Licença Prévia concomitante com Licença de Instalação (LP+LI) do projeto “Continuidade das Operações da Cava da Jangada, da PDE Jacó III e da PDE Menezes”. O projeto previa a manutenção das operações da cava da Jangada e da PDE Jacó III, implantação de um dique a jusante da PDE Jacó III, e a realocação de um trecho de uma estrada municipal (op. cit., p. 64).

Em junho de 2014, todavia, o processo de licenciamento do projeto mina Córrego do Feijão, que teve a licença requerida em julho de 2012, foi arquivado a pedido da VALE. Dois meses mais tarde um novo projeto seria concluído. De autoria da Nicho Engenheiros Consultores Ltda, o EIA foi nomeado “Continuidade das operações da mina da Jangada”. Em seu escopo, ele fundia os dois projetos acima citados, isto é, o da VALE para mina Córrego do Feijão e o da MBR para a cava da mina de Jangada. Esse novo projeto foi enviado à SUPRAM em agosto de 2015, também com a solicitação de licenças concomitantes (op. cit., p. 64). A licença ambiental pleiteada pela VALE em agosto de 2015 não havia sido liberada até o dia 11/12/2019, quando ocorreu a 37ª Reunião da Câmara de Atividades Minerárias do COPAM. Faz-se necessário voltar alguns dias atrás dessa data para entender a importância da mesma para a VALE.

Uma semana antes ocorreu uma reunião não oficial entre representantes da VALE e Conselheiros do COPAM, os responsáveis por liberar ou não a licença, na sede do IBRAM, entidade privada que tem como fim defender os interesses das empresas de mineração, conforme depoimento do geólogo César Grandchamp na ALMG (2019):

Deputado Sargento Rodrigues

O senhor se reuniu com Conselheiros da câmara minerária COPAM para tratar de assuntos relacionados ao licenciamento ambiental, de ampliação de lavra da mina de Jangada e Feijão?

César Grandchamp

Eu me reuni com os conselheiros sim.

Continua

Continuação

Eu fui convocado pra essa reunião porque dentro do licenciamento ambiental o grande problema que estava sendo discutido era a questão, era da água, que é a minha área de especialização. Era a questão, se o licenciamento da ampliação da cava da Jangada afetaria ou não o córrego de Jangada, onde você tem algumas captações que abastecem as comunidades Jangada e Casa Branca.

Deputado Sargento Rodrigues

O Sr. se lembra quando o senhor se reuniu e onde?

César Grandchamp

Foi no IBRAM. A VALE fez um convite a todos os conselheiros para apresentar, porque no COPAM nem sempre é possível apresentar o projeto no detalhe.

Eu fui, tinha lá representantes da VALE de vários setores, espeleologia, geologia, o pessoal de lavra, pessoal de, e eu fui lá na função de hidrogeólogo para explicar, para esclarecer essa questão do córrego de Jangada. Tinha lá uns, acho que compareceram 4 ou 5 conselheiros, eu não sei, eu não conheço assim de nome, para informar assim. Eu me lembro que tava assim, nome, eu não sei, mas estava o representante do IBRAM, estava o representante do CREA, e tinha mais 2 ou 3 que eu não sei assim qual a entidade.

Deputado Sargento Rodrigues

E o senhor lembra quando foi?

César Grandchamp

Uma semana antes da chamada da pauta da discussão do COPAM, da pauta de licenciamento.

Deputado Sargento Rodrigues

O senhor esteve presente na 37ª reunião extraordinária da câmara do COPAM, em 11/12/2018, representando a VALE, onde foi concedida licença ambiental no processo de ampliação da lavra da mina Jangada e do processo ambiental do reaproveitamento de finos da barragem B I?

César Grandchamp

Sim.

Deputado Sargento Rodrigues

Porque naquela oportunidade o senhor não informou os conselheiros o histórico recente de problemas apresentados pela referida barragem, no que diz respeito à sua estabilidade e segurança?

César Grandchamp

A barragem tinha estabilidade, não tinha nada apontando que a barragem estava em risco.

Quando da reunião do dia 11/12/2018 no COPAM (2018), inúmeros representantes da VALE participaram, inclusive César Grandchamp, demonstrando o grande interesse da empresa na aprovação da licença.

Na reunião seriam discutidos os seguintes temas em relação à licença pleiteada: ampliação da mina de Jangada, da mina do Córrego do Feijão e da estrada que liga as duas minas; remineração dos rejeitos da B I; lançamento do rejeito dos materiais reminerados dentro da cava da mina Córrego do Feijão; e a ampliação de pilhas de estéril.

A principal polêmica na reunião do COPAM (2018) era se a ampliação das minas poderia provocar escassez de água em várias comunidades vizinhas, como as de Jangada e de Casa Branca. As discussões foram acaloradas, contra e a favor da liberação da licença ambiental. Apesar de ter sido lembrado o acidente com a BRF em Mariana, em nenhum momento da reunião foi discutida a segurança da B I.

O Parecer Único SUPPRI n.º 0786382/2018 (SUPERINTENDÊNCIA DE PROJETOS PRIORITÁRIOS, 2018, p. 15), órgão vinculado à SEMAD, que subsidiaria a decisão dos Conselheiros do COPAM, informou:

O empreendedor informou que de acordo com as inspeções realizadas, análises de documentos e monitoramento disponibilizados, constatou-se que a estrutura, na situação atual, se encontra em condições adequadas de segurança tanto do ponto de vista das estruturas hidráulicas quanto da estabilidade física do maciço.

Os Técnicos da SUPPRI (op. cit.) tiveram à disposição as seguintes informações para análise do pleito:

Para subsidiar análise do presente processo foram avaliados: os estudos ambientais apresentados pela Nicho Engenheiros Consultores Ltda (EIA/RIMA/PCA); o RADA apresentado para Revalidação da Licença de Operação referente ao PA 00245/2004/051/2017 elaborado pela Brandt Meio Ambiente; e dados e informações colhidas em vistorias realizadas em 22/09/2015, 27/04/2016 e 03/10/2016 - segundo autos de fiscalização n.º 77005/2015, 123946/2016 e 78207/2016, respectivamente. Foi realizada Audiência Pública no município de Brumadinho no dia 07/06/2017. Foi enviado o ofício 20/2017 de solicitação de informações complementares em 09/05/2017 e resposta protocolada em 18/07/2017, SIAM: 0879438/2017 (p. 3).

[...]

Apesar de não ser escopo desse processo de licenciamento a disposição de rejeitos em barragem, e do PAEBM ser responsabilidade da Defesa Civil e Prefeitura Municipal, foi apresentado em meio digital os Planos de Ação de Emergência das Barragens de Mineração (PAEBM) e os Estudos de Dam Break das barragens da Mina de Jangada e Córrego do feijão. Estes documentos compõem o presente processo (p. 35).

A segurança das barragens não era o foco do parecer da SUPPRI. Eles não tiveram à disposição documentos que tratavam do nível de água dentro da B I, do FS de estabilidade física para a condição não drenada, que estava abaixo do mínimo desde 2016, nem da fratura hidráulica ocorrida em 11/06/2018.

Além disso, o Decreto n.º 46.993, de 02/05/2016, do estado de Minas Gerais, estabeleceu que:

Art. 10 Os representantes dos empreendimentos onde se situam barragens são responsáveis pela implantação de procedimentos de segurança nas fases de projeto, construção, operação, descomissionamento e fechamento dessas estruturas.

Parágrafo único. A atuação dos órgãos estaduais no licenciamento e na fiscalização ambiental de barragens não abrange os aspectos de segurança estrutural e operacional dessas estruturas (grifo nosso).

Os Técnicos da SUPPRI (op. cit., p. 15) simplesmente registraram no parecer técnico que o empreendedor declarou que as barragens estavam em condições adequadas de segurança tanto do ponto de vista das estruturas hidráulicas quanto da estabilidade física do maciço.

Das 73 páginas da ata da 37ª Reunião do COPAM (2018), 58 páginas referem-se à discussão da licença ambiental requerida pela VALE. Apesar da posição contrária e firme da

Conselheira da Maria Teresa Viana de Freitas Corujo, representante do Fórum Nacional da Sociedade Civil nos Comitês de Bacias Hidrográficas (FONASC), a licença ambiental foi aprovada.

Na CPI-ALMG, o Deputado Sargento Rodrigues questionou Gerd Peter Poppinga, Diretor Executivo de Ferrosos e Carvão, em 03/06/2019 (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019):

Deputado Sargento Rodrigues

De quais informações sobre a barragem B I o senhor tinha conhecimento? Quem reportava ao senhor essas informações? Quais informações repassou ao Sr. Fábio Schvartsman (CEO)?

Gerd Peter Poppinga

Excelência, em relação ao Sr. Fábio Schvartsman, o assunto barragens era discutido mensalmente no âmbito do GRN (Gerenciamento de Riscos do Negócio). Também eram trazidos pelo Sr. Lúcio Cavalli os laudos de estabilidade consolidados, que eram sempre 100%. E eu não me reuni com o Sr. Fábio Schvartsman especificamente sobre assuntos de barragem, até porque não havia nada a relatar, nenhuma anomalia que tivesse que ser relatada para o Sr. Fábio Schvartsman.

O que eu tinha conhecimento é que estava em projeto fazer o descomissionamento, porque ela estava paralisada desde 2016, e, para isso, precisavam ser feitos furos ou pesquisas para conhecer melhor o interior da barragem. Eu também sabia que o processo de licenciamento ainda não havia sido liberado, e o foi - me parece - no final de 2018 (grifo nosso).

Depois foi a vez do Deputado Bernardo Bartolomeo questionar Poppinga sobre a estabilidade da barragem e a resposta foi (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019):

Excelência, todos os relatos que chegavam à alta cúpula da empresa, inclusive a mim, não apontavam qualquer indício de instabilidade. A barragem estava inativa, estava em projeto de descomissionamento, estava aguardando licença que infelizmente demorou muito para sair, em 2018, em final de 2018 [...] (grifo nosso).

Em depoimento na CPI-SF, o Diretor-Presidente da VALE, Fábio Schvartsman, foi questionado pelo Senador Carlos Viana:

Se a VALE sabia dos riscos há tanto tempo e se a própria VALE decidiu pelo descomissionamento da barragem B I, porque a VALE não retirou todas as pessoas da Zona de Autossalvamento? Por que a VALE manteve o refeitório e a área administrativa debaixo de uma barragem com risco de desabar? (SENADO FEDERAL, 2019).

Em sua resposta, Fábio Schvartsman disse que o cálculo dos riscos é obrigação legal e que nada fez porque “levou muito tempo para que houvesse a autorização legal pela Secretaria do Meio Ambiente de Minas para iniciar o descomissionamento”.

Voltando ao dia 11 de dezembro de 2017, após logo reunião entre VALE e POTAMOS/TÜVSÜD para discussão de alternativas para incremento da segurança quanto à liquefação da B I, trocaram mensagens por *WhatsApp* Arsênio Negro Júnior, eng.º geotécnico e consultor da TÜV SÜD, e Makoto Namba, eng.º geotécnico e coordenador de projetos da

TÜV SÜD (Quadro 24), deixando transparecer que a VALE não tinha interesse em adotar medidas para melhorar o FS da B I (MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS, 2020, p. 382).

Quadro 24 - Mensagens trocadas entre Arsênio Negro e Makoto Namba em 11/12/2017

Data	Interlocutor	Mensagem
11.12.2017 20:46:29 (UTC-2)	Arsênio Negro	Os desejos do Ricardo e do Pirete ¹ são de quem <u>não quer fazer quase nada. Querem apenas que atestemos</u> ² .
11.12.2017 20:48:49 (UTC-2)	Makoto Namba	Se for para gastar dinheiro, preferem remover a barragem, que pode ser uma das soluções, pois a mina está inoperante (grifo nosso).

Fonte: Ministério Público de Minas Gerais, 2020.

Notas: 1 - Washington Pirete da Silva, Especialista em Geotecnia subordinado à Alexandre Campanha, da Gerência Executiva de Governança em Geotecnia e Fechamento de Mina. 2 - Atestar a estabilidade física da barragem através da Declaração de Condição de Estabilidade - DCE.

6.9.17.1 Discussões

Lançamos aqui duas perguntas para a discussão: 1) Por que a VALE não fez uso de outras alternativas para tornar a B I mais segura, como a construção de uma berma de reforço junto ao dique de partida? 2) Por que era tão importante a licença ambiental pleiteada pela VALE junto à SUPRAM?

As respostas estão entrelaçadas. Conforme citado no início deste tópico, a VALE tinha a vontade de reminerar os rejeitos armazenados na B I desde 2005, conforme cronograma elaborado pela Geoconsultoria¹⁶⁷. Um projeto conceitual foi elaborado em 2011 pela empresa VOGBr. Em 2012 foi requerida a primeira licença ambiental, arquivada em 2014 a pedido da VALE, e novamente pleiteada em 2015.

Diretor executivo, diretores regionais, gerentes executivos, geólogo e engenheiros de campo da VALE estavam empenhados em realizar a descaracterização da barragem e a remineração dos rejeitos. Mas para tal era necessário manter a DCE positiva e não tomar nenhuma medida que pudesse prejudicar a análise da licença ambiental no âmbito do COPAM. Qualquer obra de reforço que fosse realizada para melhorar o FS de estabilidade física da barragem, conforme sugerido por POTAMOS/TÜV SÜD, ainda em dezembro de 2017, poderia ser percebida por algum órgão de fiscalização, seja estadual ou federal. Esses órgãos poderiam agir diante da real situação da barragem, por exemplo, exigindo o

¹⁶⁷GEOCONSULTORIA. Relatório Técnico VL 28-RT-01, Rev. 0, de 29 de setembro de 2005.

acionamento do plano de emergência. Esta informação poderia chegar ao conhecimento do COPAM, podendo prejudicar a liberação da licença ambiental.

Tal situação assemelhou-se ao que Hopkins (2022, p. 53) apontou como risco comercial quando analisou a atuação da equipe de Macondo em relação aos possíveis modos de falha de cimentação do poço de perfuração da plataforma Deepwater Horizon, no golfo do México. À época, a equipe de Macondo teve pouca ou nenhuma consideração sobre o risco à segurança, levando em consideração o risco comercial. Para os engenheiros de Macondo o risco era:

[...] se o trabalho de cimentação falhasse, eles precisariam iniciar um processo de recimentação demorado e, portanto, caro, conhecido como “perfurar e espremer”. Isso envolvia fazer orifícios no lado do revestimento na parte inferior do poço, e espremer cimento através dos orifícios. Esta não era apenas uma possibilidade teórica; a equipe de Macondo já havia realizado dois trabalhos de reparação de cimento em partes mais altas do poço. Os engenheiros, portanto, estavam apostando em algo: se o trabalho fosse bem-sucedido, economizariam milhões de dólares; se falhasse, custaria milhões de dólares. Este era um risco puramente comercial, na avaliação deles.

O depoimento de César Grandchamp em 30/05/2019 na CPI-ALMG esclarece-nos o receio da VALE:

É, vamos dizer, se a barragem fosse paralisada e se a Agência Nacional de Mineração chegasse por algum motivo, é elevar o nível de risco dela para nível 2, por exemplo.
Aí teria que ter sido feita evacuação da parte de jusante, aí onde estava toda área de beneficiamento de minério, não é?
Isso significaria paralisação da operação da mina (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019) (grifo nosso).

Além de não obter a licença ambiental, interromper a produção das minas de Jangada e do Córrego do Feijão, a VALE teria de realizar as obras de reforço da B I, o que demandaria meses de atraso em seus planos de ampliar a produção das minas, conforme veremos a seguir, e remunerar a barragem.

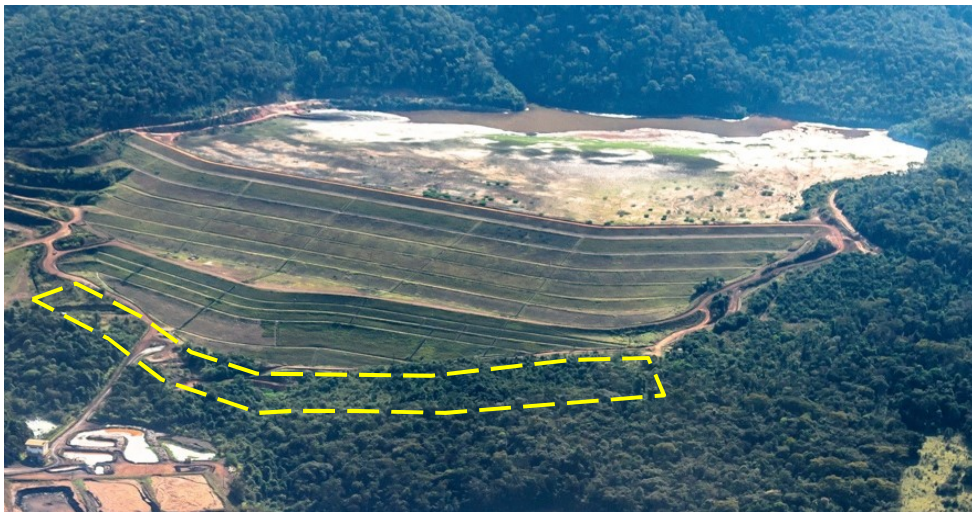
Respondendo a segunda pergunta, tomaremos como fonte o parecer SUPPRI(2018). A capacidade de produção instalada das duas minas passaria de 10,6 Mta (milhões de toneladas por ano) para 17 Mta, um acréscimo de 58,88%. A vida útil do empreendimento seria prolongada até 2032. A estrada que ligava as duas minas seria ampliada, permitindo a utilização de caminhões fora de estrada, assim como algumas pilhas de depósito de estéril.

Com o desmonte da B I, seria eliminado um passivo ambiental de 43 anos e sabidamente perigoso, já que a barragem era alteada a montante e apresentava anomalias constantes. Como os rejeitos possuíam cerca de 50% de minério de ferro, pode-se assumir quedos 11,7Mm³ de rejeitos armazenados, cerca de 5,85Mm³ eram de material de interesse econômico.

Em relação à B VI, não foi informado no parecer SUPPRI qual era a expectativa da quantidade de rejeitos a ser retirada do fundo da barragem para aproveitamento.

A construção de uma berma de reforço a jusante da B I demandaria a construção de drenagem interna e externa (canaletas, escadas e canal de drenagem), além de supressão de vegetação que estava bem abaixo da barragem, representada por área tracejada em amarelo na Figura 126.

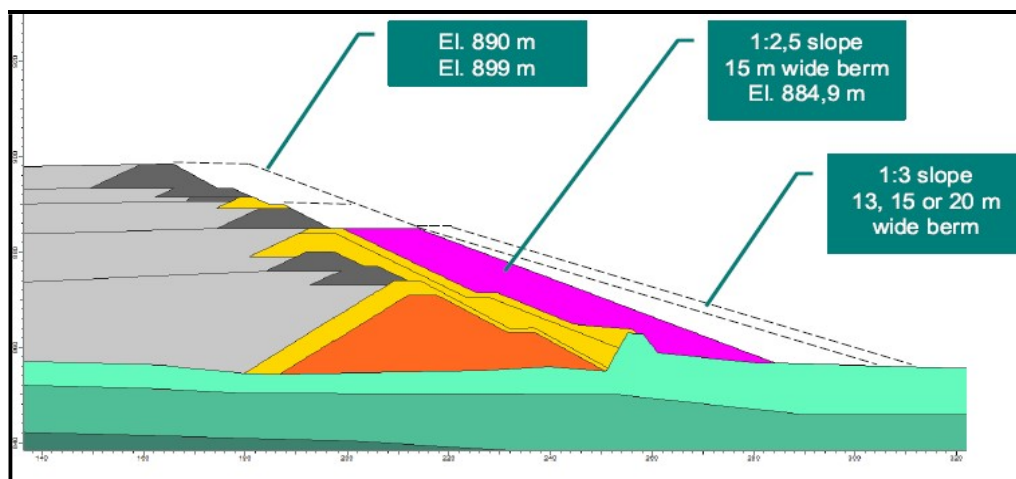
Figura 126 - Região da barragem B I que sofreria supressão de vegetação caso instalada a berma de reforço



Fonte: Adaptado de VALE, agosto de 2016.

O volume utilizado na berma de construção, caso fosse utilizado estéril sem coesão, havia sido calculado entre 650.000m³ e 850.000m³ (ver Quadro 19). Mas a TÜV SÜD trouxe, em outubro de 2018, novos volumes quando apresentou à VALE as opções para a berma de estabilização da B I, variando os valores de 108.000m³, Elevação (El.) 884,9m, até 393.000 m³, El. 899,0m (Figura 127 e Figura 128).

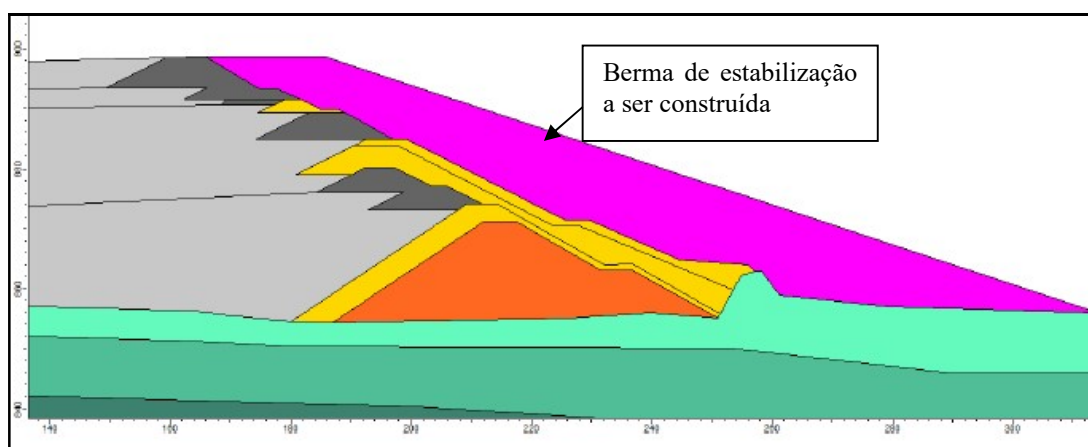
Figura 127 - Opções de berma a ser construída a jusante da barragem B I para sua estabilização



Fonte: VALE, 2018¹⁶⁸.

Em 17/01/2019, a TÜV SÜD apresentou o projeto de berma de reforço até a El. 885m (Figura 129), como também o projeto das drenagens (Figura 130). Não foram citados valores e prazos necessários para a construção da berma de reforço e das drenagens superficiais e internas. O eng.º Makoto Namba (TÜV SÜD) disse à CPIBruma (2019, p. 139) que “o custo da berma de reforço seria de aproximadamente 2 ou 3 vezes o custo dos DHP’s e ainda impactaria na área à jusante da barragem, eis que algumas construções e acessos na base da barragem teriam que ser desocupadas e retiradas”.

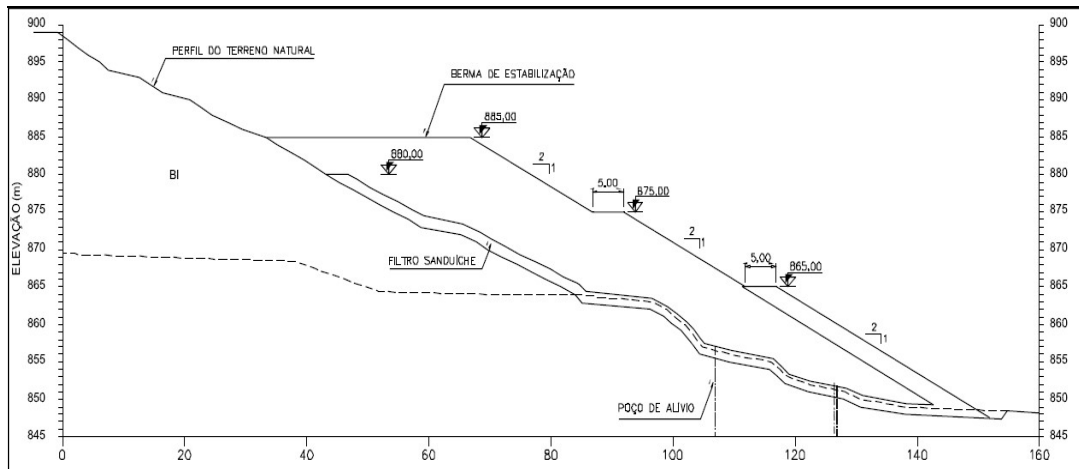
Figura 128 - Vista em corte da berma a ser construída até a elevação 899m para estabilização da barragem B I



Fonte: Adaptado de VALE, 2018¹⁶⁸.

¹⁶⁸VALE. Apresentação powerpoint realizada por TÜV SÜD - *Decommissioning B-I Dam*. Córrego do Feijão Mine, out. 2018.

Figura 129 - Berma de reforço da barragem B I até a elevação 885m em corte

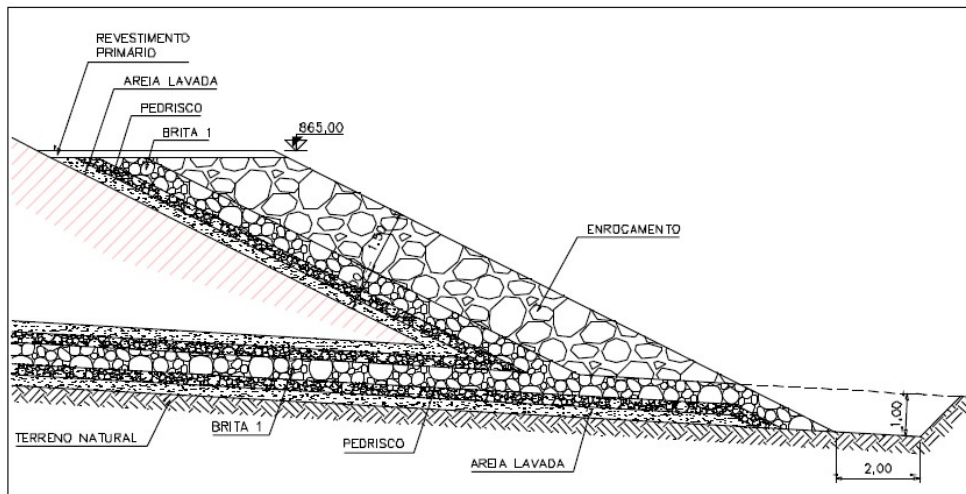


Fonte: VALE¹⁶⁹, 2019.

Logo abaixo da B I existiam algumas instalações da mina, inclusive ponto para captação de água, que necessitariam ser remanejadas com a construção da bermagem de reforço (Figura 131).

A supressão de vegetação, a remoção das instalações próximas ao pé da barragem, a execução do aterro compactado e de nova drenagem interna e superficial não seriam obras rápidas e poderiam chamar a atenção da SUPPRI.

Figura 130 - Detalhe de drenagem interna a ser construída na bermagem de reforço da B I



Fonte: VALE¹⁶⁹, 2019.

¹⁶⁹VALE. Acompanhamento: Projeto de descomissionamento - 17/01/2019. Barragem I - Córrego do Feijão.

Figura 131 - Instalações junto ao pé da barragem B I que precisariam ser removidas



Fonte: Brasil, 2019a.

Como a intenção da VALE era descomissionar a B I e reminerar seus rejeitos, nenhuma medida para reforço da barragem que chamasse a atenção da SUPPRI e/ou da ANM poderia ser tomada antes da liberação da licença ambiental. Estes órgãos públicos poderiam questionar a VALE: “Por que a empresa está executando estas obras a jusante da B I se a intenção é desmontá-la e se a estrutura tem uma DCE válida?”.

Se a barragem fosse colocada no nível de emergência 2, todas as atividades que ocorriam em setores localizados a jusante da B I, como ITM, oficinas de manutenção, escritórios administrativos, refeitório, almoxarifado, áreas de vivência e o pátio de carregamento ferroviário poderiam ser paralisadas. E qual seria o prejuízo da VALE se a produção do complexo minerário Jangada e Córrego do Feijão fosse paralisada?

Segundo declaração de Lúcio Cavalli ao Deputado Noraldino Junior na CPI-ALMG, a produção de mina de Córrego do Feijão era responsável pela produção de aproximadamente 2% do minério de ferro produzido pela VALE no Brasil (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019).

O relatório anual VALE Formulário 20F de 2018 (VALE, 2019a, p. 7) apontou que a receita operacional líquida da linha de negócios de minério de ferro, produzido no Brasil, foi de US\$ 20,354 Bi, não considerando a receita com as pelotas e outros produtos ferrosos. O valor de 2% corresponderia então a US\$ 407,08 Mi por ano.

Milanez *et al.* (2019, p. 55) indicaram que o Complexo Paraopeba II da VALE, que englobava as minas de Córrego do Feijão e Jangada, era responsável por um pouco mais de

4% da produção em 2013¹⁷⁰. Contudo, a porcentagem pode ter caído ao longo dos últimos anos.

De acordo com o parecer SUPPRI (2018), a produção do complexo minerário aumentaria 58,8% após a implantação das medidas propostas pela VALE no pedido de licença ambiental. Considerando o aumento de produção e a receita operacional líquida de US\$ 407,08 Mi em 2018 (VALE, 2019a), a empresa poderia chegar à receita líquida de US\$ 646mi por ano.

Mas como disse Fábio Schvartsman à CPI-SD: “[...] levou muito tempo para que houvesse a autorização legal pela Secretaria do Meio Ambiente de Minas para iniciar o descomissionamento”.

6.9.18 O possível efeito cascata

Durante a CPI-ALMG, o Deputado Valadares questionou César Grandchamp sobre um possível efeito cascata (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2019):

Deputado Valadares

Se paralisasse a operação da mina do feijão por conta da probabilidade da instabilidade da barragem ou algo, pela insegurança que estaria sendo gerada, que isso teria que ser obviamente levado às autoridades, à SEMAD, ANM, enfim, e que isso poderia é trazer um efeito cascata em fiscalização nas demais barragens e que por isso, a VALE achou por bem, não vamos tocar e vamos tentando resolver o problema, não por conta da produção, o senhor entendeu? Mas frente ao que poderiam ser as consequências da paralisação de uma mina por conta da possibilidade de rompimento de uma barragem?

César Grandchamp

É, todas as barragens da VALE tinham o certificado de estabilidade, não é? É, então assim, eu não vejo esse efeito cascata [...] caso tivesse algum problema de paralisação, não é? Então, eu não acredito nisso não, porque todas as demais barragens tinham atestado de estabilidade.

Apesar de César Grandchamp ter negado o efeito cascata, este risco realmente existia e se confirmou em 2019. Após o rompimento da B I, inúmeras ações de fiscalização da ANM e da Auditoria Fiscal do Trabalho da SRT/MG ocorreram nas unidades da VALE em Minas Gerais, tendo sido interditadas, até setembro de 2019, 18 barragens (CUNHA, 2019; VALE, 2019f).

No relatório anual VALE Formulário 20F de 2019 (VALE, 2020a, p. 98) foi informado que:

Paradas operacionais. Suspendemos algumas de nossas operações e outras foram suspensas por decisões judiciais ou administrativas. Estamos trabalhando em medidas legais e técnicas, conforme aplicável, para retomar essas operações. Isso

¹⁷⁰A partir de 2013 a VALE deixou de publicar separadamente os dados sobre extração dos Complexos Paraopeba I e II.

afetou nosso volume de vendas de minério de ferro e pelotas, que diminuíram 12,8% e 23,7%, respectivamente, no exercício findo em 31 de dezembro de 2019 em comparação a 2018. Registramos uma perda de US\$ 759 milhões relacionados a paradas operacionais e capacidade ociosa relacionada ao segmento de minerais ferrosos em “Parada pré-operacional e operacional” em nossa demonstração do resultado para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2019 (grifo nosso).

Segundo o Formulário de referência de 2021, que abordou o exercício social 2020, (VALE, 2021b, p. 398), a empresa teve as seguintes perdas:

Paradas operacionais: A Companhia suspendeu algumas operações devido a decisões judiciais ou análises técnicas realizadas pela Companhia nas estruturas de barragens a montante. Foram registradas perdas em relação à parada de operação e capacidade ociosa do segmento de minerais ferrosos nos montantes de R\$ 3.206 milhões e R\$ 3.888 milhões para o exercício findo em 31 de dezembro de 2020 e 2019, respectivamente. A Companhia está trabalhando nas medidas legais e técnicas para retomar todas as operações com capacidade total.

Como se vê, o efeito cascata realmente ocorreu, com a VALE perdendo R\$ 7 bi em 2019 e 2020 em razão de paradas operacionais nas minas brasileiras.

6.10 Fatores da Fiscalização

Neste item descreveremos a atuação da fiscalização estadual realizada pela GERIM/FEAM, da fiscalização do DNPM/ANM e dos Auditores-Fiscais do Ministério do Trabalho em relação à mina do Córrego do Feijão.

6.10.1 A fiscalização do DNPM/ANM

Este assunto foi abordado em artigo publicado na Revista Brasileira de Políticas Públicas – RBPP, conforme apêndice 2 (BOTELHO; VILELA, 2022).

O objetivo do artigo foi analisar a efetividade da implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), instituída com Lei federal n.º 12.334/2010, em relação aos empreendimentos minerários e se o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), posteriormente Agência Nacional de Mineração (ANM), foi dotado de recursos materiais e humanos para assumir a fiscalização das barragens de rejeitos.

Foram apresentados os objetivos da PNSB, um resumo dos desastres ocorridos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019) e o número crescente de barragens a serem fiscalizadas na mineração desde 2010.

Em seguida, verificamos a gestão financeira da autarquia federal e os valores que efetivamente foram liberados pelo governo federal para mantê-la em funcionamento. A pesquisa apontou que os valores orçados (aprovados em lei), entre os anos de 2009 e 2015,

não eram liberados (aptos a serem gastos) em sua totalidade. E os valores executados, isto é, aqueles efetivamente pagos, eram inferiores aos liberados. O valor executado em 2015 foi inferior a 50% daquele executado em 2009 (BRASIL, 2016b).

Posteriormente, descrevemos a carência de pessoal, as dificuldades enfrentadas pelos servidores públicos e a falta de capacitação adequada no âmbito do DNPM/ANM. Desde 2011, os dirigentes da autarquia indicavam a necessidade de concurso público para atender as demandas, inclusive a fiscalização das barragens. Em 2019, o Sr. Luiz Paniago Neves, Gerente do GSBM, expôs que, para fiscalizar as 769 barragens de mineração no Brasil, com apenas nove servidores qualificados para a tarefa, seriam necessários 5 anos e 2 meses.

Os servidores federais também se manifestavam quanto às dificuldades enfrentadas para cumprir as tarefas que lhes cabiam. Após o rompimento da BRF em 2015, os servidores da Superintendência de São Paulo, divulgaram carta aberta à população destacando a carência de pessoal. Em 14/02/2019, os servidores da ANM/MG publicaram manifesto que apontou as dificuldades para o exercício de suas funções. Existiam apenas quatro servidores na Divisão de Segurança de Barragens, sendo que dois haviam sido realocados em dezembro de 2018 e apenas dois possuíam especialização em Engenharia de Barragens.

Tais questões foram discutidas com a contribuição de cinco publicações científicas, apontando a dificuldade do Estado brasileiro na implementação de políticas públicas. Concluímos que foi omisso o Estado brasileiro, pois não dotou o DNPM/ANM de recursos materiais e humanos suficientes para que a PNSB fosse implementada, adequadamente, na mineração, o que poderia ter reduzido a probabilidade da ocorrência dos acidentes em Mariana e Brumadinho.

6.10.2 A atuação da Auditoria-Fiscal do Trabalho

Parte dos Auditores-Fiscais do Trabalho (AFT) auditam o cumprimento das normas trabalhistas referentes à jornada, descanso, salário, registro, FGTS, trabalho infantil e de pessoas com deficiência. Outra parte dos AFT é responsável por verificar a regularidade dos itens de Segurança e Saúde do Trabalho (SST) que constam das normas regulamentadoras (NR) publicadas pelo Ministério do Trabalho (BRASIL, 2002). Na mineração a norma de SST a ser verificada é a NR 22 – Saúde e Segurança na Mineração (BRASIL, 2022c).

Quando ocorre um acidente do trabalho grave ou fatal, também é função dos AFT conduzir uma investigação do evento. Essa ocorre por meio da coleta de dados *in loco*, registro fotográfico de aspectos relevantes, análise da documentação em SST, entrevista com

o acidentado e com outras pessoas que presenciaram o acidente. Ao final, o AFT deve elaborar relatório de análise de acidente de trabalho (BOTELHO, 2014).

A área de atuação da fiscalização do trabalho em Minas Gerais é dividida entre a SRT/MG, localizada em Belo Horizonte, e 16 Gerências Regionais do Trabalho (GRT). Os AFT que são lotados na GRT/Betim devem fiscalizar os estabelecimentos de todos setores econômicos daquela região, incluindo aqueles localizados em Brumadinho.

Antes do desastre da B I, a última fiscalização realizada na mina do Córrego do Feijão por AFT da GRT/Betim ocorreu em dezembro de 2005¹⁷¹. Àquela época a fiscalização foi realizada por um AFT que verificou as questões da legislação trabalhista e por outro, com especialidade em medicina do trabalho, que verificou itens de SST. Apesar de terem sido lavrados 13 autos de infração por descumprimento de normas de SST, sendo nove relativos à NR 22, nenhum deles contemplou a segurança das barragens de mineração localizadas na mina do Córrego do Feijão.

Mesmo tendo a GRT/Betim 20 municípios sob sua circunscrição, apenas um AFT atuava para auditar a aplicação das normas de SST em 2005. Em 2007, esse AFT foi substituído por dois novatos aprovados no concurso público de 2006, mas que, em razão de outras atividades que desenvolviam dentro da SRT/MG, acabaram por atuar pouco na GRT/Betim. Em 2016, um AFT foi transferido para lá, mas foi afastado das suas atividades em 2019 por questões de saúde¹⁷². A fiscalização trabalhista dentro dos municípios que pertencem à GRT/Betim tem sido realizada por equipes de AFT da SRT/MG.

Já em 2014, Botelho (2014, p. 83) apontou a carência de AFT no estado de Minas Gerais. A média de AFT para cada mil empresas, por Unidade da Federação, entre 2006 e 2009, demonstrava que Minas Gerais tinha a segunda pior média do Brasil, sendo superado apenas pelo estado da Bahia. Também constatou Botelho que o número de AFT que auditavam as normas de SST, lotados na SRT/MG e nas GRT de Betim e Contagem, era de 41 em 2011 e de 34 em 2013.

Atualmente, as circunscrições da SRT/MG e das GRT de Betim e Contagem englobam 25, 23 e 38 municípios respectivamente. Para realizar fiscalizações de SST *in loco* nos 86 municípios, existem apenas 32 AFT em atividade, sendo que cinco deles também exercem atividades de coordenação de projetos ou apoio à Chefia. Com certa frequência, os

¹⁷¹Relatório de Inspeção do Trabalho (RI) nº 08451632-1, inserido no Sistema Federal de Inspeção do Trabalho (SFIT) em dezembro de 2005.

¹⁷²Informações do Chefe da Seção de Segurança e Saúde do Trabalhador (SEGUR) da SRT/MG, Sr. Marcos Henrique Junior, em 01/11/2022.

AFT realizam inspeções no interior do estado de Minas Gerais, já que algumas GRT possuem poucos ou nenhum auditor¹⁷². Em 2022, vários AFT dividiram suas atenções com outras tarefas importantes e que tomaram tempo, como a participação em grupos de trabalho para revisão das NR ou na elaboração de cursos de capacitação para o quadro fiscal. Dos 32 AFT, dois trabalharam nos grupos de revisão de duas NR, quatro revisaram uma NR e outro esteve na elaboração de curso de capacitação.

6.10.2.1 Discussões

Em dezembro de 2010, o Ministério do Trabalho contava com 3.061 AFT ativos, e, no final de 2013, o número era de 2.719 (BOTELHO, 2014, p. 83). Em março de 2022, o número de AFT em atividade era de 1998 (BRASIL, 2022a), sendo que 73 estavam lotados no órgão central em Brasília, não exercendo atividades de campo (BRASIL, 2022b). Outros 95 AFT estão ocupando cargos de Chefe de Setor ou Chefe de Seção nas 28 SRT existentes. Ainda existem os Chefes do Setor de Fiscalização em cada uma das 107 GRT espalhadas por todo o Brasil¹⁷³, os coordenadores de projeto de fiscalização que dividem o tempo entre atividades administrativas e de campo, e os AFT que se dedicam à análise de processos de autos de infração e/ou termos de embargo/interdição. Por fim, vários AFT participam da revisão das NR e na elaboração de cursos de capacitação internos ou para o público em geral.

Em janeiro de 2023, o número de AFT em atividade no Brasil já tinha caído para 1957 (BRASIL, 2023). Relação atualizada em 09/02/2023, aponta que 72 estavam lotados no órgão central em Brasília (BRASIL, 2023b).

O último concurso público para o cargo de AFT foi realizado em 2013, tendo sido disponibilizadas 100 vagas (BRASIL, 2013). Em 27/05/2014, o então Ministro do Trabalho e Emprego, Manoel Dias, enviou solicitação de concurso à Ministra Miriam Belchior, do Planejamento, Orçamento e Gestão, requerendo autorização de abertura de 800 vagas para o cargo de AFT (SOLUÇÃO, 2014). O último pedido para realização de concurso público foi anunciado pela Subsecretaria de Inspeção do Trabalho (SIT) em 21/03/2022, quando enviou pedido de autorização para preenchimento de 1626 vagas ao Ministério da Economia¹⁷⁴.

Quando da execução das obras do Plano de Aceleração do Crescimento, em especial as obras das grandes hidrelétricas no norte do Brasil, as centrais sindicais de trabalhadores

¹⁷³https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/canais_atendimento/unidades-de-atendimento

¹⁷⁴<https://www.centraldeconcursos.com.br/noticia/concurso-aft-auditorfiscal-do-trabalho-pedido-confirmado-com-1626-vagas.html>

requereram ao governo federal, em reunião ocorrida em 29 de março de 2011, mais fiscalização e garantias trabalhistas nos canteiros de obras (SINDICATO NACIONAL DOS AUDITORES-FISCAIS DO TRABALHO, 2011). À época manifestou-se o presidente da União Geral dos Trabalhadores (UGT), Ricardo Patah: "Não se pode ter nas obras do PAC condições análogas à escravidão. [...] É preciso que o governo fiscalize e que cumpra o que nós vamos acordar nessa reunião".

A falta de fiscalização por parte do governo, a falta de técnicos especializados e a falta de conscientização dos empregadores são os principais problemas para que a legislação sobre SST seja cumprida no Brasil. Foi o que apontaram os participantes de audiência pública na Comissão de Trabalho, de Administração e Serviço Público da Câmara dos Deputados, em 09/07/2013¹⁷⁵. Declarou Marcos Antônio Ribeiro, presidente do Sindicato dos Técnicos de Segurança do Trabalho no estado de São Paulo:

Somente com a fiscalização é que o empresário vai cumprir a legislação. [...] Legislação nós temos de monte, a legislação nossa é ótima, excelente. Só que não é cumprida, não temos condição de cumprir. Se fosse cumprida à risca, seria o país mais correto.

A presidente da Fundacentro, autarquia ligada ao Ministério do Trabalho, Maria Amélia Reis, reconheceu na mesma audiência pública que o governo não dispunha de pessoal suficiente para fazer uma fiscalização adequada¹⁷⁵.

Em ato realizado em frente à SRT/MG em 24/04/2013 (HILÁRIO, 2013), sindicatos de trabalhadores denunciaram o sucateamento do Ministério do Trabalho e a falta de AFT. Marta de Freitas, representante da CUT, manifestou-se:

A cada dia que passa o número de auditores fiscais diminui. O desmantelamento da fiscalização é do interesse das empresas. Morre um trabalhador a cada três horas. O assassinato de trabalhadores é proposital e tem endereço certo: o sucateamento do Ministério do Trabalho. A sociedade precisa defender o Ministério do Trabalho e a fiscalização.

No mesmo evento, Antônio de Pádua Aguiar, Sindicato dos Metalúrgicos de Belo Horizonte e Contagem, argumentou que o governo federal deveria dar mais atenção ao Ministério do Trabalho:

Um órgão tão importante para a defesa da integridade e dos direitos dos trabalhadores não pode continuar na situação que está. Venho denunciando o número crescente de adoecimento no setor de autopeças. É fundamental reduzir o ritmo mortal de acidentes no setor. O governo federal precisa receber o nosso recado.

¹⁷⁵<https://www.camara.leg.br/noticias/409087-debatedores-apontam-dificuldades-para-cumprimento-de-leis-trabalhistas/>

Em 05 de junho de 2014, o Ministério Público do Trabalho, em ação civil pública, requereu na Justiça do Trabalho de Aracaju/SE que a União realizasse concurso público para cargo de AFT (REPÓRTER BRASIL, 2014). A petição inicial informava que:

O número insuficiente de Auditores-Fiscais do Trabalho impede que uma amostra satisfatória de empresas seja fiscalizada, reduzindo o efeito demonstração das inspeções e deixando de punir muitos empregadores que descumprem a lei, em prejuízo dos empregadores honestos e da concorrência leal, elemento basilar da ordem econômica. [...] Em 20 de maio de 2014, eram simplesmente 842 cargos de Auditor-Fiscal do Trabalho criados por lei e desocupados.

Em 03/04/2018, em audiência pública realizada na Câmara de Direitos Humanos e Legislação Participativa (CDH) do Senado Federal, conduzida pelo senador Paulo Paim, especialistas discutiram os desafios para preservar, aprimorar e fortalecer o sistema de inspeção do trabalho no Brasil (SENADO FEDERAL, 2018). De acordo com os especialistas, a falta de auditores e de recursos financeiros são os principais problemas da inspeção do trabalho para atender todos os estados do Brasil. Declarou o Procurador do Trabalho Paulo Douglas Almeida de Moraes a respeito do tema: “Há um déficit de 30%. Sob pena de crime de responsabilidade, os administradores devem abrir concurso público para preenchimento desse quadro”.

Rigoletto, Marcos e Borgomini escreveram sobre a tragédia de Brumadinho e a atuação da Auditoria-Fiscal do Trabalho (2020, p. 71-72):

No nosso sentir, Brumadinho foi um gigantesco acidente do trabalho e deve ser investigado como tal. Não se trata, somente, de mudar os locais de trabalho das pessoas para pontos seguros e achar que tal modificação seja suficiente para evitar novos acidentes. Há que se identificar e punir os responsáveis por esta tragédia, revisar toda a questão de licenciamento do setor mineral no Brasil, revisar normas regulamentadoras para que incorporem conceitos preventivos em seu estado da arte e garantir fiscalização efetiva no setor. Também importante será repensar a maneira como muitas sociedades empresárias e indústrias no Brasil, de todos os setores, consideram os aspectos de segurança do trabalho na condução de suas atividades. Para que tais medidas sugeridas sejam efetivas, faz-se necessário que haja um contingente razoável de Auditores Fiscais do Trabalho capacitados, com os conhecimentos técnicos adequados, para promover constantes fiscalizações, [...].

A carência de AFT foi levantada em maio de 2022 por vários sindicatos de trabalhadores do estado de São Paulo (REDE BRASIL ATUAL, 2022). Em ofício enviado à Comissão de Defesa dos Direitos da Pessoa Humana, da Cidadania, da Participação e das Questões Sociais da Assembleia Legislativa de São Paulo, destacaram os sindicatos de trabalhadores:

É urgente a contratação de mais auditores fiscais do trabalho. Todos nós sabemos que a precarização do trabalho aumentou com a reforma trabalhista de 2017. Logo, também cresceram as reclamações por descumprimento de direitos. Ou seja, a demanda por fiscalização no local de trabalho cresceu, enquanto o número de auditores fiscais diminuiu.

Outro problema que atrapalhou o bom desempenho das atividades dos AFT foram as verbas para viagens. Este assunto foi lembrado quando do ofício enviado pelo Procurador Geral do Trabalho, Ricardo Curado Fleury, à Maria Tereza Pacheco Jensen, Secretária da Secretaria de Inspeção, em 2018 (PODER 360, 2018):

Como sabido, a política pública federal de combate ao trabalho escravo vem sofrendo com os constantes cortes orçamentários e alterações dos marcos normativos, circunstâncias que tiveram como principal resultado a drástica redução do número de operações e de trabalhadores resgatados no ano de 2017. Diante desse contexto, e considerando a notícia de que uma das primeiras operações do ano de 2018 foi cancelada por dificuldades na emissão das passagens aéreas dos auditores fiscais do trabalho e policiais rodoviários federais, venho por meio do presente solicitar informações detalhadas acerca dos motivos que ensejaram o cancelamento da operação do Grupo Especial de Fiscalização Móvel que ocorreria na região de Sena Madureira e Porto Acre, Estado do Acre, no período de 29 de janeiro e 8 de fevereiro.

A indenização de transporte, que os AFT recebem para utilizar veículo próprio quando se deslocam até as empresas, não tem o valor atualizado há muito tempo. O Sindicato Nacional dos Auditores-Fiscais do Trabalho (SINAIT) tem travado uma luta com o governo federal para atualização do valor pago. Em 11/11/2021, o SINAIT (2021) discutiu com a SIT a questão que se arrastava desde 2010 sem solução.

Os locais de trabalho onde os AFT recebem os representantes de empresas e trabalhadores estão inadequados, tendo sido alguns interditados nos últimos anos. Podemos citar como exemplo as interdições ocorridas na SRT/PA em 07/02/2014 (SINAIT, 2014), na SRT/PB em 07/07/2015 (SINAIT, 2015), na SRT/RS em 20/07/2015 (SINAIT, 2015b) e na SRT/AL em 11/07/2017 (SINAI, 2017).

Scliar (2019, p. 34) lembrou que a falta de recursos humanos e financeiros ocorre em todos os órgãos públicos federais e estaduais responsáveis pela fiscalização e controle da mineração, do meio ambiente, da saúde e do trabalho para o cumprimento das obrigações previstas em leis, normas e controles externos.

É bom destacar que existiam em dezembro de 2020 quase 38 mi de trabalhadores com registro em carteira de trabalho dentro de 3,78 mi de empresas. Contudo, ainda existiam 4,42 mi de outras empresas que informaram na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) que não possuíam trabalhadores registrados¹⁷⁶. Logo, o número de trabalhadores registrados pode ser ainda bem maior, já que ainda existe no Brasil a cultura do não registro em carteira de trabalho.

¹⁷⁶<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYTJlODQ5MWYtYzgyMi00NDA3LWJjNjAtYjI2NTI1MzViYTYdIiwidCI6IjNlYzkyOTY5LTVhNTEtNGYxOC04YWM5LWVmOThmYmFmYTk3OCJ9>

A manifestação de vários setores da sociedade brasileira e os números apresentados apontaram para um quadro insuficiente de AFT para inspecionar os milhões de estabelecimentos que possuem empregados sujeitos à inspeção do trabalho no Brasil. Não há efetivamente como realizar um trabalho adequado com um quadro de AFT tão reduzido, hoje com quase 1700 cargos em aberto. Por mais que ferramentas eletrônicas sejam colocadas à disposição da fiscalização trabalhista, faz-se necessária a presença física dos AFT nos locais de trabalho a fim de verificar a real condição de saúde e de segurança dos trabalhadores.

Não se consegue verificar como está ocorrendo o trabalho senão por uma inspeção no local de trabalho, entrevistando trabalhadores, presenciando as dificuldades vivenciadas pelos obreiros quando operam suas máquinas, montam as peças de uma engrenagem, carregam caixas, ou fazem a manutenção das instalações de uma barragem.

Mas somente repor o quadro de AFT não resolve o problema, pois é necessária a capacitação constante dos servidores, principalmente quando envolve tema complexo como a segurança das barragens. Outra medida que pode ser adotada seria a constituição de grupos de fiscalização interinstitucionais de forma a mobilizar saberes multiprofissionais e interdisciplinares que possam lidar com a difícil tarefa de auditar esses complexos sistemas de atividades.

6.10.3 A fiscalização da GERIM/FEAM

Cabia à GERIM, dentre outras ações, manter atualizado o cadastro das barragens de contenção de rejeitos e resíduos industriais e de mineração e divulgar o inventário estadual de barragens, conforme será abordado no item 6.11.1.1.

Desde 2018, foi criado o Núcleo de Gestão de Barragens dentro da GERIM, que possuía, dentre outras atribuições: “Fiscalizar e aplicar sanções administrativas no âmbito da gestão e do gerenciamento dos resíduos e rejeitos das atividades de mineração e indústrias”.

O SERVIDOR 1 (SERV. 1) declarou, em entrevista ao pesquisador, as atribuições dos engenheiros da GERIM, além das inspeções das barragens em campo:

Quando a gente retornava para o escritório, a gente colocava todos os dados da fiscalização em uma planilha para contabilizar quantas estruturas a gente tinha feito. Além disso, a gente gerenciava as estruturas, respondia e-mails de empreendedores, atendia demandas de empreendedores, reuniões. A gente contribuía muito pra revisões de normas deliberativas, às vezes tinham muitas reuniões, principalmente depois dos rompimentos das barragens, a gente teve um aumento da demanda nossa de revisão de normas. [...] Se não conseguia fazer a fiscalização in loco, a gente pedia alguma informação adicional. Até mesmo na fiscalização, algum relatório de vistoria, a gente pedia alguma informação adicional, a gente fazia esse acompanhamento das estruturas também. [...] Além de contabilizar os dados pra

poder construir o inventário. Todo ano a gente tinha que fazer a construção desse inventário de barragens, trazia as informações do que foi feito durante o ano relacionado ao gerenciamento das estruturas.

Também informou o SERV. 1 em entrevista:

Como no BDA, o empreendedor inseria apenas a declaração de condição de estabilidade, na fiscalização, a gente verificava o relatório de auditoria. A gente pegava a auditoria que foi feita por auditor habilitado, profissional habilitado, e a gente conferia se aqueles dados que foram inseridos no BDA estavam de acordo com o que estava escrito no relatório de auditoria [...] que era uma coisa mais ampla. No BDA eles inseriam apenas a conclusão, se a barragem estava com a estabilidade garantida ou não, e alguns dados, algumas recomendações que o auditor pedia. E quando a gente fazia a fiscalização [...] a gente pegava o relatório, lia pra ver se aquilo que estava inserido no BDA era verídico, batia as informações.

O relatório de auditoria da CGE/MG (2019, p. 26) informou que anualmente é elaborado pela GERIM uma programação de fiscalizações em barragens realizada por amostragem. A B I constou no planejamento anual de fiscalização da FEAM elaborado para o ano de 2017, tendo sido apresentado como motivo para realização da fiscalização: “barragem alteada para montante”. Entretanto, apesar de inserida no planejamento, não se realizou a fiscalização do empreendimento.

A única inspeção física ocorrida pela GERIM à B I ocorreu em 2013, quando foi lavrado o relatório de vistoria FEAM/GERIM/n.º15/2013, conforme aponta o relatório da CGE/MG (op. cit.):

Em suma, apesar de terem sido inseridas, no BDA, Declarações de Condição de Estabilidade pertinentes à Barragem I, referentes à realização de auditorias técnicas periódicas de segurança entre os anos 2006 a 2018, a B I foi fiscalizada apenas no ano de 2013.

Também apontou o relatório da CGE/MG (op. cit.): “Existiam apenas três Técnicos da GERIM responsáveis pela fiscalização de quase 700 barragens nos anos de 2017 e 2018, evidenciando potencial carência de pessoal para realização desta atividade”.

É bom lembrar que o estado de Minas Gerais possui uma área acima de 586.000 km², sendo o quarto em área do Brasil¹⁷⁷. Além do grande número de barragens a serem fiscalizadas, ainda tinham os três técnicos que enfrentar enormes distâncias para atingir as estruturas localizadas por toda a região.

O SERV. 1 apontou as dificuldades enfrentadas para cumprir o cronograma de fiscalizações que era montado anualmente:

Todo ano a gente fazia uma programação de fiscalização. [...] A gente tinha um acordo de metas, que seriam 300 estruturas para serem fiscalizadas ao longo do ano. [...] A gente tentava diluir ao longo das semanas pra não ficar puxado pra nenhum dos técnicos, pra aí a gente tentando conciliar campo e escritório. [...] A gente fazia

¹⁷⁷<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg.html>

a nossa programação, mas chegava uma certa época, a gente encontrava dificuldade em relação a pagamento de diária, a motorista disponível pra poder fazer o transporte. Então a gente ia jogando as viagens pra frente. [...] Aí também tinha outro problema. Quando chegava no final de ano, tinha aquele limite, que não podia viajar mais porque não tinha mais liberação de diária. Aí a gente não conseguia atingir a meta, ficavam as estruturas sem ser fiscalizadas. [...] E aí a gente quase nunca conseguia cumprir totalmente.

Em 2015, existiam 730 barragens cadastradas no BDA da FEAM, sendo 442 localizadas em estabelecimentos minerários. Quando uma barragem não tinha a sua DCE inserida no banco de dados, cabia a lavratura do auto de infração, conforme informação do SERV. 1:

Quando chegava o mês de setembro, outubro [...] então aí a gente entrava no BDA [...] e baixava uma planilha com todos os empreendedores que inseriram as declarações de estabilidade. [...] Se a gente verificava que o empreendedor não inseriu a DCE, conforme a periodicidade, a gente autuava, fazia o auto de infração pra esse empreendimento.

A DCE não foi inserida para 92 estruturas em 2015, sendo então lavrados 63 autos de infração e remetidos aos empreendedores (FEAM, 2016).

Em 2014, a equipe de técnicos da GERIM contava com três engenheiros (FEAM, 2014). Um desses engenheiros já não apareceu mais na equipe e outros dois entraram no decorrer do ano de 2015 (FEAM, 2016).

O SERV. 1 confirmou a informação do inventário de 2015 quanto ao número de servidores na GERIM: “Quando rompeu Mariana [...] a gerência contava com dois servidores efetivos. E tinha a (nome preservado), que ela era, antes de 2014, antes do ingresso dos servidores que passaram no concurso, ela era contratada [...]”.

Em fevereiro de 2018, foi publicado o último “Inventário de barragem do estado de Minas Gerais” referente ao ano de 2017, informando que 698 estruturas estavam cadastradas no BDA, com a presença de três engenheiros na equipe (FEAM, 2018).

Além das dificuldades enfrentadas para cumprir o cronograma de metas de fiscalização, declarou o SERV. 1 em relação à limitação técnica que enfrentava a equipe da GERIM:

Quanto ao fator de segurança, a gente só verificava o valor. Acima de 1.5, ok! A gente não considerava pra condição drenada, ou não drenada, pico ou pós-pico. Era só mesmo o valor do fator de segurança. [...]A gente não verificava isso. Nos relatórios de auditoria, a gente verificava mais se estava com estabilidade garantida ou não garantida, se o fator de segurança era 1.5. Em alguns casos a gente verifica isso, mas não pra condição drenada, condição não drenada, a gente não entrava nessa esfera. Até porque nós, os três que estávamos à época, nós não tínhamos especialização em geotecnia.

6.10.3.1 Discussões

Apesar da criação da GERIM, dentro da estrutura da FEAM, em 2011, não houve por parte do estado de Minas Gerais a estruturação do órgão para que pudesse exercer de forma satisfatória suas atribuições.

Verifica-se que eram em média três engenheiros e cerca de 700 barragens para serem inspecionadas em Minas Gerais pela GERIM. Mesmo que os três engenheiros permanecessem realizando trabalho de campo durante 20 dias úteis por mês, 11 meses por ano, e fiscalizando uma barragem por dia, eles atingiriam 660 ao fim do período. Contudo, a equipe tinha inúmeras atribuições para desenvolver em escritório, tornando humanamente impossível fiscalizar todas as estruturas em um ano. Os outros impedimentos seriam as viagens a serem realizadas pelo extenso território de Minas Gerais, a limitação de diárias e a disponibilidade de motoristas.

Na opinião de Freitas *et al.* (2016), causas gerenciais combinadas com políticas frágeis e órgãos de controle e prevenção desestruturados, constituem cenário fértil para a ocorrência de desastres no país, “em que anormalidades são cotidianamente transformadas em normalidades”.

Rei (2020, p. 11) lembrou que:

[...] parece ser que o desastre (de Brumadinho) pode ser o resultado dos efeitos perversos da combinação do desprezo na gestão de segurança das barragens, afetando a qualidade dos ecossistemas impactados e expondo a população a situações de alto risco e mesmo perigo devido a processos naturais e humanos inadequados, e da ineficiência do modelo de licenciamento e fiscalização dessa atividade.

Destacaram Andréa e Gundin que (2020, p. 118) que:

[...] a tragédia de Brumadinho/MG, que trouxe consequências gravosas para o Brasil, se apresenta como um nítido caso de omissão do Estado na tutela do meio ambiente sadio, pois a falta de fiscalização adequada nas instalações das empresas da Vale S.A é um dos motivos principais para a amplitude do desastre/crime ambiental perpetrado no país.

Apontou Siqueira (2020, p. 100) que:

A responsabilidade objetiva da empresa Vale S.A, proprietária da barragem deve ser buscada, porém o que causa espanto é que a omissão estatal quanto a uma fiscalização extrema e dura pode colocarem risco milhares e milhares de vidas, uma vez que a Vale S.A também é proprietária de diversos outros sítios de exploração mineral ao longo do Brasil.

O governo de Minas Gerais repassou apenas 38% da verba prevista por lei para as ações de fiscalização do meio ambiente em 2019. A informação está no relatório do Ministério Público de Contas e foi um dos motivos para o órgão emitir parecer

pela aprovação, com ressalvas, dos gastos do primeiro ano do governador Romeu Zema em Minas Gerais. Foram arrecadados R\$ 319 mi com a Taxa de Fiscalização de Recursos Minerários (TFRM) em 2019. Contudo, os repasses ao Sistema Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais (SISEMA), responsável pelo controle e fiscalização de atividades como exploração madeireira, pesca e mineração, que deveriam alcançar pelo menos R\$ 223,8 mi, foram de apenas R\$ 85,6 mi (SINDICATO DOS SERVIDORES DO MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS, 2020).

No dia 11 de junho de 2019, em audiência na ALMG, ao responder ao presidente da Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, deputado Noraldino Junior, se o governo do Estado não estava cumprindo a lei, o Secretário de Estado de Fazenda, Gustavo de Oliveira Barbosa, admitiu que: “A taxa de recursos minerários, o senhor mais uma vez acertou. Não está sendo feito. Não vem sendo feito há muito tempo. É muito aquém daquilo que é arrecadado. O estado tem tentado reverter isso” (PIMENTEL, 2019).

De acordo Sindicato dos Servidores do Meio Ambiente de Minas Gerais (2020), se o repasse previsto em lei estadual fosse cumprido, as condições de trabalho dos 80 fiscais do SISEMA, responsáveis pelos 853 municípios do estado, poderiam ser melhores. Houve redução da frota de veículos, não havia motoristas nas equipes de fiscalização e faltavam cadeiras apropriadas para o trabalho nos escritórios.

Hopkins (2022, p. 185) mostrou que a comissão presidencial americana que apurou a explosão da plataforma Deepwater Horizon no golfo do México apontou que o órgão regulador que fiscalizava as plataformas *offshore* nos EUA apresentava problemas semelhantes aos enfrentados no Brasil:

A raiz do problema tem [...] sido que os líderes políticos tanto no Poder Executivo como no Congresso falharam em garantir que os reguladores técnicos das agências tivessem os recursos necessários para exercer a autoridade (do governo), incluindo pessoal e conhecimento técnico e, não menos importante, a autonomia política necessária para superar os poderosos interesses comerciais que se opuseram a uma regulamentação de segurança mais rigorosa (grifo nosso).

Como já vimos, as fiscalizações da ANM/DNPM e do Ministério do Trabalho vem sofrendo dos mesmos males que acometeram a GERIM/FEAM, podendo ser destacados o baixo número de servidores, a falta de recursos materiais e até de motoristas.

Quanto à capacitação dos engenheiros da GERIM, havia uma limitação técnica, pois os mesmos não possuíam especialização em geotecnia. As questões técnicas envolvendo barragens de mineração são complexas e requerem tal capacitação. Declarou o SERV. 1 que, atualmente, o núcleo de gestão de barragens (NUBAR), dentro da estrutura da FEAM, possui 12 engenheiros com as mais diversas formações e com especialização em geotecnia. Esta

nova realidade pode contribuir para maior participação do estado de Minas Gerais na segurança das estruturas de contenção na mineração.

Vimos que existem recursos que são arrecadados através de taxas para dotar a ANM e a FEAM dos meios necessários para a fiscalização. Contudo, esses recursos não são repassados na íntegra, o que prejudica o bom desempenho desses órgãos públicos.

Em suma, não foi possível fiscalizar de forma adequada os empreendimentos minerários e suas barragens de rejeitos até o rompimento da B I.

6.10.4 As primeiras licenças ambientais da B I

Além da B I apresentar inúmeras não conformidades no seu dia a dia, também existiam muitos problemas relacionados ao seu licenciamento ambiental junto à SEMAD.

A partir de novembro de 2000, quando foi publicada a DN COPAM n.º 43, criou-se a obrigatoriedade de regularização ambiental de barragens de contenção de rejeitos, via licenciamento ambiental específico que contemplasse tal finalidade (CONTROLADORIA GERAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2019, p.31). Contudo, somente em 2008, a VALE requereu a licença de operação corretiva (LOC) da BI, processo administrativo PA n.º00245/2004/041/2008.

Como a obrigação de licenciamento surgiu a partir de 2000, era necessário constar do pedido de licença ambiental informações referentes aos alteamentos ocorridos após esse ano, isto é, para elevação até as cotas 923 m, 930 m, 937 m e 942 m (denominados pela VALE como 7º, 8º, 9º e 10º alteamentos) da B I. Entretanto, visualizou-se no estudo apresentado, apenas a abordagem de impactos decorrentes da implantação do 9º e, principalmente, do 10º alteamento, que ainda seria implantado(op. cit., p. 31).

As normas do estado de Minas Gerais estabelecem que empreendimentos já instalados ou em operação, sem as licenças ambientais pertinentes, poderão regularizar-se obtendo LI (licença de instalação) ou LO (licença de operação), em caráter corretivo, sendo que a demonstração da viabilidade ambiental de tal empreendimento dependerá da análise pelo COPAM dos mesmos documentos, projetos e estudos exigíveis para a obtenção das licenças anteriores.

Contudo, verificou-se que não foi juntada documentação relativa às fases de licença prévia (LP) e LI. Além disso, em relação à LO, não foram identificados os documentos: análise de performance do sistema; supervisão da construção da barragem; e elaboração de relatórios *as built*. Quanto aos documentos plano de contingência e execução periódica de

auditorias de segurança, esses foram pedidos como condicionantes da licença, isto é, seriam apresentados após o deferimento da mesma (op. cit., p. 32).

Como houve supressão de vegetação de mata atlântica e devido ao grande potencial poluidor/degradador da atividade minerária, havia necessidade de apresentação do EIA/RIMA para o órgão ambiental. Diante da ausência de tal estudo, não houve a realização de audiência pública (op. cit., p. 3), o que prejudicou o controle social e limitou as informações do impacto ambiental que chegaria até a comunidade (op. cit., p. 37).

Não houve lavratura de auto de infração pela operação da B I sem licença ambiental desde 2000, muito menos compensação ambiental pela VALE em decorrência da supressão de vegetação correspondente aos alteamentos ocorridos entre 2000 e 2008, isto é, antes do 9º alteamento (op. cit., p.42-44).

A CGE/MG (2019) entendeu que a ausência de tantos documentos prejudicou a análise técnica do licenciamento pleiteado pela VALE, e, por consequência, a tomada de decisão pela instância julgadora do processo, o COPAM (op. cit., p. 50, 54 e 56.)

A licença operacional corretiva (LOC) acabou sendo concedida pelo COPAM em 20/07/2009. A LOC 143/2009 possuía 6 condicionantes (op. cit., p. 57). Contudo, a CGE/MG identificou que quatro delas não foram cumpridas (Figura 132).

Figura 132 - Situação detectada relacionada ao cumprimento de condicionantes da licença de operação corretiva n.º 143/2009

Nº	CONDICIONANTE	PRAZO	SITUAÇÃO DETECTADA
02	Apresentar Plano de Contingência do sistema de contenção de rejeito da Mina Córrego do Feijão	120 dias após a concessão da LO	Intempestividade no cumprimento
04	Firmar termo de compromisso de compensação florestal com a câmara de proteção à biodiversidade e de áreas protegidas. Comprovar junto à Supram CM o protocolo da proposta.	60 dias após definição da metodologia adotada pela CPB	Não cumprida
05	Apresentar Termo de Compromisso de Compensação da Lei da Mata Atlântica firmado com a CPB-IEF a Supram CM	60 dias após definição da metodologia adotada pela CPB	Não cumprida
06	Firmar Termo de Compromisso com a CPB/IEF, de acordo com a Lei do SNUC. Comprovar junto à SUPRAM CM o protocolo da proposta	60 dias após definição da metodologia adotada pela CPB	Não cumprida

Fonte: Controladoria Geral do Estado de Minas Gerais, 2019, p. 57.

Em 2010, a VALE requereu a revalidação da licença de operação (REVLO) através do processo administrativo PA n.º00245/2004/046/2010. Mesmo não tendo sido cumpridas quatro das condicionantes estabelecidas na LOC n.º 143/2009, a revalidação foi concedida em

16/08/2011, através da REVLO n.º 211/2011. Foram então estabelecidas pelo COPAM mais 20 condicionantes, duas recomendações e uma exigência. Entretanto, a CGE/MG (2019, p. 59) constatou inconformidades no cumprimento de 11 condicionantes (Quadro 25).

Quadro 25 - Condicionantes da revalidação de licença operacional da barragem B I em 16/08/2011

N.º	Condicionante	Prazo	Situação detectada
05	Firmar termo de compromisso de compensação florestal com a Câmara de Proteção à Biodiversidade e de Áreas Protegidas referente ao PA COPAM n.º 00245/2004/041/2008	30 dias	Não cumprida
06	Firmar termo de compromisso de compensação da lei da mata atlântica com a CPB-IEF, referente ao PA COPAM n.º 00245/2004/041/2008	30 dias	Não cumprida
07	Firmar termo de compromisso com a Câmara de Proteção à Biodiversidade e de Áreas Protegidas referente ao PA COPAM n.º 00245/2004/041/2008	30 dias	Intempestividade no cumprimento
10	Apresentar estudo sobre o plano de desativação das barragens IV e IV-A. Obs.: apresentar cronograma de execução, com a respectiva ART quitada do profissional responsável.	90 dias	Cumprimento parcial e intempestividade no cumprimento
11	Executar o programa de automonitoramento da qualidade da água, do lançamento de efluentes, da qualidade do ar e do ruído ambiental, todos conforme disposto no Anexo II deste parecer único.	Durante a vigência da LO	Cumprimento parcial
12	Apresentar plano de ação, com cronograma, a proposta (s) de medida(s) de controle ambiental para a obtenção de uma qualidade do ar satisfatória (boa) e que atenda ao padrão primário da Resolução CONAMA 03/1990. O plano de ação deverá ser apresentado às comunidades locais.	50 dias	Cumprimento parcial e intempestividade no cumprimento
15	Aumentar a frequência de monitoramento das águas superficiais para semanal, com envio de cópias dos relatórios trimestrais, e relatório consolidado anual à Secretaria de Meio Ambiente de Brumadinho, ao CIBAPAR e ao ICAM, com solicitação de inserir os dados do monitoramento para a confecção do relatório de monitoramento da qualidade das águas da bacia do Rio Paraopeba, do projeto “Água de Minas”. Após verificar a adequação dos padrões, voltar à frequência mensal.	Não foi estipulado prazo de cumprimento dessa condicionante	Cumprimento parcial
17	Enviar cópia do relatório de monitoramento do nível de água do lençol freático para o CIBAPAR e à SMA Brumadinho	Trimestral	Cumprimento parcial
18	Informar trimestralmente à comunidade de Casa Branca e Córrego do Feijão, bem como à SMA de Brumadinho e ao CIBAPAR, o nível de água do(s) lençol(is) freático(s) interferido(s) pelo empreendimento. Obs.: A comunidade indicará seus prepostos.	Trimestral e durante a validade da LO	Cumprimento parcial
Recomendação s/numeração	Na definição do ponto de monitoramento da qualidade do ar na localidade de Córrego do Feijão, ouvir a SMA Brumadinho e planejar e aplicar a metodologia já utilizada pelo ICAM na bacia do rio das Velhas de outorga de lançamento de efluentes de forma que, proativamente, a sua formalização se dê imediatamente após esta outorga ser implantada pelo ICAM na bacia do rio Paraopeba.	6 meses	Não cumprida
Item 5.1 – Anexo II do Certificado LO n.º 211/2011	Enviar relatório anualmente com o compilado das planilhas mensais de controle de geração e destinação/disposição de todos os resíduos sólidos/líquidos, contendo no mínimo os dados contidos no modelo abaixo à SUPRAM CM.	Anual	Cumprimento parcial

Fonte: Controladoria Geral do Estado de Minas Gerais, 2019.

Podemos verificar que o processo de licenciamento ambiental da B I ocorreu de forma tardia e cheio de vícios que prejudicaram uma análise técnica mais apurada pelo órgão julgador, o COPAM. Mesmo sendo emitida a licença ambiental com seis condicionantes em 2009, a mesma foi revalidada em 2011, ainda com quatro delas pendentes. Talvez aí, em 2011, poderia ter sido dado um basta no lançamento de rejeitos na B I e a história seria outra.

6.11 Fatores Governo/Legislação

Chegamos ao último nível do sistema sociotécnico, fatores de Governo/Legislação. Serão apontadas todas as leis que foram votadas dentro do poder legislativo, assim como as normas infralegais que foram baixadas pelo poder executivo (decreto, portaria, resolução, deliberação normativa), tanto no âmbito federal, como no âmbito estadual, que podem ter contribuído como fatores causais para o desastre da B I.

À medida que os acidentes com barragens aconteciam por todo o Brasil, especialmente no estado de Minas Gerais, as leis e normas iam sendo emendadas. Serão apresentadas as normatizações existentes antes e depois do desastre industrial com a B I. Também será comentada a revisão da norma técnica ABNT NBR 13028, que ocorreu em 2017, e a influência das mineradoras na redação do texto normativo.

Por fim, tentaremos responder a uma pergunta: Por que o poder executivo e o legislativo demoraram tanto para agir em relação às barragens alteadas a montante?

6.11.1 Legislação estadual antes do rompimento da B I

A legislação do estado de Minas Gerais sobre a segurança de barragens na mineração é anterior à legislação federal. Tal fato pode ser explicado já que Minas Gerais comportava a maior quantidade de barragens de mineração no Brasil, como também pela ocorrência de alguns rompimentos destas estruturas em seu território: mina do Pico, em Itabirito (1985); mina do Fernandinho/Itaminas, em Itabirito, 1986; Mineração Rio Verde, em Nova Lima, 2001 (FARIA; BOTELHO, 2018, p. 6).

Começaremos a descrever as leis estaduais, isto é, aquelas que foram publicadas após passarem por um processo de elaboração das leis. Depois informaremos sobre as normas infralegais, isto é, aquelas publicadas por órgãos estaduais da administração pública direta sem passar pelo processo legislativo.

6.11.1.1 As leis estaduais

Antes mesmo de entrarmos nas leis estaduais sobre a segurança de barragens, é necessário entender como se organizava o estado de Minas Gerais com relação ao licenciamento e à fiscalização das barragens de mineração.

A Lei n.º 12.581, de 17 de julho de 1997 (MINAS GERAIS, 1997), definiu que a SEMAD coordenaria a política estadual de proteção do meio ambiente e de gerenciamento dos recursos hídricos, bem como articularia as políticas de gestão dos recursos ambientais, compreendendo a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, as florestas, a fauna e a flora.

A Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), entidade de direito público criada pelo Decreto n.º 28.163/1988, de 06 de junho de 1988, passou a ser vinculada à SEMAD em 1997 (MINAS GERAIS, 1988).

Em 2006, foi criado pela FEAM o “Banco de Declarações Ambientais” (BDA), formulário digital através do qual pessoas físicas e jurídicas deveriam cadastrar áreas suspeitas de contaminação ou contaminadas por substâncias químicas, barragens de rejeitos e resíduos, o “Inventário de Resíduos Sólidos Minerários e Industriais e Declaração de Carga Poluidora” (FEAM, 2006).

Dentro da estrutura da FEAM foi criada a Gerência de Resíduos Industriais e de Mineração - GERIM, responsável pela fiscalização ambiental de resíduos gerados em ambientes industriais e de mineração em Minas Gerais. As suas atribuições eram de acordo com o Decreto n.º 45.825/2011 (FEAM, 2011):

Art. 26 - A Gerência de Resíduos Sólidos Industriais e da Mineração tem por finalidade desenvolver planos e programas relativos à gestão de resíduos sólidos oriundos de atividades industriais e da mineração no Estado, competindo-lhe:

I - manter atualizado o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Industriais e da Mineração;

II - estabelecer diretrizes para execução das Políticas Estadual e Nacional de Resíduos Sólidos, visando à gestão adequada dos resíduos sólidos industriais e da mineração, inclusive a definição de critérios para avaliação do desempenho ambiental de sistemas de tratamento e disposição final e da movimentação de resíduos;

III - fomentar e participar de programas e projetos de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico referentes à geração e disposição final adequada de resíduos sólidos industriais e da mineração, de forma a proteger a saúde humana e o meio ambiente;

IV - manter atualizado o cadastro das barragens de contenção de rejeitos e resíduos industriais e de mineração e divulgar o Inventário Estadual de Barragens;

V - fomentar o desenvolvimento tecnológico e a adoção de boas práticas de gestão de resíduos industriais e da mineração, visando à redução da geração, reutilização e reciclagem, de forma a proteger a saúde e o meio ambiente; e

VI - apoiar as ações do Centro Mineiro de Referência em Resíduos, em especial às relativas à redução, reutilização, reciclagem e tratamento e disposição final de resíduos sólidos industriais e da mineração.

Através do Decreto Estadual n.º 47.347, de 24 de janeiro de 2018 (MINAS GERAIS, 2018), art. 6º, foi criado o “Núcleo de Gestão de Barragens”, subordinado à GERIM, que tinha como atribuições:

- I - Processar e monitorar o cadastro e as informações fornecidas pelos empreendedores quanto à gestão dos rejeitos ou dos resíduos industriais e de mineração quando destinados a barragens de contenção, e divulgar anualmente os respectivos inventários;
- II - Desenvolver ações de gestão de barragens para contenção de resíduos ou de rejeitos da indústria e da mineração;
- III - Articular-se com os órgãos e entidades fiscalizadores de barragem a fim de alinhar e otimizar políticas públicas de gestão dessas estruturas de contenção de resíduos ou de rejeitos da indústria e da mineração;
- IV - Fiscalizar e aplicar sanções administrativas em relação à gestão e ao gerenciamento de barragens de contenção de rejeitos ou de resíduos industriais e de mineração.

O primeiro inventário de resíduos publicado pela GERIM foi em 2011, referente a 2010. À época, 85,32% dos rejeitos produzidos na mineração eram depositados em barragens (FEAM, 2011).

Foi publicada em 31 de março de 2004 a Lei Estadual n.º 15.056 (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS, 2004), a primeira que estabelecia as diretrizes para a verificação da segurança de barragem e de depósito de resíduos tóxicos industriais em Minas Gerais. Estabelecia no seu artigo 7º que "Os proprietários de barragens e de depósitos de resíduos tóxicos industriais já implantados têm o prazo de um ano contado da data de publicação desta lei para apresentarem aos órgãos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente estudo técnico que comprove a segurança das obras realizadas". Essa lei não fazia distinção entre barragens alteadas a montante ou por qualquer outro método construtivo.

Após o rompimento da BRF, surgiu por iniciativa popular o Projeto de Lei (PL) Estadual n.º 3.695/2016, de 06/07/2016, que estabelecia normas de segurança para as barragens destinadas à disposição final ou temporária de rejeitos de mineração no estado de Minas Gerais. Apresentamos alguns pontos desse PL:

Art. 4º - No processo de licenciamento ambiental de barragens destinadas à disposição final ou temporária de rejeitos de mineração no Estado, independente do porte e potencial poluidor, deverão ser observadas as seguintes condições, sem prejuízo de outras obrigações previstas nas demais normas ambientais e de segurança:

[...]

III - para a obtenção de licença de operação, deverão ser exigidos, no mínimo:

[...]

c) implementação de caução ambiental, com a devida atualização, que contemple a garantia de recuperação socioambiental para casos de sinistro e para efetivação de descomissionamento¹⁷⁸.

[...]

§4º - A disposição de rejeitos em barragens será vedada, sempre que houver alternativa técnica.

Art. 5º - Não será autorizada a instalação de barragem que identifique comunidade na zona de autossalvamento nos estudos de cenários de rupturas.

[...]

Art. 8º - Fica vedada a instalação de barragens pelo método de alteamento a montante.

Parágrafo único - As barragens em operação pelo método de alteamento a montante deverão apresentar, no prazo máximo de um ano, um laudo técnico, elaborado por junta independente de especialista composta por geólogo, geotécnico, hidrotécnico e engenheiro de estrutura, atestando as condições de segurança e estabilidade.

Ao final do PL n.º 3.695/2016 era informado que semelhante proposição foi apresentada anteriormente pela Comissão Extraordinária das Barragens, requerendo que o PL fosse anexado ao PL n.º 3.676/2016, proposto em 05/06/2016, e que dispunha sobre o licenciamento ambiental e a fiscalização de barragens no Estado. Ele estabelecia nos artigos 7º e 8º:

Art. 7º – Fica proibida a instalação de barragem em cuja área a jusante seja identificada alguma forma de povoamento ou comunidade ou haja reservatório ou manancial destinado ao abastecimento público de água potável.

Art. 8º – Fica proibida a instalação de barragem destinada à acumulação ou à disposição final ou temporária de rejeitos ou resíduos de mineração pelo método de alteamento a montante.

Parágrafo único – O órgão ou entidade competente do SISEMA poderá, para barragens instaladas no Estado que, na data de publicação desta lei, utilizem ou tenham utilizado o método de alteamento a montante, exigir do empreendedor a realização de auditoria técnica extraordinária de segurança, observado o disposto no art. 16.

6.11.1.2 As normas infralegais

A deliberação Normativa (DN) n.º 62, de 17 dezembro de 2002 (COPAM, 2002) definiu a classificação das barragens, instituiu a obrigação do empreendedor pela implantação de um sistema de gestão de segurança e estabeleceu a necessidade de realização de auditoria técnica de segurança. Estabeleceu em seu artigo 7º que os proprietários do empreendimento eram responsáveis pela implantação de procedimentos de segurança nas fases de projeto, implantação, operação e fechamento das barragens decorrentes de suas atividades industriais.

¹⁷⁸Descomissionamento é o encerramento das operações com a remoção das infraestruturas associadas, tais como, mas não se limitando, a espigotes, tubulações, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura. (Brasil, 2019c).

A DN n.º 62/2002 não definiu quais eram os critérios técnicos a serem adotados para que os empreendedores mantivessem as suas barragens seguras, nem citou normas técnicas como referência.

Em 17 de junho de 2005, foi publicada a DN n.º 87 (COPAM, 2005) que tratava da periodicidade de realização das auditorias independentes, da obrigatoriedade de elaboração de relatório de auditoria técnica de barragens, contendo no mínimo o laudo técnico sobre a segurança de barragens, as recomendações para a melhoria da segurança. Também estabelecia no seu anexo I o modelo de formulário para cadastro das barragens. Essa DN nada definiu quais seriam os critérios técnicos a serem adotados para que os empreendedores mantivessem as suas barragens seguras.

A DN n.º 124, de 09 de outubro de 2008 (COPAM, 2008), mudou o mês para a entrega do relatório de auditoria técnica de março para setembro, considerando que a realização de auditorias de segurança em barragens no período chuvoso anual, poderia levar à obtenção de dados alterados em relação à saturação do solo ou existência de surgências de água nas estruturas. O empreendedor deveria protocolizar até o dia 10 de setembro de cada ano a DCE da barragem.

Após o rompimento da BRF, foi publicado o Decreto n.º 46.993, de 02/05/2016 (MINAS GERAIS, 2016), que estabeleceu a obrigatoriedade da execução de auditoria técnica extraordinária de segurança de barragem alteada a montante, proibiu o licenciamento ambiental para novas barragens, bem como a ampliação daquelas alteadas dessa forma. O artigo 10 desse decreto estabeleceu que:

Os representantes dos empreendimentos onde se situam barragens são responsáveis pela implantação de procedimentos de segurança nas fases de projeto, construção, operação, descomissionamento e fechamento dessas estruturas.

Parágrafo único. A atuação dos órgãos estaduais no licenciamento e na fiscalização ambiental de barragens não abrange os aspectos de segurança estrutural e operacional dessas estruturas.

Por fim, citamos a Instrução de Serviço (IS) n.º 02/2018 (SEMAD/FEAM, 2018) que esclareceu definitivamente os limites de atuação da fiscalização estadual em relação à segurança de barragens:

Ressalta-se que o Decreto n.º 46.993, de 2 de maio de 2016, define que os representantes dos empreendimentos onde se situam barragens são responsáveis pela implantação de procedimentos de segurança nas fases de projeto, construção, operação, descomissionamento e fechamento dessas estruturas e que a atuação dos órgãos estaduais no licenciamento e na fiscalização ambiental de barragens não abrange os aspectos de segurança estrutural e operacional dessas estruturas.

Desta forma, e com fundamento no Parecer AGE n.º 15.911, de 24 de agosto de 2017, tais planos devem compor os processos de licenciamento, mas não compete ao licenciamento ambiental adentrar na análise de mérito de seu conteúdo, visto que tal

competência já se encontra definida para o órgão fiscalizador de barragens de resíduos ou rejeitos de mineração, a ANM.

[...]

A Lei n.º 12.334, de 2010, define as atribuições dos órgãos fiscalizadores de barragens de acordo com a finalidade das estruturas. A fiscalização de segurança de barragens de rejeitos da mineração é de competência exclusiva da ANM (grifo nosso).

A IS n.º 02/2018 esclareceu que não caberia mais à fiscalização estadual, conforme já apontado no Decreto n.º 46.993/2016, a verificação da segurança estrutural de barragens de mineração. Tal atribuição seria exclusiva da ANM, conforme determinação da Lei Federal n.º 12.334/2010.

6.11.1.3 Discussões

Ficou vedada a instalação de barragens pelo método de montante, mas o PL n.º 3.695/2016 não tratou de forma clara o que fazer com as barragens construídas até então. Não havia a obrigatoriedade para a descaracterização¹⁷⁹ das barragens já construídas, apenas que houvesse uma caução ambiental.

Verifica-se que o PL n.º 3.676/2016 também não tratou das barragens alteadas a montante até então instaladas em Minas Gerais. Sequer fazia menção às palavras descomissionamento ou descaracterização. O PL foi aprovado em primeiro turno na forma do Substitutivo 2 em 12/12/2017. Após essa data, passou por algumas comissões da ALMG e foi retirado de pauta a pedido de um deputado em 07/11/2018. Esse PL seria a base para a Lei Estadual n.º 23.291, aprovada em 25 de fevereiro de 2019, após o desastre da B I.

A DN n.º 124 demonstrou um avanço ao estabelecer a obrigatoriedade da entrega da DCE, mas foi infeliz em mudar a entrega do relatório de março para setembro. É exatamente no período chuvoso que podemos ter as piores condições de segurança da barragem em razão da subida da linha freática, expondo então as fragilidades da estrutura. Mais uma vez nada foi informado sobre os parâmetros técnicos a serem adotados para que os empreendedores mantivessem as suas barragens seguras.

O que se pode verificar sobre a legislação estadual é que nunca foram definidos parâmetros mínimos a serem adotados pelos empreendedores minerários em relação à estabilidade física das estruturas de contenção na mineração, nem foram citadas normas técnicas de referência.

¹⁷⁹Descaracterização de barragem é quando a estrutura não recebe, permanentemente, aporte de rejeitos e/ou sedimentos oriundos de sua atividade fim, a qual deixa de possuir características ou de exercer função de barragem, de acordo com projeto técnico, compreendendo o descomissionamento. Fonte: Brasil, 2022c.

Mesmo após o rompimento da BRF em novembro de 2015, não foi apontado pelo poder executivo ou pelo poder legislativo de Minas Gerais o que fazer com as inúmeras barragens de contenção de rejeitos alteadas a montante. Veremos adiante que, somente após o rompimento da B I em 2019, o poder legislativo mineiro tomou uma posição a respeito da descaracterização dessas barragens. Se a medida tivesse ocorrido ainda em 2016, já poderiam ter sido descaracterizadas inúmeras barragens alteadas a montante em Minas Gerais, inclusive a B I.

Além disso, o Decreto n.º 46.993/2016 estabeleceu que não era competência da fiscalização estadual verificar a segurança estrutural das barragens. Se a GERIM/FEAM não puder verificar tais aspectos, passaria então o órgão a atuar como um mero cartório digital dos documentos que informavam ser a barragem segura.

6.11.2 Legislação federal antes do rompimento da B I

Da mesma forma que a legislação do estado de Minas Gerais, a União possuía algumas leis federais e várias normas infralegais sobre segurança de barragens na mineração vigentes à época do rompimento da B I.

6.11.2.1 As leis federais

O Decreto-Lei n.º 227, de 28 de fevereiro de 1967 (BRASIL, 1967), deu nova redação ao "Código da Mineração". Esse código, que regula a exploração mineral do subsolo no Brasil, nada falava sobre o depósito ou armazenamento de substâncias sem valor comercial na mineração, como estéril ou rejeitos minerais. Apenas alguns poucos artigos disciplinavam a utilização do subsolo objetivando a conservação do meio ambiente, conforme a seguir:

Art. 47. Ficará obrigado o titular da concessão, além das condições gerais que constam deste Código, ainda, às seguintes, sob pena de sanções previstas no Capítulo V;

[...]

V - Executar os trabalhos de mineração com observância das normas regulamentares.

[...]

X - Evitar o extravio das águas e drenar as que possam ocasionar danos e prejuízos aos vizinhos.

XI - Evitar poluição do ar, ou da água, que possa resultar, dos trabalhos de mineração.

[...]

Art. 60. Ficam sujeitas a servidões de solo e subsolo, para os fins de pesquisa ou lavra, não só a propriedade onde se localiza a jazida, como as limítrofes.

Parágrafo único. Instituem-se servidões para:

[...]

h) bota-fora do material desmontado e dos refugos do engenho.

Ao final, o decreto-lei estabeleceu em seu Art. 97 que o governo federal expediria os regulamentos necessários à execução do código. Veremos mais adiante que inúmeros regulamentos foram expedidos pelo DNPM, que foi substituído em 2017 pela ANM.

Foi apresentado na Câmara dos Deputados o PL n.º 436 em 14/03/2007, que tornava obrigatória a contratação de seguro contra o rompimento de barragens. Após anos de tramitação, o PL foi arquivado em 05/11/2015.

Em 06/11/2007, foi apresentado o PL n.º 2.375 na Câmara dos Deputados, que dispunha sobre o regime de aproveitamento das substâncias minerais no Brasil. Foi a primeira tentativa para se alterar o Decreto-Lei n.º 227/1967. Alguns artigos desse PL já procuravam despertar o interesse do legislativo federal para a conservação do meio ambiente e das pessoas diretamente sujeitas à exploração mineral:

Art. 16. O contrato estabelecerá que o concessionário estará obrigado a:

I - adotar, em todas as suas operações, as medidas necessárias para a conservação da jazida e de outros recursos naturais, para a segurança das pessoas e dos equipamentos e para a proteção do meio ambiente;

[...]

VI - adotar as melhores práticas da indústria internacional de mineração e obedecer às normas e procedimentos técnicos e científicos pertinentes.

O PL n.º 2.375/2007 foi arquivado em 31/01/2011 após parecer do relator do projeto contrário à aprovação. Em 03/02/2011, deu entrada o PL n.º 37, idêntico ao PL n.º 2.375/2007. Em 16/07/2013, foi designada pelo presidente da Câmara dos Deputados uma comissão para melhor estudá-lo. Apensado a esse estava o PL 5.807/2013, de 19/06/2013, que dispunha sobre a atividade de mineração, criava o Conselho Nacional de Política Mineral e a ANM. Até hoje o PL 37/2011 não foi votado, com último andamento registrado em 07/06/2021.

Saindo do marco legal da mineração, foi publicada em 20/09/2010 a Lei Federal n.º 12.334/2010 (BRASIL, 2010b) que estabeleceu a PNSB, estruturas destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, além de criar o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens.

A Lei n.º 12.334/2010 tinha, dentre outros objetivos, garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas consequências e fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos. A implementação da PNSB coube a diferentes órgãos federais de acordo com o tipo de barragem: usos múltiplos da água; geração de energia hidrelétrica; contenção de rejeitos de

mineração e contenção de resíduos industriais. A fiscalização das barragens de contenção de rejeitos de mineração coube ao DNPM.

Nos artigos 17 e 18 dessa lei foi estabelecido que:

Art. 17. O empreendedor da barragem obriga-se a:

I - prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem;

II - providenciar, para novos empreendimentos, a elaboração do projeto final como construído;

III - organizar e manter em bom estado de conservação as informações e a documentação referentes ao projeto, à construção, à operação, à manutenção, à segurança e, quando couber, à desativação da barragem;

[...]

Art. 18. A barragem que não atender aos requisitos de segurança nos termos da legislação pertinente deverá ser recuperada ou desativada pelo seu empreendedor, que deverá comunicar ao órgão fiscalizador as providências adotadas.

§1º A recuperação ou a desativação da barragem deverá ser objeto de projeto específico.

6.11.2.2 As normas infralegais federais

Neste item informaremos as normas infralegais estabelecidas pelo antigo DNPM, atual ANM, e pelo Ministério do Trabalho.

6.11.2.2.1 As normas do ANM/DNPM

O DNPM publicou em 18/10/2001 as normas reguladoras da mineração (NRM) através da Portaria DNPM n.º 237 (BRASIL, 2001). A NRM 19 versava sobre a disposição de estéril, rejeitos e produtos.

Em 03 de setembro de 2012, a Portaria n.º 416 (BRASIL, 2012) foi baixada pelo DNPM, criando o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e dispondo sobre o Plano de Segurança, Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB), Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) e Inspeções Regulares e Especiais de Segurança das Barragens de Mineração, cumprindo o já disposto na Lei n.º 12.334/2010. O RISR deveria ser elaborado anualmente pelo empreendedor minerário e depois a respectiva DCE. Nada ficou estabelecido o FS de estabilidade mínimo a ser adotado para as barragens de mineração.

Após a ocorrência do rompimento da BRF, em 05 de novembro de 2015, surgiram outras normas. A Portaria n.º 70.389 foi publicada em 17 de maio de 2017 (BRASIL, 2017), criando o cadastro nacional de barragens de mineração e o sistema integrado de gestão em segurança de barragens de mineração (SIGBM). Estabeleceu a portaria que o RISR passaria a ser elaborado duas vezes ao ano, podendo ser um por pessoal técnico do próprio

empreendedor e outro, obrigatoriamente, por auditores externos. Após a elaboração do relatório semestral, deveria ser emitida a DCE. Outro ponto importante foi sobre o apontamento de norma a ser utilizada em relação ao FS:

Análise de estabilidade da barragem de mineração a qual concluíra pela Declaração de Condição de Estabilidade tendo por base os índices de fator de segurança descritos na Norma Brasileira ABNT NBR 13028 ou norma que venha a sucedê-la, fazendo uso das boas práticas de engenharia (grifo nosso).

Foi a primeira vez que uma norma federal da mineração citou uma norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como referência para o FS de barragem de mineração. A norma ABNT NBR 13028, que versa sobre a elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água, teve a sua primeira edição publicada em 30/07/1993. Essa edição nada falava sobre FS de estabilidade de barragem. O seu item 4.2 - Métodos e sequenciamento de disposição de rejeitos- citava que "não se recomenda o alteamento de barragem pelo método a montante".

A segunda edição da ABNT NBR 13028 saiu em 04/09/2006 e nela foi abordada a questão dos FS:

- a) ruptura do talude geral de jusante:
 - superfície freática normal: 1.50;
 - superfície freática crítica: 1.30;
- b) ruptura do talude geral de montante:
 - nível normal de operação da lâmina d'água: 1.50;
 - rebaixamento rápido da Lâmina d'água, quando houver: 1.10;
- c) ruptura do talude entre bermas: 1.5.

A versão da ABNT NBR 13028 de 2006 não contemplou informações sobre métodos construtivos de barragens, sobre a questão de se avaliar a estrutura para condições não drenadas, seja para resistência de pico ou para resistência residual, ou sobre avaliação para a condição de carregamento sísmico.

A 3ª edição da ABNT NBR 13028 foi publicada em 14/11/2017, dois anos após o desastre da BRF em Mariana. Ela melhorou a apresentação dos FS mínimos para as barragens de mineração (ver Quadro 4), independentemente do tipo de análise e do tipo de carregamento, tanto para condições não drenadas ou drenadas de carregamento.

Os valores mínimos de FS a serem determinados pelas análises determinísticas de estabilidade devem considerar as condições de carregamento, drenado ou não drenado, de cada um dos materiais envolvidos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017, p. 11).

Para condições não drenadas de carregamento, as análises de estabilidade podem ser executadas em tensões totais, com a utilização de parâmetros de resistência não drenada ou

em tensões efetivas, com a utilização de parâmetros efetivos de resistência e poropressões estimadas (op. cit., p. 11).

Trouxe também a ABNT NBR 13028 (op. cit., p. 12) a seguinte informação: "Em análises de estabilidade que utilizam parâmetros de resistência não drenada, os fatores de segurança mínimos devem ser estabelecidos pelo projetista, com base nas boas práticas de engenharia". Não foi citado no quadro de fatores mínimos de segurança (ver Quadro 4) qual seria o FS mínimo para esta condição.

6.11.2.2.2 A norma regulamentadora do Ministério do Trabalho

Em 1978, foi publicada a Portaria n.º 3.214 do Ministério do Trabalho (BRASIL, 1978), criando 28 Normas Regulamentadoras (NR). A NR 22 tratava dos trabalhos subterrâneos, isto é, atividades de mineração desenvolvidas no subsolo. Esta norma não estabelecia como os rejeitos da mineração subterrânea deveriam ser armazenados.

A Portaria Ministério do Trabalho n.º 2.037, de 15/12/1999, publicada no DOU em 20 de dezembro de 1999, alterou a NR 22, que passou a regulamentar a segurança das minas em geral. Foi criado o item 22.26, conforme a seguir:

22.26 - Deposição de estéril, rejeitos e produtos

22.26.1 - Os depósitos de estéril, rejeitos, produtos, barragens e áreas de armazenamento, assim como as bacias de decantação devem ser planejadas e implementadas pelo profissional previsto no subitem 22.3.3 e atender às normas ambientais em vigor.

22.26.2 - Os depósitos de estéril, rejeitos ou de produtos e as barragens devem ser mantidas sob supervisão de profissional habilitado e dispor de monitoramento da percolação de água, da movimentação e estabilidade e do comprometimento do lençol freático.

22.26.2.1 - Nas situações de risco grave e iminente de ruptura de barragens e taludes, as áreas de risco devem ser evacuadas, isoladas e a evolução do processo monitorado e todo o pessoal potencialmente afetado deve ser informado.

22.26.2.2 - O acesso aos depósitos de produtos, estéril e rejeitos deve ser sinalizado e restrito ao pessoal necessário aos trabalhos ali realizados.

Já em 01/10/2002, a Portaria SIT/DSST n.º 27¹⁸⁰, do Ministério do Trabalho, fez uma pequena alteração no item 22.26.1:

22.26.1 Os depósitos de estéril, rejeitos, produtos, barragens e áreas de armazenamento, assim como as bacias de decantação, devem ser construídos em observância aos estudos hidrogeológicos e ainda, atender às normas ambientais e às normas reguladoras de mineração.

¹⁸⁰Secretaria de Inspeção do Trabalho – Departamento de Segurança e Saúde do Trabalhador.

Outra mudança no mesmo item foi através da Portaria n.º 732, de 22 de maio de 2014, que estabeleceu que as barragens deveriam atender também as normas da ABNT, dentre elas a ABNT NBR 11682:

22.26.1 Os depósitos de estéril, rejeitos, produtos, barragens e áreas de armazenamento, assim como as bacias de decantação devem ser construídas em observância aos estudos hidrogeológicos e, ainda, atender às normas ambientais, às normas reguladoras de mineração e às especificações das normas técnicas da ABNT aplicáveis, especialmente a ABNT NBR 11682:2009 e suas alterações.

Após o rompimento da BRF em novembro de 2015 e com a publicação da Portaria n.º 70.389/2017 do antigo DNPM (BRASIL, 2017), a Portaria n.º 1.085, do Ministério do Trabalho, de 19/12/2018, alterou a NR 22 fazendo menção à “Política Nacional de Segurança de Barragens”, estabelecida pela Lei n.º 12.334/2010 (BRASIL, 2010b) e ao PAEBM:

22.26 Disposição de Estéril, Rejeitos e Produtos
[...]

22.26.4 A empresa com barragens inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens deve manter, à disposição do SESMT, da representação sindical profissional da categoria preponderante e da fiscalização do Ministério do Trabalho o Plano de Segurança de Barragens, incluindo o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM), quando exigível.

O item 22.32.1 da NR 22 também foi alterado pela Portaria n.º 1.085 de 19/12/2018:

22.32.1 Toda mina deverá elaborar, implementar e manter atualizado um Plano de Atendimento a Emergências que inclua, no mínimo, os seguintes requisitos e cenários:

- a) identificação de seus riscos maiores; e
- b) normas de procedimentos para operações em caso de:
 - I. incêndios;

[...]

VI. acidentes maiores;

VII. rompimento de barragem de mineração, conforme previsto no PAEBM;

VIII. outras situações de emergência em função das características da mina, dos produtos e dos insumos utilizados.

6.11.2.3 Discussões

Verifica-se que a NR 22 do Ministério do Trabalho foi a primeira norma infralegal brasileira a incluir itens sobre segurança de barragens de mineração quando de sua revisão em 15/12/1999, antes mesmo da NRM 19 do antigo DNPM, de 18/10/2001.

Novos itens foram sendo introduzidos na NR 22 à medida que os acidentes com barragens de mineração ocorriam. A alteração ocorrida em 22/05/2014 no item 22.26.1, estabelecendo que o empregador deveria atender às normas ambientais, as normas reguladoras de mineração e as especificações das normas técnicas da ABNT aplicáveis, especialmente a ABNT NBR 11682/2009 e suas alterações, foi positiva, pois conduziu um alinhamento entre as normas sobre o tema barragens de mineração no Brasil. Contudo, a alteração foi

inadequada quando citou a ABNT NBR 11682/2009, já que essa norma se refere à estabilidade de encostas naturais, não podendo ser aplicada aos taludes de barragens.

Nota-se que a legislação federal sobre barragens avançou de 2010 até 2017 buscando um aprimoramento da segurança das estruturas nos estabelecimentos minerários.

Contudo, a Lei n.º 12.334/2010 (BRASIL, 2010b) não citou quais seriam os FS de estabilidade física mínimos das barragens que deveriam ser seguidos pelos empreendedores e não remeteu essa questão a nenhuma norma técnica brasileira ou internacional. Somente em 2017, a Portaria DNPM n.º 70.389 (BRASIL, 2017) fez menção à ABNT NBR 13028 para o cálculo do FS.

Comparada à última atualização, que ocorreu em 2006, a ABNT NBR 13028/2017 valorizou recomendações referentes ao FS em relação aos critérios de projeto, inseriu mais estudos (tecnológicos, químicos, sísmicos), trouxe à tona as análises de riscos para estruturas com dano potencial associado elevado, planos de ações emergenciais etc (SOUZA JUNIOR; MOREIRA; HEINECK, 2018).

Entretanto, a norma técnica ainda não trouxe o valor mínimo do FS para as análises de estabilidade física que utilizam parâmetros de resistência não drenada, ficando o FS a cargo do projetista.

A ausência do FS mínimo levaria a uma decisão subjetiva do projetista. O que ele levaria em conta para estabelecer o FS mínimo? Seria o número baseado em normas internacionais ou de acordo com sua experiência própria? As mineradoras poderiam alegar que não existia normatização nacional sobre o valor? Estas questões serão abordadas mais à frente em nossa pesquisa.

A questão da alteração de normas após desastres foi tratada por Hopkins (2022, p. 189), que abordou a normatização de exploração de petróleo nos EUA:

[...] significa que os reguladores estão sempre tentando recuperar o atraso. Antes do acidente de Macondo, o maior vazamento de óleo nos Estados Unidos resultou de uma perfuração em um navio petroleiro, o Exxon Valdez. Os legisladores responderam com a Lei de Poluição por Petróleo (*Oil Pollution Act*) de 1990, exigindo planos de resposta ao vazamento de óleo. A lei também introduziu a exigência de navios petroleiros de casco duplo, uma medida especificamente projetada para reduzir o risco de vazamentos em petroleiros. Não se prestou nenhuma atenção a outras formas possíveis de vazamento de petróleo. Então foi assim que, na época do acidente de Macondo, não havia requisitos regulatórios específicos para que a operadora fosse capaz de fechar os poços e conter vazamentos efetivamente.

Lembram Lacaz, Porto e Pinheiro (2017) que quando mortes, destruição ambiental, incertezas e avaliações de cenários sombrios futuros tornam-se mais e mais escancaradas, surgem muitas elevadas, declarações públicas de que é preciso rever procedimentos e

tecnologias, mudar leis e investir nas instituições reguladoras e fiscalizadoras. As leis são mudadas, mas carecem de fiscalização para realmente serem implantadas.

Além disso, o poder executivo e o legislativo federal não se preocuparam com as dezenas de barragens de mineração alteadas a montante espalhadas pelo Brasil. Assim como em Minas Gerais, somente após o rompimento da B I, é que novas normas infralegais e uma lei federal surgiram para tratar do assunto. Caso as medidas tivessem ocorrido ainda em 2016, já poderiam ter sido descaracterizadas inúmeras barragens alteadas a montante pelo país. Mesmo na ocorrência do acidente, se as instalações de empresas e a população a jusante dentro da zona de altossalvamento (ZAS)¹⁸¹ tivessem sido reassentadas, muitas vidas poderiam ter sido preservadas.

6.11.3 Uma lacuna normativa

Cabe aqui apontarmos que existe um vácuo normativo em relação ao FS de estabilidade de barragem quando do licenciamento ambiental que é concedido pelo estado de Minas Gerais.

O Decreto estadual n.º 46.993/2016 estabeleceu que não era competência da fiscalização estadual verificar a segurança estrutural das barragens, inclusive quando da liberação da licença ambiental. Contudo, a ANM, autarquia federal, que teria a competência legal para fazê-lo, não participa do processo de licenciamento ambiental das barragens. Logo, podem ser concedidas licenças ambientais para novas barragens ou renovação das já existentes sem que qualquer órgão fiscalizador opine sobre o FS de estabilidade das estruturas.

Essa lacuna normativa pode ser resolvida caso o estado de Minas Gerais passe a dotar a sua fiscalização de recursos técnicos e de pessoal capacitado para executar a avaliação do FS quando do licenciamento ambiental.

Se essa medida não for adotada no âmbito estadual, pode a ANM ter que lidar no futuro com uma barragem construída ou alteada com FS que não atende o mínimo estabelecido em normas da ABNT ou em sua própria legislação.

¹⁸¹Zona de Autossalvamento: trecho do vale à jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta à população são da responsabilidade do empreendedor, por não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em situações de emergência, devendo-se adotar a maior das seguintes distâncias para a sua delimitação: a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 (trinta) minutos ou 10 km (dez quilômetros). Fonte: Brasil, 2022c.

6.11.4 Legislação estadual após o rompimento da B I

Somente após o rompimento da B I, o PL n.º 3.676/2016 voltou a ser discutido na ALMG, sendo publicada a Lei Estadual n.º 23.291 de 25 de fevereiro de 2019, instituindo a política estadual de segurança de barragens, em substituição à Lei Estadual n.º 15.056 de 2004. Vejamos o que estabeleceu essa lei em seu artigo 13:

Art. 13 - Fica vedada a concessão de licença ambiental para operação ou ampliação de barragens destinadas à acumulação ou à disposição final ou temporária de rejeitos ou resíduos industriais ou de mineração que utilizem o método de alteamento a montante.

§ 1º - O empreendedor fica obrigado a promover a descaracterização das barragens inativas de contenção de rejeitos ou resíduos que utilizem ou que tenham utilizado o método de alteamento a montante, na forma do regulamento do órgão ambiental competente.

§ 2º - O empreendedor responsável por barragem alteada pelo método a montante atualmente em operação promoverá, em até três anos contados da data de publicação desta lei, a migração para tecnologia alternativa de acumulação ou disposição de rejeitos e resíduos e a descaracterização da barragem, na forma do regulamento do órgão ambiental competente.

Verifica-se então a proibição da operação de barragens alteadas a montante e que as existentes deveriam ser descaracterizadas em prazo de três anos.

6.11.5 Legislação federal após o rompimento da B I

A primeira norma publicada pela ANM após o rompimento da B I foi a Resolução n.º 4, de 15 de fevereiro de 2019, que estabeleceu em seu artigo 6º:

Art. 6º Cabe ao projetista, profissional legalmente habilitado pelo sistema CONFEA/CREA e com experiência comprovada, estabelecer os fatores de segurança mínimos para as barragens de mineração inseridas na PNSB, independentemente do método construtivo adotado, com base na ABNT NBR 13028/2017, nas normas internacionais e nas boas práticas de engenharia, sendo vedada a fixação em valor inferior a 1.3 para análise de estabilidade e estudos de susceptibilidade à liquefação, considerando parâmetros de resistência não drenada (grifo nosso).

Também estabeleceu no seu artigo 8º que, com vistas a reduzir ou eliminar o risco de rompimento, em especial por liquefação, das barragens construídas ou alteadas pelo método a montante ou por método declarado como desconhecido, os empreendedores deveriam concluir, até 15 de agosto de 2021, o descomissionamento ou a descaracterização das estruturas.

A Secretaria Especial de Previdência e Trabalho (SEPT)¹⁸² alterou a NR 22 através da Portaria n.º 210, de 11 de abril de 2019:

22.6.1.1 É vedada a concepção, a construção, a manutenção e o funcionamento de instalações destinadas a atividades administrativas, de vivência, de saúde e de recreação da empresa ou Permissionário de Lavra Garimpeira localizadas nas áreas à jusante de barragem sujeitas à inundação em caso de rompimento, consideradas tais situações de risco grave e iminente e passíveis de interdição da instalação da empresa ou Permissionário de Lavra Garimpeira que esteja em desconformidade com este subitem.

22.6.1.1.1 Para barragens novas, a vedação prevista no subitem 22.6.1.1 não se aplica até o momento de início do enchimento do reservatório.

22.6.1.1.2 Consideram-se áreas de vivência as seguintes instalações:

- a) instalações sanitárias;
- b) vestiário;
- c) alojamento;
- d) local de refeições;
- e) cozinha;
- f) lavanderia;
- g) área de lazer; e
- h) ambulatório.

22.6.1.1.3 Excetuam-se do disposto no subitem 22.6.1.1 as instalações sanitárias essenciais aos trabalhadores que atuam nas áreas à jusante de barragem sujeitas à inundação em caso de rompimento.

A Resolução ANM n.º 13, de 08 de agosto de 2019 (BRASIL, 2019c), revogou a Resolução n.º 4/2019 e trouxe novos prazos para a descaracterização das barragens alteadas a montante. De acordo com o porte da barragem, os prazos variavam de 15 de setembro de 2022 e 15 de setembro de 2027. Outro artigo importante trazido pela Resolução n.º 13/2019 foi o Artigo 3º, nos mesmos moldes da Portaria n.º 210, de 11 de abril de 2019 da SEPT:

Art. 3º Ficam os empreendedores responsáveis por quaisquer barragens de mineração, proibidos de conceber, construir, manter e operar, nas localidades pertencentes a poligonal de área outorgada ou em áreas averbadas no respectivo título minerário e inseridos na zona de autossalvamento - ZAS:

I - Instalações destinadas a atividades administrativas, de vivência, de saúde e de recreação; [...].

A Lei Federal n.º 14.066, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020d), alterou artigos de inúmeras normas da mineração, com destaque para a alteração da Lei n.º 12.334/2010 (BRASIL, 2010b):

Art. 3º A Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010, passa a vigorar acrescida dos seguintes arts. 2º-A, 18-A, 18-B e 18-c:

Art. 18-A. Fica vedada a implantação de barragem de mineração cujos estudos de cenários de ruptura identifiquem a existência de comunidade na ZAS.

§1º No caso de barragem em instalação ou em operação em que seja identificada comunidade na ZAS, deverá ser feita a descaracterização da estrutura, ou o reassentamento da população e o resgate do patrimônio cultural, ou outra de reforço

¹⁸²O Ministério do Trabalho e Emprego foi extinto durante o governo do presidente Jair Messias Bolsonaro (2019-2022).

que garantam a estabilidade efetiva da estrutura, em decisão do poder público, ouvido o empreendedor e consideradas a anterioridade da barragem em relação à ocupação e a viabilidade técnico-financeira das alternativas.

Por último, citamos a Resolução n.º 95, de 07 de fevereiro de 2022 (BRASIL, 2022c), quando a ANM fez uma consolidação dos atos normativos que dispõem sobre a segurança de barragens de mineração. Destacamos aqui o artigo 23:

Art. 23 Cabe ao profissional legalmente habilitado pelo CONFEA/CREA, calcular os Fatores de Segurança para as barragens de mineração inseridas na PNSB, independentemente do método construtivo adotado, com base na ABNT NBR 13028/2017 ou norma que a suceda, nas práticas internacionais e nas boas práticas de engenharia, sendo exigido, para as análises de estabilidade e estudos de susceptibilidade à liquefação na condição não drenada, global ou local, valor igual ou superior a 1.3 para resistência de pico.

Verificamos que as normas federais, após o desastre de Brumadinho, trouxeram de forma clara o FS de 1.3 para resistência de pico na condição não drenada, global ou local, valor que não foi estabelecido na ABNT NBR 13028/2017.

As normas federais trataram de estabelecer a obrigação da descaracterização das barragens a montante por todo o país. Também houve a proibição da instalação de vestiários, escritórios e refeitórios da empresa a jusante das estruturas, independentemente do método de construção. Além disso, se houver população dentro da ZAS, três possibilidades foram colocadas: a estrutura deverá ser descaracterizada, ou receber reforço estrutural ou a população deverá ser reassentada.

Mas por que o poder executivo e o legislativo demoraram tanto para agir no caso das barragens alteadas a montante? Por qual motivo a ABNT NBR 13028 não estabeleceu o valor mínimo do FS para as análises de estabilidade física que utilizam parâmetros de resistência não drenada?

6.11.6 A demora do poder executivo em agir

A resposta à primeira pergunta remonta ao período colonial, quando o Brasil teve extraído de seu subsolo grandes quantidades de diamantes e de ouro e enviadas para Portugal, conforme descrito no item 3.1.

A indústria extrativa mineral tem crescido muito nos últimos anos e contribuído para o saldo comercial da balança brasileira, isto é, a diferença entre exportações e importações. Em 2020, o setor mineral foi decisivo para manter positivo o saldo da balança comercial brasileira. O saldo comercial do setor mineral foi de US\$ 32,5 bi, o equivalente a 63,8% do saldo da balança comercial brasileira. Em 2019, a equivalência foi de 51,6%. Segundo o

IBRAM (2019, 2020), a arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM)¹⁸³ em 2020 foi de R\$ 6,08 bi, 35% maior que os R\$4,5 bi de 2019.

Ainda de acordo com o IBRAM (2021), o setor mineral registrou em 2021 aumento de 62% no faturamento em relação a 2020, totalizando R\$ 339,1 (excluindo-se petróleo e gás). As exportações minerais brasileiras alcançaram US\$ 58 bi, um aumento de 58,6% em relação a 2020. O saldo comercial mineral, de quase US\$ 49 bi, equivaleu a 80% do saldo comercial brasileiro, que foi de US\$ 61 bi. A arrecadação da CFEM totalizou R\$ 10,3 bi, 69,2% maior que os R\$ 6,08 bi de 2020. Nota-se que ano após ano a mineração vem crescendo em importância na balança comercial do Brasil.

Tal fato pode explicar porque o governo federal e o estadual foram tão complacentes com as mineradoras. Impedir o funcionamento de barragens alteadas a montante poderia significar a paralisação da atividade minerária em minas que não possuíam outros locais para a acumulação dos rejeitos decorrentes do beneficiamento mineral a úmido, importando na menor arrecadação de impostos.

Definir o FS de estabilidade física de barragem para a condição não drenada em normas infralegais poderia de antemão provocar a interdição de muitas estruturas, o que realmente ocorreu após a publicação da Resolução n.º 4, de 15 de fevereiro de 2019. A VALE teve, até março de 2021, 29 barragens interditadas em Minas Gerais (BRASIL, 2019d, 2020a, 2020b, 2021).

Em suma, estas duas medidas poderiam prejudicar a produção de minério de ferro e de outros minerais por parte de empreendedores que não se prepararam nas últimas décadas para abandonar as barragens alteadas a montante e fazer o depósito de seus rejeitos em estruturas de dique único, ou alteadas por outro método, ou em cavas exauridas, ou ainda filtrar os rejeitos úmidos e depositá-los em pilhas. Como consequência, teríamos a queda na produção mineral e das exportações de uma de nossas maiores commodities, o minério de ferro.

6.11.7 Leis e normas que compensam

Lacaz, Porto e Pinheiro (2017, p. 9) manifestaram-se após a tragédia causada pelo rompimento da BRF em 2015: "A inação dos poderes constituídos relaciona-se ao papel das

¹⁸³É um tributo estabelecido pela Constituição de 1988, em seu Art. 20, § 1º, devido aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios, e aos órgãos da administração da União, como contraprestação pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios.

empresas mineradoras nas campanhas eleitorais: em 2006 a VALE foi a maior doadora para políticos e partidos, sendo a terceira em 2014". Lembram os autores que as empresas de mineração investem no financiamento de campanhas eleitorais, formando bancadas que atuam no executivo, congresso nacional, assembleias e câmaras municipais (op. cit., p.5).

Segundo Laschefski (2020, p. 104), as mineradoras conseguiram instalar em Minas Gerais uma rede de interferência que incluiu não só a Câmara dos Deputados, mas também o governo estadual e o Conselho de Política Ambiental (COPAM). Em 2014, 78,4% dos deputados estaduais e federais de Minas Gerais, independentemente de sua orientação política, tiveram sua campanha eleitoral financiada por mineradoras (MATEUS, 2019). Desta forma, as mineradoras puderam garantir as maiorias necessárias nas representações políticas para mudanças na regulação ambiental a seu favor.

As empresas do Grupo VALE, na eleição de 2014, doaram R\$ 79,3 mi para campanhas de políticos que se candidataram a mandatos nos poderes executivo e legislativo, sendo local ou nacional (COELHO; MILANEZ; PINTO, 2016):

- Presidência da República: Dilma Roussef, com R\$12 mi; Aécio Neves, com R\$ 3 mi;
- Governadores: Fernando Pimentel, em Minas Gerais, com R\$3,1 mi; Paulo Hartung, no Espírito Santo, com R\$ 0,3 mi;
- Senadores: Antônio Anastasia, com R\$1,0 mi; Rose de Freitas, com R\$0,5 mi;
- 10 deputados federais da comissão estabelecida para acompanhar e monitorar as consequências do rompimento da BRF.

Principal expoente da agora chamada "Bancada da lama", nome que remete ao rompimento de barragens, Leonardo Quintão (MDB-MG) recebeu cerca de R\$ 2 mi de mineradoras na eleição para deputado federal em 2014 (42% do que arrecadou). Em 2018, ele não se reelegeu, mas manteve sua influência, tornando-se assessor do governo Jair Messias Bolsonaro (TUROLLO; ESTARQUE, 2019).

Esta estratégia institucional, que visa a proximidade com agentes que influenciam a regulação de suas atividades, também ocorreu no Canadá, quando uma supervisora da VALE (antiga INCO)¹⁸⁴ foi eleita prefeita de Sudbury, justamente após a greve dos trabalhadores canadenses que ocorreu entre 2009 e 2010 (AGUIAR, 2022, p. 255).

As mudanças legislativas podem ser no sentido de criar órgãos para facilitar o andamento do processo de licenciamento ambiental, como na Lei Estadual n.º 21.972, de 21 de janeiro de 2016 (LASCHEFSKI, 2020, p. 105), quando foi criada a Superintendência de

¹⁸⁴Mineradora canadense, produtora de níquel, que foi adquirida pela VALE em 2006.

Projetos Prioritários (SUPPRI). Foi atribuída à SUPPRI a competência de retirar e analisar processos que estejam tramitando no COPAM, mas que sejam considerados relevantes para o desenvolvimento social e econômico de Minas Gerais.

Também podem as proposições legislativas amenizar as punições a serem aplicadas aos infratores ambientais, como no caso do PL 550/2019, que foi aprovado como Lei Federal n.º 14.066/2020 (BRASIL, 2020d). A Câmara dos Deputados suprimiu e alterou as formas mais rigorosas de punição dos gestores responsáveis pelas decisões envolvendo barragens de mineração. As multas decorrentes de crimes ligados às barragens, que variariam de R\$ 10 mil até R\$ 10 bi, foram reduzidas para o mínimo de R\$ 2 mil e o máximo de R\$ 1 bi. Além disso, embora a lei tenha definido que a descaracterização deveria ocorrer até fevereiro de 2022, ela abriu uma brecha, permitindo que a entidade que regula e fiscaliza a atividade minerária, no caso a ANM, pudesse prorrogar o prazo previsto (MILANEZ; WANDERLEY, 2020, p. 7-8).

Por fim, podem ser criadas dificuldades para que um PL tramite nas várias câmaras legislativas que precisam apreciar o seu texto, e assim, demorar anos para que seja votado, como é o caso do PL 37/2011, que teve o último andamento registrado em 07/06/2021.

De outro lado, temos o poder executivo que pode alterar normas infralegais, como portarias, resoluções e deliberações normativas. As mudanças nas normas podem ser no sentido de facilitar o licenciamento ambiental de barragens, como no caso do estado de Minas Gerais. Em 2017, o COPAM baixou a DN n.º 217, que criou a licença ambiental concomitante (LAC), isto é, não seria mais necessária a expedição de licença prévia, licença de instalação e licença de operação para determinados tipos de empreendimentos.

A VALE passou a ter amplo acesso a órgãos decisórios governamentais. Por exemplo, durante a discussão do Plano Nacional de Mineração 2030, em 2010, o Ministério das Minas e Energia organizou oito oficinas de trabalho, das quais a VALE participou em quatro oportunidades. Da mesma forma, sugestões foram feitas pela VALE a servidores do estado de Minas Gerais em reuniões realizadas em 2014 cujo tema era a simplificação do licenciamento ambiental. Em outubro de 2014, sugeriu a Gerente-Executiva de Meio Ambiente da VALE, Gleuza Jesué, que o processo de licenciamento, que em alguns casos se dava em três etapas, poderia se transformar em licenciamento único, o que de fato foi acatado pelo governador Fernando Pimentel, três anos depois (ANGELO, 2019).

6.11.8 Nomeações em órgãos públicos

Outra forma de interferência é a nomeação de pessoas para ocuparem cargos públicos de livre nomeação e exoneração a fim de atender a interesses políticos e das mineradoras. Em 14/02/2019, os servidores da ANM/MG publicaram manifesto que apontou as dificuldades para o exercício de suas funções (BRASIL, 2019e). O manifesto citou que:

Estivemos, até a instalação da ANM, em 05 de dezembro de 2018, à mercê da indicação de políticos para a ocupação de cargos de comando desta Autarquia, o que muito nos prejudicou, pois "vemos, em vários momentos, a indicação de dirigentes que não têm nenhum histórico de trabalho na área da Mineração, ou de servidores públicos alinhados com os interesses desses. Um exemplo disso, relacionado às barragens de mineração, foi ilustrado na matéria veiculada no Jornal Folha de São Paulo, em 03/02/2019, intitulada 'Bancada da lama barra ações para melhorar segurança das barragens'.

A nomeação de pessoas ligadas às empresas do setor mineral para cargos públicos federais tornou-se comum. Por exemplo, quando Vicente Humberto Lôbo Cruz (ex-diretor da VALE Fertilizantes) foi nomeado pelo governo do ex-presidente Temer para o cargo de Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral no Ministério das Minas e Energia, em 2016, ele indicou ex-diretores ou consultores da VALE para todos os quatro cargos de diretoria de sua secretaria (MILANEZ; COELHO; WANDERLEY, 2017). O geólogo Eduardo Jorge Ledsham, que trabalhou na VALE por mais de 25 anos e chefiou o CPRM - Serviço Geológico do Brasil de agosto de 2016 a agosto de 2017 é outro exemplo. Estes agentes públicos são ali colocados para defenderem os interesses do setor mineral. Este tipo de movimentação é o que Milanez *et al.* (2019, p. 38) descrevem como "porta giratória".

Mas a influência também pode ocorrer no outro sentido. Pode ser citada a participação da Sra. Isabel Roquete, ex-servidora da SEMAD, que passou a ocupar o cargo de Gerente de Relações Institucionais e Licenciamento Ambiental na VALE, nos processos de licenciamento da mina Córrego do Feijão, em especial da B I. A participação da ex-servidora pública no quadro da VALE, por conhecer bem o funcionamento e as pessoas do órgão público, poderia facilitar o trâmite da documentação nos processos administrativos de concessão de licença ambiental.

Outros deixaram a SEMAD para constituir as suas próprias mineradoras. É o caso de Hildebrando Canabrava Neto, que foi secretário-executivo da SEMAD até outubro de 2020. No ano seguinte, tornou-se sócio de duas mineradoras, a Brava e a Verdecál Mineração, além de possuir duas consultorias na área ambiental (GUSSEN, 2022).

A atual Secretária da SEMAD, Marília Carvalho de Melo, também teve a sua cota de polêmica quando presidiu o IGAM. Documentos mostram que, durante sua gestão, a empresa

de consultoria ambiental Crono Engenharia, registrada em nome da mãe e de seu padrasto, e que também prestava serviços para grandes mineradoras, como a CSN e a VALE, foi contratada pela autarquia por meio dos consórcios Ecoplan/Lume e Ecoplan/Skill. Marília de Melo deixou o IGAM em setembro de 2020 para assumir a SEMAD (op. cit., 2022).

Por fim, citamos outro exemplo da “porta giratória”. A Alger Consultoria Socioambiental, acrônimo de Alceu Torres Marques e Germano Gomes Vieira, ambos ex-secretários de Meio Ambiente de Minas. Desde janeiro de 2022, o ex-presidente do Instituto Estadual de Florestas, ex-superintendente e ex-secretário adjunto da SEMAD, Antônio Malard, é sócio da Alger. Malard chegou a ser cotado para assumir a SEMAD devido, principalmente, ao bom trânsito que tem junto a deputados da Assembleia Legislativa (op. cit., 2022).

6.11.9 A influência das mineradoras na revisão da ABNT NBR 13028

A ABNT é uma entidade privada e sem fins lucrativos que tem como fim elaborar e revisar as normas técnicas brasileiras (NBR) nos mais diversos ramos do saber (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022). A missão da ABNT seria de:

Prover a sociedade brasileira de conhecimento sistematizado, por meio de documentos normativos e avaliação de conformidade, que permita a produção, a comercialização e o uso de bens e serviços de forma competitiva e sustentável nos mercados interno e externo, contribuindo para o desenvolvimento científico e tecnológico, proteção do meio ambiente, defesa do consumidor e para inovação.

Aponta a entidade que estão entre os seus valores “atuar de forma isenta e ética, garantindo ampla participação da sociedade brasileira em suas áreas de atuação” e “acompanhar e contribuir para o avanço do estado da arte nas suas áreas de atuação”.

O processo de elaboração de um documento técnico ABNT é iniciado a partir de uma demanda. O assunto é levado ao comitê técnico correspondente para inserção em seu Programa de Normalização Setorial, discutido amplamente pelas comissões de estudo, com a participação aberta a qualquer interessado, independentemente de ser ou não associado à ABNT, até atingir consenso, gerando então um projeto de norma. O mesmo raciocínio pode ser aplicado em caso de revisão de norma (op. cit., 2022).

O projeto de nova norma ou de revisão é submetido à consulta nacional, com ampla divulgação, dando assim oportunidade a todas as partes interessadas para examiná-lo e emitir suas considerações.

No caso da ABNT NBR 13028, a revisão foi elaborada pela “Comissão de Estudo Especial de Elaboração de Projetos para Disposição de Rejeitos e Estéreis em Mineração” (ABNT/CEE-220). As reuniões da comissão ocorreram nos dias 09/02/2015, 22/03/2016 e 29/08/2016. O seu 1º projeto de revisão circulou em consulta nacional de 09/03/2017 a 07/05/2017 (ABNT/CEE-220, 2017a). Nesse projeto foram definidos fatores de segurança de estabilidade física das barragens (Quadro 26).

Quadro 26 - Fatores de segurança mínimos para condições em termos de tensão efetiva e total

Parâmetros de resistência	Tipo de ruptura	Característica de poropressão	FS mínimo
Tensões efetivas (resistência drenada)	Talude geral de jusante	Condição normal de poropressão ^a	1.5
		Condição crítica de poropressão ^b	1.3
	Talude geral de montante	Nível de água normal de operação do reservatório	1.5
		Rebaixamento rápido do nível de água do reservatório	1.1
	Talude entre bermas	Condição normal ^a	1.5
	Final de construção	Geração de poropressão durante a construção do aterro ^b	1.3
Resistência não drenada de pico	Talude geral de jusante	Material com característica com baixa permeabilidade, que sob condições de carregamento, não libera a água intersticial, gerando excesso de poropressão	1.3
	Talude geral de montante		
	Talude entre bermas		
Resistência não drenada residual (pós-liquefação)	Talude geral de jusante	Neste caso a escolha do fator de segurança deve levar em conta o comportamento do material que pode apresentar maior ou menor resistência após o pico	1.1
	Talude geral de montante		
	Talude entre bermas		

Fonte: Projeto de revisão da ABNT NBR 13028, março 2017.

Notas: a) Condição normal de poropressão é relativa àquela que a estrutura estará comumente submetida, é uma situação esperada para o funcionamento da estrutura. b) Condição crítica de poropressão é relativa àquela em que há perda parcial ou total de algum dispositivo de controle de poropressão ou ocorrência de ações excepcionais.

O segundo projeto foi levado à consulta pública de 10/08/2017 a 10/09/2017. (ABNT/CEE-220, 2017b). Contudo, no segundo projeto, o quadro que informava sobre os FS mínimos já não contemplava mais os parâmetros de resistência não drenada (ver Quadro 4). Finalmente a norma foi publicada em 14/11/2017.

Compuseram a comissão de revisão as seguintes empresas e entidades, com o número de representantes estando entre parênteses:

- Mineradoras: VALLOUREC (1); ANGLO GOLD (2); VALE (12); SAMARCO (2); YAMANA (1); CBMM (2); ANGLO AMERICAN (1); FERROUS RESOURCES (2); GERDAU (1); CSN (1); KINROSS (1); VOTORANTIM METAIS (1); CRUSADER (1);
- Universidades: Universidade Federal de Minas Gerais (2); Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1);
- Outros: Empresas de consultoria (8); IBRAM (3); DNPM (3); ABNT (1).

Apesar do cumprimento de requisitos formais para a revisão de uma norma, verificamos que a composição do grupo que alterou o seu texto não contou com representantes de vários setores da sociedade. Durante as reuniões, as mineradoras estiveram presentes com 28 pessoas, sendo 12 da VALE. As empresas de consultoria, que prestam serviços para as mineradoras, inclusive para VALE, enviaram oito representantes. O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), entidade que representa os interesses das mineradoras, foi representado por três pessoas. Verifica-se que das 46 pessoas que participaram das reuniões, 39 tinham relação direta com as empresas de mineração (ABNT/CEE-220, 2017b), uma relação totalmente desproporcional.

Não participaram das reuniões para a revisão da norma a tradicional Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), entidade que possui cursos de mestrado e doutorado na área de barragens de mineração, o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), representante da International Commission on Large Dams (ICOLD) no Brasil, nenhum Conselho Regional de Engenharia (CREA), a Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (ABMS), empresas que representam instrumentos de auscultação de barragens no Brasil, e nem mesmo o Movimento de Atingidos por Barragens (MAB).

Quando é desproporcional o número de pessoas ligadas aos empresários em relação aos representantes da Academia, órgãos reguladores, na época o DNPM, e outros representantes da sociedade, pode prevalecer a vontade do primeiro grupo. Esta situação pode ter ensejado a aprovação da tabela dos FS de estabilidade física sem que fossem contemplados os parâmetros de resistência não drenada, para pico e pós-pico.

O Revisor 1 (REV . 1), que teve o nome listado na relação de participantes da revisão da ABNT NBR 13028, informou que deve ter participado apenas de uma ou duas reuniões cujo tema era barragens. O grupo foi dividido e ele acabou ficando no subgrupo que revisou a norma sobre pilhas de estéril, a ABNT NBR 13.029. Perguntado sobre a pouca participação de representantes da Academia, respondeu o REV. 1:

Esse é outro problema. Eu achei péssimo. Mas não é por causa da ABNT. Não é a ABNT que é responsável por isso não. A responsabilidade disso é que os professores não se envolvem. [...] A reunião era aqui em Belo Horizonte e não havia nenhum impedimento de nenhum professor sair. [...] É muito mais falta de engajamento da comunidade acadêmica, não sei o porquê. Existe uma certa distância da ABNT para a Academia. Acho que deveria ter muito envolvimento.

De acordo com o Art. 5º da Lei Federal n.º 4.150, de 2 de novembro de 1962, a ABNT é um “órgão de utilidade pública”, passando a receber suporte financeiro do governo. Sendo órgão de utilidade pública, deve visar o interesse público.

Como bem disse Celso Antônio Bandeira de Mello (2005, p. 59):

Ao se pensar em interesse público, pensa-se, habitualmente, em uma categoria contraposta à de interesse privado, individual, isto é, ao interesse pessoal de cada um. Acerta-se em dizer que se constitui no interesse do todo, ou seja, do próprio conjunto social, assim como se acerta também em sublinhar que não se confunde com a somatória dos interesses individuais, peculiares de cada qual. Dizer isto, entretanto, é dizer muito pouco para compreender-se verdadeiramente o que é interesse público.

Verificando-se a tabela de FS do primeiro projeto de revisão da ABNT NBR 13028, tem-se que o FS mínimo para a condição não drenada, resistência de pico, seria de 1.3. Para resistência residual, isto é, pós-pico, o FS mínimo seria de 1.1. O fenômeno da liquefação dos rejeitos, que veio à tona para as pessoas fora do mundo da engenharia após o rompimento da BRF em 2015, foi destacado (ABNT/CEE-220, 2017a):

Para barragens construídas com rejeito, devem ser apresentados e analisados os resultados da caracterização geotécnica dos rejeitos, como granulometria, em especial o conteúdo dos finos, densidades máxima e mínima, em especial o índice de vazios para a condição densa e fofa dos rejeitos, densidade dos grãos, coeficiente de permeabilidade, parâmetros de adensamento e deformação e parâmetros de resistência ao cisalhamento; em especial avaliar o potencial de liquefação dos rejeitos (comportamento durante o cisalhamento e análise de estabilidade para condição não drenada).

Se tais FS mínimos tivessem sido estabelecidos na nova norma, a B I teria de ser analisada obrigatoriamente também sob condição não drenada, já que a Portaria DNPM n.º 70.389 de maio de 2017 (BRASIL, 2017), fez menção à ABNT NBR 13028 para o cálculo do FS. Neste caso, como o FS da B I para a condição não drenada era de 1.06 para resistência de pico e de 0.39 para resistência residual, em 20/11/2017¹⁸⁵, a estrutura já não teria a sua DCE emitida em março de 2018. A não emissão da DCE colocaria a B I em estado de emergência nível 1, o que acarretaria uma fiscalização por parte do DNPM, assim como da GERIM/FEAM.

Questionado sobre a não inclusão na norma do FS mínimo para a condição não drenada, que constava do 1º projeto de revisão que foi para consulta nacional de 09/03/2017 a 07/05/2017 (ABNT/CEE-220, 2017a), informou o REV. 1: “Eu não sei te dizer o porquê. Acho que foi uma mudança ruim. Porque eu acho que seria fundamental”. Informou também que não participou da discussão de FS para barragens, pois ficou no grupo que discutiu a segurança de pilhas.

Declarou o REV. 2 em entrevista ao pesquisador sobre os fatores de segurança que estavam sendo discutidos para a resistência não drenada de pico e pós-pico:

Teve gente que queria aumentar isto aqui [fator de segurança para a resistência não drenada]. [...] não ia ter nenhuma barragem no Brasil que ia, isto aqui pra 1.3 pós-

¹⁸⁵POTAMOS/TÜV SÜD. Análise da probabilidade de ruptura da barragem B I, 20/11/2017.

pico. Essa discussão eu lembro. [...] Quem tava lá eram os grandes mestres. [...] A única coisa que as pessoas falavam é que se majorasse demais os fatores de segurança você não ia conseguir ter barragem que passasse.

A revisão da ABNT NBR 13028/2017 foi publicada após o rompimento da BRF e na época a sociedade já sabia o quanto era danoso o rompimento de uma barragem de rejeitos pelo fenômeno da liquefação. Podemos dizer que a norma revisada não atendeu ao interesse público, já que não estabeleceu os valores mínimos de FS para as análises de estabilidade que utilizam parâmetros de resistência não drenada.

Para Prado Filho (2012), a ABNT é uma organização não governamental declarada de utilidade pública exatamente por exercer atividade de natureza estatal, de interesse público. Argumenta o autor que:

As NBR são regras de conduta impositivas para os setores produtivos em geral, tendo em vista que, além de seu fundamento em lei ou atos regulamentares, têm em vista cumprimento da função estatal de disciplinar o mercado com vistas ao desenvolvimento nacional e à proteção de direitos fundamentais tais como os direitos relativos à vida, à saúde, à segurança, ao meio ambiente, etc. O real objetivo do Foro Nacional de Normalização (ABNT) é a publicação das normas técnicas feitas pela sociedade, para uso da sociedade e em benefício da sociedade.

Também citou Prado Filho (2012) a possibilidade de normas técnicas serem manipuladas por grupos detentores de poder econômico, trazendo à tona a “Teoria da Captura”. Segundo essa teoria, a “captura” indica a possibilidade das agências reguladoras se transformarem em via de proteção para os diversos setores da economia regulados. Neste caso, a agência reguladora perde a condição de autoridade administrativa com ênfase no interesse público e, passa a “advogar” na legitimação de interesses privados dos setores regulados.

Para Freitas (2012) a teoria da captura é:

[...] o fenômeno inerente às agências reguladoras, mas, pode ser aplicada a qualquer setor que detenha de alguma forma poder regulador, mesmo fora da administração pública, como ocorre com a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, que detém o monopólio da função de normatizar o modo como devem ser produzidos diversos produtos da economia nacional e, via de regra, importados produtos similares, concentração de competência autônoma que representa grande problemática relativa ao risco da captura.

Logo, temos aqui um bom exemplo de como uma norma ABNT pôde ser capturada pelo interesse de um grupo econômico, o da mineração. A norma não atendeu ao interesse público, pois deixou de estabelecer um FS mínimo que poderia ter sido utilizado por empresas auditoras para expor a real condição de fragilidade da B I sob condição não drenada.

7 ANÁLISE DO DESASTRE SEGUNDO A TAHC

Fazendo uso da TAHC, hipotetizamos contradições em e entre sistemas de atividade da VALE que podem ter contribuído para o rompimento da B I. Este assunto foi contemplado em artigo aceito para publicação na Revista Saúde e Sociedade em 03 de março de 2023, constante do apêndice 1. A seguir trazemos um resumo ampliado do artigo.

Tragédias que tem ocorrido no século XXI são explicadas por alguns autores como decorrentes da financeirização da economia global, fenômeno relacionado, entre outros aspectos, ao acirramento da competição internacional com aumento da pressão por resultados e consequente corte de investimentos em segurança para atender às desejos dos acionistas.

Dentro da perspectiva da TAHC, os desastres industriais podem ser entendidos como manifestações de contradições dentro e entre os sistemas de atividade (SA). Existe uma contradição primária em cada componente constituinte da atividade-fim e refere-se à relação entre o valor de troca e o valor de uso desses componentes. Uma contradição secundária significa que dois elementos dentro do SA são incompatíveis e estabelecem requisitos contraditórios para ações dos indivíduos no sistema.

Para entender os motivos que levaram ao rompimento da barragem B I, voltamos no tempo e verificamos mudanças profundas ocorridas na empresa. Em 2017, com a posse do novo CEO, a Vale implementou um processo de mudança diretamente relacionado à demanda do mercado financeiro.

A remuneração fixa da diretoria executiva (DE) da Vale manteve-se com pouca variação de 2011 até 2014 e sofreu uma queda de 2014 para 2015 de 22,7%. A remuneração variável veio caindo de 2011 até 2015 e despencou em 2016 em razão do rompimento da BRF. Contudo, comparando 2017 com o ano anterior, houve um crescimento de 13 vezes.

A partir de 2018, a forma como a remuneração da DE foi apresentada no relatório anual mudou um pouco. A remuneração total veio crescendo com exceção de 2019, ano do rompimento da B I: R\$ 166,1 milhões (mi) em 2018, R\$ 85,40 mi em 2019, R\$ 165,42 mi em 2020 e R\$ 246,49 mi em 2021. Apesar do desastre de 2019 e a repercussão mundial do caso, a remuneração da DE quase triplicou entre 2019 e 2021.

Quanto à distribuição dos dividendos e de juros sobre capital próprio aos acionistas, o valor caiu de 2011 até 2014, em razão da queda acentuada do preço médio da tonelada de minério de ferro. Despencou para US\$ 0,25 bilhões (bi) em 2016, ainda por causa da queda do valor da *commodity* e do rompimento da BRF em 2015. A promessa em 2017 do novo Diretor-Presidente foi cumprida, qual seja: "nos próximos anos não haverá outra (mineradora)

produzindo mais valor para seus acionistas do que a Vale". De 2015 a 2021, o valor distribuído aos acionistas cresceu nove vezes.

Em relação à redução do endividamento, a dívida líquida da empresa cairia de US\$ 18,143 bi ao final de 2017 para US\$ 9,650 bi ao término de 2018.

O valor gasto na manutenção das operações da Vale decresceu significativamente desde 2013 a 2017, passando de US\$ 4,6 bi para US\$ 2,2 bi, o que pode ter impactado também no gerenciamento das barragens.

Como visto, a estratégia financeira tornou-se central nas operações da empresa, sugerindo que a dimensão operacional de suas atividades estava perdendo relevância na alocação de recursos. Mesmo com o sucesso financeiro da VALE, a partir de 2015, o investimento na segurança de barragens ficou muito distante do ritmo do crescimento da remuneração da DE e da distribuição de lucros aos acionistas.

O investimento da Vale em barragens a partir de 2015 foi modesto. Apesar do aumento do número de barragens e do alteamento de outras, além do estabelecimento de novas obrigações impostas pela Agência Nacional de Mineração em 2017, a gestão das barragens cresceu 16% em 2018 e em 2019 a previsão orçamentária era aumento de apenas 3,68%.

A investigação do rompimento da barragem B I mostrou que houve interrupção do funcionamento de instrumentos de monitoramento e leituras incomuns de outros, descumprimento das recomendações em relatórios de inspeção de segurança, falhas na manutenção da drenagem, emissão da declaração de condição de estabilidade (DCE) da B I apesar de FS de estabilidade inferior ao estabelecido em normas internacionais e/ou sugerido por consultores. Ainda houve entrada de dados no sistema informatizado da ANM inconsistentes com a realidade. No entanto, a avaliação da Vale sobre a suposta segurança da barragem não foi alterada, e ela decidiu operar o sistema nessas condições.

Foram abordados dois SA dentro da Vale: "Fiscalização e Monitoramento" e "Alta Administração". Para realizar a análise das contradições históricas, consideramos que os dois SA tiveram a B I como objeto parcialmente compartilhado.

Os resultados obtidos permitiram visualizar uma contradição primária no SA "Inspeção e Monitoramento": A tecnologia de alteamento a montante adotada na construção da BI é mais barata (baixo valor de troca), porém é mais insegura em comparação com outras tecnologias, como alteamento a jusante ou por linha de centro, mais caras e seguras (maior valor de uso); A disposição de rejeitos na barragem foi interrompida em julho de 2016 devido

à introdução de uma técnica de beneficiamento a seco na mina, diminuindo assim o seu valor de uso.

Destacamos as contradições secundárias entre o objeto compartilhado e o SA “Alta Administração”: Instrumento “Declaração de Condição de Estabilidade – DCE”; e Regras. A alta direção entendia que a simples emissão da DCE era prova de segurança para a B I, o que não foi comprovado pelos achados da investigação e pela ruptura da estrutura. As regras privilegiaram o mercado financeiro em detrimento da segurança da B I.

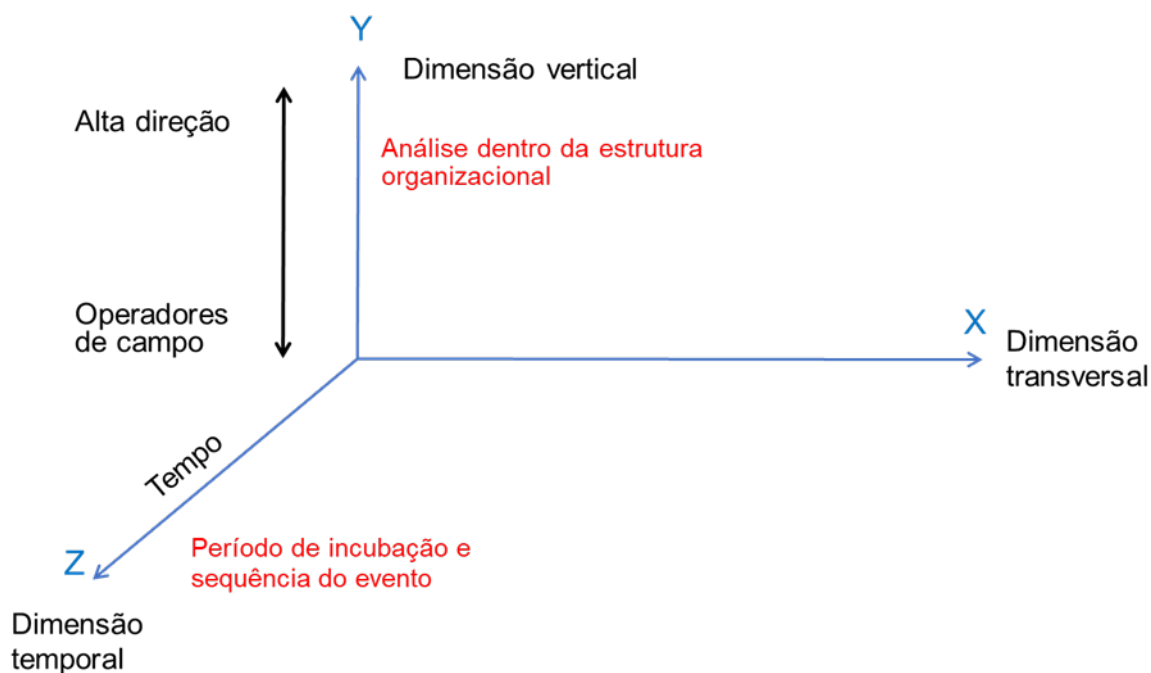
Defendemos um caminho metodológico de diálogo interdisciplinar que ajuda a esclarecer como as constatações da dimensão macro, especialmente as da gestão financeira, podem influenciar na produção, manutenção e gestão da segurança de barragens de rejeitos.

8 CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA

Utilizamos em nossa tese três bases teórico-metodológicas para nos auxiliar na análise do desastre da Vale em Brumadinho: a análise organizacional da segurança de Llory e Montmayeul (2014), a análise do sistema sociotécnico de Rasmussen e Svedung (2000) e a TAHC de Engeström (1987). Acreditamos que a combinação dessas três bases pode ser útil na análise sistêmica destes eventos complexos.

Trazemos aqui a representação gráfica das três dimensões da análise organizacional da segurança de Llory e Montmayeul (2014), desenvolvida por Dien, Dechy e Guillaume (2012). As dimensões transversal, vertical e histórica foram representadas nos eixos X, Y e Z, respectivamente (Figura 133).

Figura 133 - Três dimensões para investigar de acordo com a análise organizacional da segurança



Fonte: Adaptado de Dien, Dechy e Guillaume (2012).

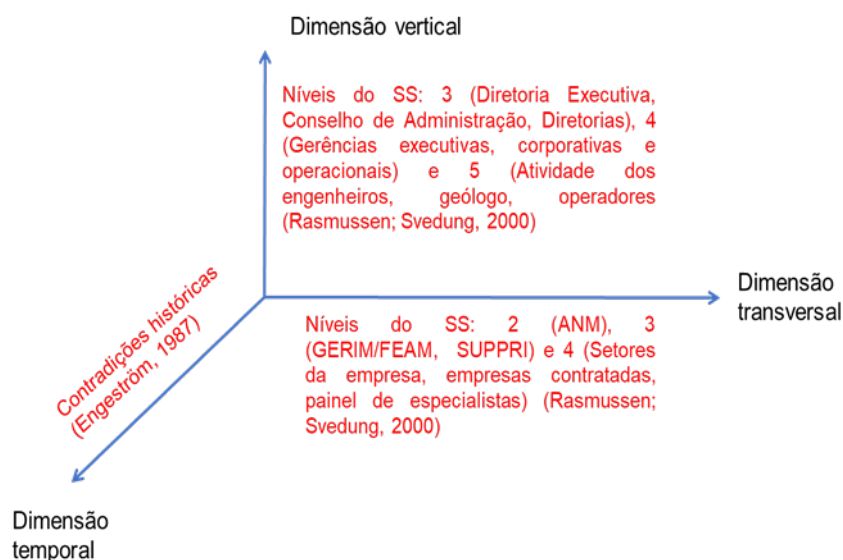
Inserimos agora na representação das três dimensões da análise organizacional da segurança os níveis do sistema sociotécnico correspondentes e as contradições históricas (Figura 134). Dentro da dimensão vertical foram inseridos os níveis 3, 4 e 5 do sistema sociotécnico (RASMUSSEM; SVEDUNG, 2000). No nível 3, a Diretoria Executiva, o Conselho Administrativo e as Diretorias Regionais tomam as decisões principais da empresa no que se refere a orçamento, alocação de recursos, metas a serem cumpridas, remuneração da alta gestão e dos investidores. No nível 4, estão as Gerências Regionais e das minas que

tentam implementar nos ambientes de trabalho as decisões tomadas no nível 3. Engenheiros, Geólogo e Técnicos de Mineração atuam diretamente junto às instalações no nível 5.

Na dimensão transversal estão posicionados os níveis 2, 3 e 4 do sistema sociotécnico. Os órgãos de fiscalização federal, como a ANM (nível 2), e os órgãos de fiscalização local, como a GERIM/FEAM, responsável pela verificação física das barragens, e a SUPPRI, responsável pelo licenciamento ambiental das instalações das minas (nível 3), interagem diretamente com pessoas da empresa inseridas no nível 4. Essas, por sua vez, contratam e acompanham as ações das empresas prestadoras de serviço, como as empresas de auditoria de barragens, de instalação de equipamentos de auscultação etc.

Na dimensão temporal, que inclui o período de incubação e a sequência do evento, desenvolvem-se as contradições históricas apontadas na TAHC. Essa teoria foi usada na tese tanto para construir uma linha do tempo, cujos eventos influenciaram no desfecho, como para ajudar a elaborar hipóteses das principais contradições que emergiram a partir de decisões adotadas na organização. Ao longo da história da barragem, ações foram desenvolvidas pelos vários atores inseridos no sistema de atividade para transformar o objeto. Neste percurso foram geradas contradições ao longo do tempo dentro e entre sistemas de atividade que se manifestam como distúrbios, conflitos e rupturas. O evento indesejado é explicado como um distúrbio crítico que foi incubado no SA e na Rede de Atividades envolvida na exploração do minério.

Figura 134 - Níveis do sistema sociotécnico e contradições históricas inseridos no diagrama das três dimensões da análise organizacional de segurança



Fonte: Autor

Notas: SS – Sistema sociotécnico. ANM – Agência Nacional de Mineração. GERIM/FEAM – Gerência de Resíduos industriais e minerais da Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais. SUPPRI – Superintendência de Projetos Prioritários.

Verificamos que as três bases teórico-metodológicas se complementam de forma harmoniosa, procurando explicar como o desastre industrial desenvolveu-se ao longo da história do empreendimento e os atores nela envolvidos. Por exemplo, através da dimensão temporal demonstramos que a VALE manteve o método de alteamento de barragem a montante após ter adquirido a mina em 2001. Apesar de ser o método de alteamento menos seguro, é uma construção rápida e barata, isto é, uma contradição primária.

Em relação à dimensão vertical, apresentamos durante a tese como os níveis inferiores do sistema sociotécnico foram impactados pelas decisões tomadas pela alta gestão da empresa. As metas, que traziam consigo uma resposta ao mercado financeiro, eram empurradas de cima para baixo, e acabavam impactando no meio ambiente de trabalho, inclusive nas barragens de rejeitos. Na dimensão transversal, os níveis 2 (ANM) e 3 (GERIM/FEAM e SUPPRI) do sistema sociotécnico receberam informações inverídicas sobre o fator de segurança de estabilidade da B I do nível 4 (setores da VALE e empresas auditoras contratadas), prejudicando a atuação dos primeiros.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um desastre industrial com estas proporções possui inúmeros fatores contribuintes distribuídos dentro dos vários níveis do sistema sociotécnico. Alguns fatores são complexos e de difícil demonstração, o que demandou nosso esforço no sentido de buscar informações em documentos diversos, em depoimentos dados em comissões de investigação e nas entrevistas concedidas ao pesquisador. A análise organizacional da segurança que utilizamos nesta pesquisa permitiu, dentro do possível, enxergar a realidade da empresa em detrimento da aparência, privilegiar o conteúdo em detrimento da forma, extrair a verdade crua em vez daquilo que é mais conveniente de ser lido e escrito.

Contudo, alguns dados não puderam ser levantados, como o investimento que foi realizado na gestão da B I nos anos que antecederam o rompimento. A VALE informou-nos que não possuía até 2019 a individualização dos custos por estrutura. Outra questão limitadora desta pesquisa foi a pouca informação sobre as metas a serem atingidas pelos gerentes de nível médio e as respectivas remunerações, pois a empresa tem firmado acordos de premiação diretamente com esses empregados, sem a participação de sindicatos laborais e sem divulgar os dados em seus relatórios anuais de referência.

Tentamos entrevistar um engenheiro da VALE diretamente envolvido com a B I, mas ele evitou a entrevista em razão do processo criminal ainda em curso contra a empresa, seus diretores e alguns empregados. Muitas pessoas contactadas negaram-se a dar entrevista em virtude de ainda estarem trabalhando na VALE ou por se sentirem mal ao falar do assunto.

Após o rompimento, em ato de desespero, pessoas saíram correndo do refeitório e atingiram pontos fora da mancha de inundação ao atravessarem caminhos que não estavam previstos como rota de fuga ou pulando dentro de caminhonetes. Contudo, outros 248 trabalhadores da VALE e terceirizados que estavam na mina Córrego do Feijão não tiveram melhor sorte. A lama de rejeitos desceu pelo vale do ribeirão Ferro-Carvão e levou a vida de mais dez trabalhadores e de 12 pessoas da comunidade. Outros 64 trabalhadores foram afastados do trabalho após a tragédia, sendo 40 deles com algum transtorno mental. Somente na VALE, foram emitidas 22 CAT por transtorno mental nos primeiros meses após o rompimento da B I. Contudo, em setembro de 2019, o número já tinha passado para 44. Pode ter havido uma subnotificação das doenças ocupacionais, pois o número de transtornos mentais não ocupacionais passou de 182 em 2018 para 235 até setembro de 2019.

Trabalhadores que se salvaram retrataram bem o desespero que foi ver a onda de rejeitos se aproximando e a dificuldade para sair do local. Além disso, viram colegas que

estavam bem perto serem levados pela lama. Trabalhadores da VALE auxiliaram os militares do Corpo de Bombeiros na procura pelos corpos de colegas escondidos sob lama e tiveram que, além da exposição ao rejeito, passar pelo sofrimento mental de ver o corpo de uma pessoa conhecida ser puxada pela concha de um equipamento de escavação.

Os resultados também foram impactantes para o meio ambiente, com carcaças de centenas de animais terrestres e milhares de peixes retirados da lama. A mancha de resíduos ocupou 132,6 ha de Mata Atlântica, além de áreas úmidas, corpos de água, áreas de cultivo agrícola e pastagens.

As amostras de rejeitos, com características originais ou misturados, coletadas na planície afetada do ribeirão Ferro-Carvão, apresentaram concentrações de Cu, Ba, Co, As e Ni maiores que os valores de prevenção.

O último monitoramento ambiental realizado na bacia do rio Paraopeba, em julho de 2022, ainda apresentou quantidade de alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total acima do limite legal. Felizmente, a turbidez da água está dentro dos padrões e os agentes químicos arsênio total, cromo total, níquel total, zinco total, cádmio total e cobre dissolvido estão abaixo do limite de quantificação do método de análise.

Os depoimentos de pessoas das comunidades afetadas mostraram como foi doloroso ver entes queridos, propriedades, animais, meios de sustento e sonhos irem embora com a lama da VALE. O uso de medicamentos psiquiátricos cresceu muito segundo a Prefeitura de Brumadinho, assim como as tentativas de autoextermínio.

Ao contrário do desastre de Mariana, as sirenes estavam instaladas em Brumadinho, mas nunca foram testadas. Se elas tivessem sido acionadas, talvez alguns trabalhadores nem soubessem o real motivo daquele som. O que chamou mais a atenção é que a ordem para acionamento das sirenes só poderia ser dada pelo coordenador do PAEBM ou seu suplente. O primeiro estava na mina de Fábrica, em Congonhas/MG, e declarou que só ficou sabendo do desastre uma hora depois. O segundo estava almoçando no refeitório e foi soterrado.

A hipótese mais plausível para o gatilho que levou a B I à liquefação foi a execução de um furo de sondagem no antepenúltimo alteamento. A redução da resistência ocasionada pela perda da sucção em zona não saturada, em razão de precipitação ocorrida no fim de 2018, associada ao *creep*, parece não se sustentar com o gatilho da liquefação.

As lições de Mariana não foram aprendidas. A drenagem insuficiente e o atraso nas obras para melhoria da B I, manutenção precária, surgências em vários pontos dos diques, equipamentos de auscultação mal instalados e/ou deficientes e/ou sem leitura, carta de risco não atualizada e a não contratação do “Engenheiro de Registros” são sinais claros que a

VALE não aprendeu com o rompimento da BRF. Mais de três anos haviam se passado, mas a empresa não conseguiu valorizar os perigos e as consequências do rompimento de uma barragem de rejeitos através do fenômeno da liquefação.

Os relatórios desenvolvidos por empresas consultoras contratadas pela VALE demonstraram como os problemas de manutenção eram recorrentes na barragem desde 2015. Drenagem interna e superficial, bomba elétrica instalada no reservatório, taludes, bermas e o sistema extravasor apresentavam anomalias frequentes, o que pode levar à conclusão que o investimento foi inferior ao necessário.

Caminhando para o nível organizacional, podemos dizer que a financeirização da VALE foi um sucesso. O valor de mercado da empresa, no dia do rompimento da BRF em 2015, era de cerca de R\$ 76 bi. Já em 25/01/2019, dia do rompimento da B I, o valor de mercado atingiu R\$ 297 bi, quase quatro vezes mais. De 2015 a 2021, o valor distribuído aos acionistas cresceu nove vezes.

Verificamos que grande parte da remuneração de curto e longo prazo da diretoria executiva da VALE estava ligada a métricas financeiras, como o preço das ações e a distribuição de dividendos aos acionistas. Os próprios diretores recebiam, compulsoriamente, ações da companhia com o bônus que ganhavam anualmente. Desta forma, caindo o valor das ações, estariam os mesmos perdendo dinheiro.

O pagamento de remuneração variável ocorria do nível de gerência para cima e estava muito atrelado à produção. As metas eram empurradas de cima para baixo, obrigando os gestores “a correr atrás do minério bom e a deixar o estéril para trás”. Estudiosos vêm apontando que a otimização dos resultados financeiros em um curto prazo, com cortes em áreas estratégicas como segurança e manutenção, pode tornar as instalações mais perigosas e aumentar o risco de desastres em longo prazo.

O corte de custos foi brutal por toda a empresa. Na manutenção das operações, o valor investido decresceu 50% de 2012 a 2016. As entrevistas mostraram como foi impactante a reestruturação organizacional ocorrida após meados de 2017 para a operação e para a manutenção das instalações. Os corredores sul e sudeste se fundiram, gerências deixaram de existir nas minas, trabalhadores relataram sobrecarga de trabalho e a GGO ficou um ano sem comando. Também identificamos uma possível sobrecarga de trabalho da eng.^a Cristina Malheiros, pois a mesma era responsável técnica pela inspeção e monitoramento de 26 estruturas, entre pilhas de estéril e barragens, localizadas em cinco minas diferentes.

O valor investido na gestão de barragens cresceu 122% em termos relativos de 2015 até 2018. Contudo, o valor mostrou-se insuficiente, basicamente atendendo uma série de

obrigações criadas pela ANM em 2017. Não se viu na VALE ações para a descaracterização de barragens alteadas a montante até o rompimento da B I, apesar do projeto “Barragem Zero” ter sido cogitado em 2009, contemplando o desmonte de oito barragens. Somente com a publicação de lei estadual e de norma federal que a empresa se viu obrigada a investir em obras de descaracterização. Podemos dizer que o problema da empresa não se limitou a BRF ou a B I. O pouco investimento na gestão de barragens construídas por métodos diversos acabou por levar 33 estruturas de contenção à interdição até março de 2021. A VALE, em decorrência de paradas operacionais após a interdição de suas estruturas, reconheceu perdas de R\$ 7 bi de 2019 até o término de 2020.

Diante do exposto, entendemos que a hipótese de financeirização da VALE, que contribuiu para que os investimentos na gestão de barragens ficasse aquém do necessário para mantê-las seguras, foi confirmada.

Não se quer aqui contestar o valor recebido por diretores, gerentes e acionistas, como também questionar a empresa por diminuir sua dívida líquida ou por tentar equacionar suas receitas com suas despesas. O que se aponta aqui é que todas essas ações foram tomadas em desfavor dos investimentos na segurança das barragens.

A alta gestão VALE acomodou-se com a emissão de DCE para todas as barragens do país. Não se importou em ir além, de pesquisar o que realmente acontecia com suas estruturas, de saber o que estava por trás daquele “sinal verde”. Mesmo sabendo em 2018 que dez barragens em Minas Gerais estavam com probabilidade de ruptura acima de 1×10^{-4} , critério inaceitável dentro da própria VALE e apontado por especialistas internacionais, a diretoria da empresa contentou-se em apenas obter as DCE, isto é, em atender o estabelecido na norma da ANM e da FEAM.

Ainda nos fatores organizacionais, indicamos que, desde meados de 2016, laudo elaborado pela empresa Geoconsultoria já apontava que a B I apresentava FS para a condição não drenada abaixo do mínimo apontado pela literatura internacional e pela própria contratada. Contudo, após mudança na forma de cálculo de um parâmetro geotécnico, a empresa consultora chegou a um FS de 1.3, o mínimo requerido, acarretando então a emissão da DCE da estrutura.

A VALE, em razão das incertezas apresentadas pela Geoconsultoria, resolveu interromper o lançamento de rejeitos em julho de 2016. Engenheiros geotécnicos, geólogo, gerentes, além de consultores, acreditavam que esta ação traria a barragem para uma situação segura ao longo do tempo, isto é, a linha freática baixaria e o FS aumentaria. Contudo, as expectativas não se confirmaram e o FS aumentou muito pouco.

O consórcio POTAMOS/TÜV SÜD recalculou o FS para a condição não drenada da B I em 2017 e verificou que o mesmo estava abaixo do mínimo. Foram sugeridas ações para tornar a estrutura mais segura, mas não acatadas pela VALE. A empresa preferiu fazer uso de uma técnica que entendia dominar, a perfuração de DHP. Eram previstos 29 drenos, mas, quando da perfuração do 15º, ocorreu uma fratura hidráulica no maciço inicial, o que acarretou a paralisação das perfurações. Os 14 executados pouco contribuíram para o efetivo rebaixamento da linha freática e alguns sequer tinham fluxo de água.

Nenhuma outra ação importante foi tomada pela VALE após paralisar a perfuração dos DHP. As ações propostas anteriormente por POTAMOS/TÜV SÜD exigiriam investimentos em obras mais demoradas, com a execução de bermas de contenção e drenagem, além da remoção de vegetação e de estruturas físicas situadas no pé da barragem.

Acontece que a VALE já vinha pleiteando licença junto ao órgão ambiental mineiro para descaracterização da B I e a remineração dos rejeitos nela contidos desde 2012. Em 2015, a mineradora entrou com um novo pedido de licenciamento envolvendo a B I, o alargamento de estrada entre as minas de Córrego do Feijão e de Jangada, e o aumento da produção. A expansão do complexo minerário após a liberação da licença aumentaria em quase 60% a produção, o que poderia gerar uma receita operacional líquida superior a US\$ 646 Mi por ano para a empresa. A extração, o beneficiamento e o transporte de minério de ferro aconteceriam simultaneamente com o desmonte da B I. Somado a isso, os rejeitos armazenados na barragem, após o beneficiamento, poderiam gerar até 5,85 Mm³ de material de interesse econômico. Caso fossem executadas obras de grande porte na B I, poderiam as mesmas chamar a atenção do órgão ambiental e prejudicar a liberação da licença, assim como despertar a fiscalização federal e a estadual para o que realmente ocorria com a estrutura. Acionado o nível de emergência 2 para a B I, todos os que estivessem dentro da zona de autossalvamento deveriam ser retirados, o que paralisaria o beneficiamento do minério de ferro sabe-se lá por quanto tempo.

Duas frases do CEO VALE chamaram a nossa atenção: “Mariana nunca mais (2017)”; “[...] levou muito tempo para que houvesse a autorização legal pela Secretaria do Meio Ambiente de Minas para iniciar o descomissionamento (2019)”. Prevaleceu a segunda frase, isto é, o risco comercial foi mais importante que o risco de rompimento da barragem. Podemos então confirmar a hipótese de que a empresa sabia da necessidade de implantação de medidas que pudessem tornar a barragem mais segura, mas nada iria fazer enquanto não fosse liberada a licença ambiental pleiteada em 2015.

Discutimos as deficiências de comunicação dentro da VALE. A existência de forte cultura hierárquica que resistia à exposição de problemas aos níveis superiores pode ter censurado as informações que levariam à paralisação das atividades da mina do Córrego do Feijão e à realização de obras de reforço a jusante da B I.

Mostramos também o conflito de interesses ocorrido quando uma empresa atua como auditora de barragens, com o fim de emissão da DCE, e como consultora para a produção de estudos técnicos, projetos e instalação de equipamentos. Em 2018, o valor recebido pela TÜV SÜD para elaborar o relatório técnico de inspeção e emitir a DCE da B I era muito menor que o destinado aos trabalhos de consultoria, o que acabou por deixar a empresa sujeita a pressões da mineradora para a emissão do documento.

O poder executivo e o legislativo têm o poder de controlar as verbas destinadas para a atuação do órgão fiscalizador de barragens. Com um orçamento insuficiente ou sem a liberação dos valores constantes do mesmo, a fiscalização fica de “mãos amarradas” para cumprir a missão de bem inspecionar as estruturas que armazenam rejeitos ou sedimentos. Tal situação ocorreu tanto no âmbito federal (ANM e Ministério do Trabalho) quanto no estadual (FEAM/GERIM). O reduzido número de servidores públicos e as deficiências na estrutura física desses órgãos públicos prejudicam a frequência e a eficácia das fiscalizações.

Mostramos como o pedido da primeira licença ambiental requerida pela VALE em relação a B I foi tardio. A documentação incompleta e uma série de vícios prejudicou a tomada de decisão pela instância julgadora em 2009. Seis condicionantes foram estabelecidas nesta licença, mas, quando da renovação da mesma em 2011, quatro ainda estavam pendentes. Infelizmente, a licença foi renovada e ainda estipuladas mais 20 condicionantes. Perdeu-se a oportunidade de interromper o lançamento de resíduos na B I, o que poderia ter mudado a trágica história.

No nível político/legislativo, demonstramos como as grandes corporações têm ajudado a eleger políticos que, de uma forma ou de outra, comprometem-se com os interesses das primeiras. Membros do poder executivo têm baixado normas infralegais no sentido de tornar algumas situações mais fáceis para as mineradoras, por exemplo, aumentando o prazo para implantação de determinada ação. Por vezes, quando uma lei não trata de determinado assunto, uma norma infralegal remete-o a uma norma técnica, como foi o caso da ABNT NBR13028. Contudo, essa norma não indicava o FS mínimo de estabilidade levando em conta a situação não drenada dos materiais das barragens, o que acabou gerando uma lacuna normativa e abrindo espaço para que projetistas utilizassem o FS que melhor lhes conviesse.

Apontamos que, quando da revisão da ABNT NBR13028, foi proposto em um primeiro projeto de revisão um FS mínimo para a condição não drenada, resistência de pico e residual, mas que não foi aprovado no final das discussões. Estando tal FS incluso na norma, quando da sua publicação em novembro de 2017, as empresas de mineração já teriam, obrigatoriamente, que contemplá-lo quando da elaboração dos relatórios de auditoria de barragens em março de 2018. A B I já não teria a DCE emitida àquela época, o que poderia ter mudado o resultado do evento catastrófico em Brumadinho.

Observamos a pouca participação da Academia e de outros representantes da sociedade quando da revisão da ABNT NBR13028 em 2017. A quase totalidade dos participantes da revisão trabalhava em mineradoras ou prestava serviços para as mesmas, o que pode ter prejudicado a inclusão do FS para a condição não drenada no texto final. A ABNT, em evidente postura de captura e subalternidade em relação ao setor mineral, não atendeu ao interesse público, pois deixou de estabelecer um parâmetro que seria utilizado por empresas auditoras e impediria a emissão da DCE da B I.

Os membros do poder legislativo, que também tiveram campanhas financiadas por mineradoras, deixam de votar determinado projeto de lei ou então suprimem ou alteram formas mais rigorosas de punição dos gestores responsáveis pelas decisões envolvendo barragens. Uma janela de oportunidade abriu-se após o rompimento da BRF em 2015, proibiu-se a construção de novas barragens alteadas a montante, mas não foi determinado o que fazer com as antigas.

Analisando o desastre industrial segundo a TAHC, hipotetizamos uma contradição primária do objeto compartilhado (B I) por dois sistemas de atividade. A B I parou de receber rejeitos em julho de 2016 e, apesar de ainda estar armazenando os rejeitos lançados desde 1976, teve seu valor de uso diminuído. Alteada a montante, a barragem possuía um valor de construção, isto é, um valor de troca, baixo em relação às barragens alteadas a jusante ou por linha de centro. Em suma, a B I teve um custo baixo, mas era perigosa. O uso da TAHC mostrou-se útil para a compreensão de tensões em e entre sistemas de atividade que podem ter contribuído para o desastre.

Parece existir uma inércia das grandes empresas em aprender com os grandes desastres industriais. Foi preciso acontecer dois grandes desastres na NASA, na Boeing e na British Petroleum para que os tomadores de decisão pudessem acordar para os problemas e iniciar medidas mitigadoras a fim de evitar novos acidentes.

Ainda é possível que nem o Brasil tenha aprendido todas as lições. Esse modelo de "autofiscalização" que tem o setor de mineração em relação às suas barragens, que permite

contratar uma empresa auditora externa para emitir os relatórios de segurança e ainda atuar como consultora, como também deixar de informar no sistema informatizado da ANM determinada situação que pode comprometer a segurança da estrutura, não nos parece o mais adequado.

Em síntese, prevaleceu a cultura da produção na VALE. A produção da commodity não podia parar, pois “o vagão precisava sair cheio de minério de ferro para o porto”. As ações da empresa tinham de se valorizar, trazendo retorno para os acionistas. Crenças foram criadas, desvios foram normalizados e as lições aprendidas após Mariana, se aprendidas, foram deixadas de lado. Cabe à VALE reorientar suas estratégias de modo a valorizar interesses como os das comunidades vizinhas, do meio ambiente, do patrimônio histórico-cultural etc “potencialmente” afetados por suas atividades.

Como nos ensinaram Llory e Montmayeul (2014): “A pressão financeira, econômica, com efeito, se sobrepõe às preocupações técnicas, até fazer com que sejam esquecidas ‘momentaneamente’, até que essa realidade técnica acabe por se manifestar tragicamente”.

Podemos concluir que o desastre industrial da VALE em Brumadinho decorreu de decisões político-administrativas, legislativas, financeiras e organizacionais que não valorizaram os seres humanos e o meio ambiente, que pareciam ser boas a curto prazo, mas foram desastrosas ao longo do tempo.

Terminamos a nossa tese trazendo dois pensamentos trazidos por INGOLD (2015, p. 38) para reflexão: “Os seres humanos são produtores de suas vidas e através dessa produção criam a história”; “O mundo em que habitamos nunca está completo, mas supera-se continuamente”. Esperamos então que os seres humanos possam se superar após o desastre de Brumadinho e consigam produzir, daqui para a frente, uma história com final diferente.

10 RECOMENDAÇÕES

Apontamos recomendações para os atores presentes nos vários níveis do sistema sociotécnico a fim de contribuir para que desastres industriais com barragens em estabelecimentos minerários possam ser evitados. Contudo, não temos a intenção de esgotar o rol de medidas a serem adotadas.

10.1 Poder executivo e legislativo

- Aprimorar lei e/ou norma de forma a especificar os limites mínimos dos fatores de segurança de estabilidade das barragens de mineração.
- Estabelecer lei de forma a acelerar o processo jurídico envolvendo desastres industriais.
- Elaborar norma que contemple o depósito de rejeitos secos de mineração em pilhas.
- Definir um cronograma de implantação das medidas a serem adotadas pelas mineradoras quando novo(s) item(ns) for(em) incluído(s) em lei ou norma.
- Destinar o valor previsto em lei para que os órgãos de fiscalização estadual e federal consigam realizar minimamente suas atividades.
- Cobrar efetivamente a CFEM das mineradoras.
- Deixar de revalidar licenças ambientais enquanto estiverem pendentes condicionantes da licença anterior.
- Não compactuar com pressões de mineradoras para liberação de licenças ambientais ou para que a legislação que define tais licenças seja abrandada.
- Criar um fundo público, bancado pelas mineradoras, cujos recursos serão utilizados para contratar empresas de auditoria para emissão dos relatórios de inspeção e das declarações de condição de estabilidade das barragens.
- Criar uma comissão governamental que possa realizar a análise de desastres industriais de grande porte, como o NTSB (National Transportation Safety Board) e o CSB (Chemical Safety Board) dos Estados Unidos.
- Garantir que as comunidades afetadas em caso de desastre tenham voz nas deliberações sobre indenizações e recuperação do meio ambiente.
- Empoderar as equipes de investigação dos desastres industriais de tal forma que eles possam ter acesso a e-mails trocados por gestores e relatos de decisões adotadas e/ou postergadas.

10.2 Poder Judiciário e Ministério Público

- Garantir que as comunidades afetadas em caso de desastre tenham voz nas deliberações sobre indenizações e recuperação do meio ambiente.
- Valorizar os modos de vida, costumes e tradições das populações afetadas por desastres industriais quando da mensuração das reparações.
- Criar mecanismos para acelerar o julgamento dos responsáveis pelos desastres industriais de forma a diminuir a sensação prevalente de impunidade que existe na sociedade.

10.3 ABNT

- Estabelecer uma norma técnica que contemple o depósito de rejeitos secos de mineração em pilhas.
- Revisar a ABNT NBR 13028 sobre barragens de mineração de forma a contemplar os interesses da sociedade.
- Envolver outros órgãos públicos e representantes da Academia, de associações profissionais de engenharia e de organizações não governamentais na próxima revisão da norma ABNT NBR 13028.

10.4 Academia

- Incentivar e valorizar os pesquisadores a participar de revisões de normas da ABNT.
- Discutir com os discentes assuntos relacionados ao processo de comunicação dentro das empresas, normalização de desvios, conflito de interesses e valorização da vida.
- Disponibilizar à sociedade informações sobre o tema segurança de barragens através de palestras e de material didático.

10.5 Órgãos de fiscalização

- Buscar incrementar o quadro de servidores públicos que irão fiscalizar as barragens alteadas a montante que estão e estarão passando por processo de descaracterização nos próximos anos.

- Manter um programa de constante capacitação do corpo fiscal.
- Buscar a integração dos órgãos de fiscalização federal (ANM e Ministério do Trabalho) com o órgão de fiscalização estadual (FEAM).
- Auditar os relatórios de inspeção de segurança regular, as revisões periódicas de segurança e os PAEBM na íntegra.
- Exigir das empresas o cumprimento das medidas recomendadas nos relatórios de inspeção regular e nas revisões periódicas de segurança de barragens.
- Verificar se o PGR (NR 01) aborda os perigos aos quais estão expostos os trabalhadores decorrentes da operação, manutenção, alteamento e descaracterização de barragens.
- Disponibilizar para a sociedade os relatórios de investigação dos grandes desastres industriais.
- Produzir e divulgar manuais de boas práticas no gerenciamento de barragens para empresas e para a sociedade.

10.6 Sociedade Civil (Sindicatos, ONG, Associações de Moradores)

- Manter constante vigilância sobre as ações ou omissões dos representantes do poder legislativo, executivo e judiciário em relação à segurança das barragens.
- Buscar acompanhar e entender os laudos técnicos que informam sobre a segurança das estruturas.
- Discutir alternativas para o depósito dos rejeitos da mineração com as empresas e a com a Academia.
- Participar efetivamente dos simulados de emergência e apontar as falhas detectadas.

10.7 Organizações

- Privilegiar a construção de instalações de beneficiamento a seco de minério ao invés de barragens para armazenamento de rejeitos úmidos.
- Depositar os rejeitos úmidos de preferência em cavas exauridas ao invés de armazená-los em barragens.
- Descaracterizar as barragens alteadas a montante fazendo uso da melhores técnicas de engenharia, inclusive o uso de máquinas operadas à distância.

- Permitir contato direto entre os departamentos de geotecnia, segurança do trabalho, produção e manutenção para que o tema segurança de barragens seja discutido.
- Desenvolver sistema de compliance de forma a minimizar a pressão sobre prestadores de serviço para emissão de declarações de condição de estabilidade.
- Contratar empresa para elaborar documentos que ensejem a emissão de declaração de conformidade de estabilidade diferente daquela que lhe preste serviços de consultoria.
- Informar com fidedignidade as condições das estruturas de contenção aos órgãos ambientais, usando parâmetros para a condição drenada e não drenada.
- Manter contato com as comunidades de forma a deixar clara a real situação das barragens, além de executar periodicamente simulados de emergência.
- Atrelar a maior parte da remuneração variável de diretores e de gerentes a resultados de longo prazo, incluindo metas relativas ao meio ambiente, segurança e governança.
- Permitir a comunicação de baixo para cima, isto é, dos trabalhadores até os níveis superiores, inclusive quanto ao fluxo de más notícias.
- Estimular os trabalhadores a denunciar problemas que estejam presenciando quanto à segurança de barragens, bem como dar-lhes *feedback*.
- Estabelecer sistema que evite punições a empregados que apresentem situações problemáticas.
- Incluir no quadro organizacional da empresa uma diretoria que trate de problemas relacionados à segurança de cavas e de barragens.
- Criar mecanismos para identificar desvios com alto potencial de gravidade e criar espaços para discuti-los.
- Retirar da mancha de inundação também as instalações produtivas, como britadores, instalação de tratamento de minério e oficinas.
- Respeitar os limites físicos e psicossociais dos trabalhadores em caso de rompimento de barragem.
- Discutir quase-acidentes e acidentes nos vários setores da unidade produtiva, como também divulgar os resultados dos relatórios de investigação para demais unidades da empresa.
- Aceitar as lições decorrentes dos desastres e disseminá-las por toda a organização.
- Permitir que as comunidades afetadas em caso de desastres tenham voz nas deliberações sobre indenizações e recuperação do meio ambiente.
- Valorizar os modos de vida, costumes e tradições das populações afetadas por desastres industriais quando da mensuração das reparações.

- Comercializar os produtos de acordo com a capacidade de produção das minas e não de acordo com o que é vendido antecipadamente.

10.8 Empresas de auditoria e consultoria

- Manter o imperativo ético não se sujeitando às pressões da contratante para alteração de resultados.
- Calcular os fatores de segurança de estabilidade física considerando a condição drenada e a não drenada, quando for o caso, para resistência de pico e pós-pico (residual), como também a presença de sismicidade.
- Apontar de forma não complacente as não conformidades que têm ocorrido nas estruturas quando das inspeções para emissão de declaração de condição de estabilidade.
- Instruir a empresa contratante quanto à necessidade de campanhas de investigação geotécnica e a instalação de equipamentos de auscultação que apresentam leitura em tempo real.

10.9 Equipes de operação, monitoramento e manutenção de barragens

- Apresentar problemas que estejam presenciando quanto à segurança de barragens de forma clara e direta.
- Construir, operar, monitorar e manter as barragens de mineração fazendo uso das melhores práticas de gestão apontadas no *Global Industry Standard Tailings Management – GISTM*, *International Council on Mining and Metals - ICMM* e *Internacional Commission on Large Dams - ICOLD*.
- Atender as demandas impostas pela legislação e pela fiscalização estadual e federal e requerer aos superiores, caso necessário, mais recursos humanos e financeiros.
- Instituir a figura do Engenheiro de Registros.
- Atualizar o manual de operação, o *Dam Break* e o PAEBM de acordo com a periodicidade sugerida nos próprios documentos ou a partir de situações que alterem as características da barragem e do próprio empreendimento.

- Acionar o PAEBM quando da ocorrência de situações previstas no documento ou quando da ocorrência de evento que possa comprometer a segurança da estrutura.
- Manter em funcionamento a central para monitoramento on-line da instrumentação de auscultação durante todo o dia.
- Pedir a contratação de equipe para manutenção constante de estruturas de drenagem, plantio de grama, retirada de arbustos, conserto de cercas para evitar a entrada de animais, reparo de bombas hidráulicas e recomposição de taludes.

10.10 Demais atores

- Elaborar um programa para controle das precipitações e adoção de medidas preventivas.
- Deixar de executar perfurações a úmido em barragens de solo.
- Apresentar aos seus superiores situações de não conformidade com as barragens que podem estar colocando os trabalhadores e as comunidades a jusante em perigo.
- Verificar o funcionamento das sirenes e o posicionamento das placas de sinalização das rotas de fuga e dos pontos de encontro periodicamente.
- Participar efetivamente dos simulados de emergência e apontar as falhas detectadas.
- Manter-se atento às ponderações feitas pela comunidade que vive a jusante das barragens.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Relatório de segurança das barragens 2018. Brasília, DF, 2019. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/anteriores/2018/rsb2018_0312.pdf/view. Acesso em: 3 out. 2022.
- AGUIAR, T. **O solo movediço da globalização**: relação de trabalho na Vale S.A. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da USP. São Paulo, 2019.
- AGUIAR, T. **O solo movediço da globalização**: trabalho e extração mineral na Vale S.A. 1ª Ed. São Paulo: Boitempo, 2022.
- ANGELO, M. Vale ditou regras para simplificar licenciamento ambiental em MG. **Repórter Brasil**. 22 fev. 2019. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/2019/02/vale-ditou-regras-para-simplificar-licenciamento-ambiental-em-mg/#:~:text=Em%20reuni%C3%A3o%20a%20portas%20fechadas.com%20exclusividade%20pela%20Rep%C3%B3rter%20Brasil>. Acesso em: 1 jul. 2022.
- ANDRÉA, G. F. M.; GUNDIN, W. W. D. Da necessária responsabilização do Brasil perante a corte interamericana de direitos humanos: caso Brumadinho. In: LIGUORI, C; LEVY D. R. (orgs.). **Brumadinho**: da ciência à realidade. São Paulo, SP: Liber Ars, 2020. 166 p.
- ALMEIDA, I. M. **Construindo a culpa e evitando a prevenção**: caminhos da investigação de acidentes do trabalho em empresas de município de porte médio, Botucatu, São Paulo, 1997. Tese (Doutorado em Saúde Pública). Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 2000.
- ALMEIDA, I. M.; JACKSON FILHO J. M.; VILELA R. A.G. Razões para investigar a dimensão organizacional na origem da catástrofe industrial da VALE em Brumadinho, Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 4, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/DbC4ZRZMdfHpsDMKyz78Ypk/?lang=pt>. Acesso em: 9 set. 2019.
- ALMEIDA, I. M.; VILELA, R. A. G. **Modelo de análise e prevenção de acidentes de trabalho – MAPA**. Piracicaba, CEREST, 2010.
- ALMEIDA, I. M.; VILELA, R. A. G.; SILVA, A. J. N., BELTRÁN-HURTADO, S. L. Modelo de análise de acidente e prevenção de acidentes – MAPA: ferramenta para vigilância em saúde do trabalhador. **Ciência e Saúde Coletiva**, 19(12), p. 4679-88, 2014.
- ARBEX, D. **Arrastados**: os bastidores do rompimento da barragem de Brumadinho, o maior desastre humanitário do Brasil. 1º Ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2022.
- ARCADIS - Design and Consultancy for natural and built assets. **Plano de reparação socioambiental da bacia do rio Paraopeba**. Rompimento das Barragens B1, B4 e B4-A do Complexo Paraopeba II da Mina Córrego do Feijão. Capítulo 2 - Caracterização socioambiental pós-rompimento e avaliação de impactos. Volume 1 Caracterização do rompimento das barragens B1, B4 e B4-A. 2022a. Disponível em: https://www.mg.gov.br/sites/default/files/paginas/arquivos%20probrumadinho/plano-de-recuperacao-socioambiental_v2/capitulo2/volume_1_caracterizacao_do_rompimento.pdf. Acesso em: 07 nov. 2022.
- ARCADIS - Design and Consultancy for natural and built assets. **Plano de reparação socioambiental da bacia do rio Paraopeba**. Rompimento das Barragens B1, B4 e B4-A do Complexo Paraopeba II da Mina Córrego do Feijão. Capítulo 2 – Caracterização socioambiental pós-rompimento e avaliação de impactos. Volume 3 – Caracterização socioambiental pós-rompimento. 2022b. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/pro-brumadinho/pagina/plano-de-recuperacao-socioambiental-versao-preliminar>. Acesso em: 9 set. 2022.
- ARMSTRONG M.; PETTER R.; PETTER, C. Why have so many tailings dams failed in recent years? **Resources Policy**, v. 63, n.1, 101412, 2019.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS – ALMG. Lei Estadual n.º 15.056, de 31 de março de 2004. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/15056/2004/?cons=1>. Acesso em: 16 nov. 2022.

_____. Lei Estadual n.º 23.291 de 25 de fevereiro de 2019, instituindo a política estadual de segurança de barragens. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/23291/2019/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

_____. **Notas taquigráficas dos depoimentos na CPI da Barragem de Brumadinho**. 2019a.

_____. **Opção pelo risco: causas e consequências da tragédia de Brumadinho**. Belo Horizonte, Scriptum, 2021.

_____. **Relatório final da CPI da Barragem de Brumadinho**. Belo Horizonte, MG, 2019b, 350 p. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-temporarias/parlamentar-de-inquerito/56a-legislatura/cpi-rompimento-da-barragem-de-brumadinho/documentos/outros-documentos/relatorio-final-cpi-assembleia-legislativa-mg>. Acesso em: 26 out. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. 2022. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/institucional/sobre>. Acesso em: 12 jun. 2022.

_____. Comissão de Estudo Especial de Elaboração de Projetos para Disposição de Rejeitos e Estéreis em Mineração - ABNT/CEE-220. **Projeto de revisão da NBR 13028, março 2017a**.

_____. Comissão de Estudo Especial de Elaboração de Projetos para Disposição de Rejeitos e Estéreis em Mineração - ABNT/CEE-220. **2º Projeto de revisão da NBR 13028, agosto 2017b**.

ASSOCIAÇÃO DOS DOCENTES DA UNICAMP – ADUNICAMP. **Conheça a lista dos maiores sonegadores de impostos do Brasil**. 2017. Disponível em: <https://www.adunicamp.org.br/2017/03/conheca-a-lista-dos-maiores-sonegadores-de-impostos-do-brasil/?print=print>. Acesso em: 10 nov. 2022.

BASÍLIO, P. Ao tomar posse, presidente da Vale disse que seu lema seria 'Mariana nunca mais'. Globo. Negócios. 25 Jan. 2019. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Empresa/noticia/2019/01/ao-tomar-posse-presidente-da-vale-disse-que-seu-lema-seria-mariana-nunca-mais.html>. Acesso em: 10 mar. 2023.

BELTRÁN-HURTADO S. L. *et al.* Contribuições do laboratório de mudanças ao modelo de análise e prevenção de acidentes. In: VILELA, R. A. de G.; QUEROL, M. A. P.; LOPES, M. G. R.; CERVENY, G. C. de O.; BELTRÁN-HURTADO S. L. (orgs). **Desenvolvimento colaborativo para a prevenção de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho**. Laboratório de mudança na saúde do trabalhador. São Paulo: Editora Ex-Libris, 2020.

BINDER, M. C. P.; AZEVEDO, N. D.; ALMEIDA, I. M. Análise crítica de investigações de acidentes do trabalho típicos realizadas por três empresas metalúrgicas de grande porte do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 23, n. 85/86, p. 103-118, 1997.

BOEING. Response to question 7 and related questions, in reference to Committee correspondence dated April 1, 2019, pertaining to the design and certification process for the Maneuvering Characteristics Augmentation System (MCAS), TBCT&I BATES Number 372821 – 372832. Disponível em: <https://transportation.house.gov/imo/media/doc/Boeing%20Records%20First%20Set%20for%20Public%20Release.pdf>. Acesso em: 21 set. 2022.

BOTELHO, M. R. **Investigação de acidentes de trabalho e prevenção: análise das práticas da Auditoria Fiscal do Trabalho**. Dissertação (Mestrado). Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, São Paulo, 2014.

BOTELHO, M. R.; VILELA, R. A. de G. Omissão do Estado brasileiro no rompimento das barragens de mineração. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**[on-line], Brasília, v. 12, n. 3, p. 538-555, 2022. Disponível em: <https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/RBPP/article/view/8369/pdf>. Acesso em: 10 fev. 2023.

BOTELHO, M. R. *et al.* Rompimento das barragens de Fundão e da mina do Córrego do Feijão em Minas Gerais, Brasil: decisões organizacionais não tomadas e lições não aprendidas. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional** [on-line], v. 46, e16, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-6369000018519>. Acesso em: 10 nov. 2022.

BRANFORD, K.; NAIKAR, N.; HOPKINS, A. Guidelines for AcciMap analysis. *In: Learning from High Reliability Organizations*. Publisher: CCH. Editors: Andrew Hopkins. 2009, p. 193-212. Disponível em: <https://openresearch-repository.anu.edu.au/handle/1885/20987>. Acesso em: 21 out. 2019.

BRASIL. Controladoria-Geral da União. Portal da Transparência. Brasília, DF, 2023a. Disponível em: <https://portaldatransparencia.gov.br/servidores/consulta?paginacaoSimples=true&tamanhoPagina=&offset=&direcaoOrdenacao=asc&situacao=1&cargo=AUDITOR+FISCAL+DO+TRABALHO&colunasSelecionadas=detalhar%2Ctipo%2Ccpf%2Cnome%2CorgaoServidorLotacao%2Cmatricula%2Csituacao%2Cfuncao%2Ccargo%2Cquantidade&t=anNcNcXBSZqvO3Mfvr5&ordenarPor=nome&direcao=asc>. Acesso em: 25 mar. 2023.

_____. Ministério da Economia. Subsecretaria de Inspeção do Trabalho – SIT. Listagem de AFT ativos pelo Despacho SIT de 24/02/2022 (DOU de 02/03/2022, Seção 2, p. 61-72). Brasília, DF, 2022a.

_____. Ministério da Economia. Subsecretaria de Inspeção do Trabalho – SIT. Relação de Auditores Fiscais do Trabalho. Brasília, DF, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/acesso-a-informacao/relacao-de-auditores-fiscais-do-trabalho>. Acesso em: 15 jun. 2022.

_____. Ministério da Economia. Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais. **Relatório de Análise de Acidente - Rompimento da Barragem de Rejeitos I, em Brumadinho - MG**. Belo Horizonte, MG, 2019a, 237 p. Disponível em: <http://bit.ly/2L6gB3A>.

_____. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Defesa Civil. Política Nacional de Defesa Civil. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/Pol%C3%ADtica-Nacional-de-Defesa-Civil.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2022.

_____. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração - ANM. **Parecer Técnico n.º 7/2019-GSBM/SPM/ANM-ESGJ/LHPR/LPN/WAN**. Brasília, DF, 2019b. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/parecer-007-2019-brumadinho-final>. Acesso em: 7 nov. 2019.

_____. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração – ANM. Portaria n.º 70.389, de 17 de maio de 2017. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e outros. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/portaria-dnpm-no-70-389-de-17-de-maio-de-2017.pdf>. Acesso em: 13 out. 2022.

_____. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração - ANM. Resolução n.º 13, de 8 de agosto de 2019. Brasília, DF, 2019c. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/resolucao-anm-no-13-de-8-de-agosto-de-2019.pdf/view>. Acesso em: 1 nov. 2019.

_____. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração - ANM. Resolução n.º 95, de 22 de fevereiro de 2022. Brasília, DF, 2022c.

_____. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração - ANM. **Resumo Campanha Entrega DCE Setembro 2019**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2019d. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/declaracao-de-condicao-de-estabilidade-dce>. Acesso em: 28 maio 2021.

_____. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração - ANM. **Resumo Campanha Entrega DCE Março 2020**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/declaracao-de-condicao-de-estabilidade-dce>. Acesso em: 28 maio 2021.

- _____. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração - ANM. Serviço Eletrônico de informação - SEI. Documento nº 1516815, Processo nº 00475.005284/2019-62, p. 1894. Brasília, DF, 2019e. Disponível em: https://sei.anm.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?9LibXMqGnN7gSpLF0OgUQFziRouBJ5VnVL5b7-UrE5QawsvcPshlhywlYcQlBj8YDW8t_ncryZuxwXnZ-slFA9JX4HaeA2Ebzi-8pBqcmJnyR8lhEysxsaVn3Jzdpj. Acesso em: 24 ago. 2021.
- _____. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração. **Resumo Campanha Entrega DCE Setembro 2020**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/declaracao-de-condicao-de-estabilidade-dce>. Acesso em: 28 maio 2021.
- _____. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração. **Resumo Campanha Entrega DCE Março 2021**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/declaracao-de-condicao-de-estabilidade-dce>. Acesso em: 28 maio 2021.
- _____. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Portaria n.º 237, de 18 de outubro de 2001. Aprova as Normas Reguladoras de Mineração – NRM. Disponível em: https://anmlegis.datalegis.inf.br/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&link=S&tipo=POR&numeroAto=00000237&seqAto=000&valorAto=2001&orgao=DNPM/MME&cod_modulo=414&cod_menu=7901. Acesso em 17 nov. 2022.
- _____. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Portaria n.º 416, de 03 de setembro de 2012. Cria o cadastro nacional de barragens de mineração e outros. Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7230. Acesso em: 3 out. 2022.
- _____. Ministério do Trabalho. Portaria n.º 3.214, de 06 de julho de 1978. Cria as normas regulamentadoras (NR). Brasília, DF, 1978. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-portarias/1978/portaria_3-214_aprova_as_nrs.pdf. Acesso em: 3 out. 2022.
- _____. Ministério do Trabalho e Emprego. Concurso público para provimento de vagas para o cargo de Auditor-Fiscal do Trabalho Edital nº 1 – MTE, de 28 de junho de 2013. Brasília, DF, 2013. Disponível em: https://dhg1h5j42swfq.cloudfront.net/2018/04/16174501/ED_1_MTE_2013_ABERTURA.pdf. Acesso em: 15 jul. 2022.
- _____. Ministério do Trabalho e Emprego. **Guia de análise de acidentes de trabalho**. Brasília, DF, 2010a. Disponível em: <http://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/escola/e-biblioteca/guia-de-analise-de-acidentes-ano-2010.pdf/view>. Acesso em: 3 out. 2022.
- _____. Ministério do Trabalho e Previdência. Secretaria do Trabalho. Norma Regulamentadora NR 22 – Segurança e saúde ocupacional na mineração. Brasília, DF, 2022c. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-22-atualizada-2022-1.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.
- _____. Ministério do Trabalho e Previdência. Secretaria do Trabalho. Relação de Auditores Fiscais do Trabalho. Brasília, DF, 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/aceso-a-informacao/relacao-de-auditores-fiscais-do-trabalho>. Acesso em: 07 abr. 2023.
- _____. Ministério do Trabalho e Previdência Social. Superintendência Regional do Trabalho e Emprego em Minas Gerais. Relatório de análise de acidente: rompimento da Barragem de Rejeitos Fundão em Mariana – MG. Belo Horizonte, 2016. Disponível em: https://ftp.medicina.ufmg.br/osat/relatorios/2016/SAMARCOMINERACAORELATORIOROMPIMENTOBAR RAGEM20160502_09_05_2016.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.
- _____. Presidência da República. Decreto-Lei n.º 227, de 28 de fevereiro de 1967. Dá nova redação ao código da mineração. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1960-1969/decreto-lei-227-28-fevereiro-1967-376017-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 11 out. 2022.

_____. Presidência da República. Decreto n.º 4.552, de 27 de dezembro de 2002. Aprova o regulamento da inspeção do trabalho. Brasília, DF, 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4552.htm. Acesso em: 11 out. 2022.

_____. Presidência da República. Decreto n.º 10.593, de 24 de dezembro de 2020. Dispõe sobre a organização e o funcionamento do Sistema Nacional de Proteção e outros. Brasília, DF, 2020c. Disponível em: [D10593 \(planalto.gov.br\)](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2020/d10593.htm). Acesso em: 4 ago. 2022.

_____. Presidência da República. Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e outros assuntos. Brasília, 2010b. Disponível em: [L12334 \(planalto.gov.br\)](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2010/l12334.htm). Acesso em: 21 out.2022.

_____. Presidência da República. Lei n.º 14.066, de 30 de setembro de 2020. Alterou a Lei n.º 12.334 de 2010 e outras. Brasília, DF, 2020d. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2020/l14066.htm. Acesso em: 21 out. 2022.

_____. Tribunal de Contas da União. Relatório de auditoria operacional, processo TC 032.034/2015-6. Brasília, DF, 2016b. Disponível em: <https://tcu.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/823947040/relatorio-de-auditoria-ra-ra-3203420156/relatorio-823947086>. Acesso em: 10 ago. 2021.

BRITO, A. Minério em alta faz Vale investir em recuperar toneladas de rejeito. **Folha de São Paulo**, 2011. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/me2308201130.htm>. Acesso em: 10 mar. 2023.

BRUNO, M. Financeirização e crescimento econômico: o caso do Brasil. **ComCiência**, Campinas, n.º 128, maio 2011. Disponível em: http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542011000400009&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 1 jul. 2022.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Comissão Parlamentar de Inquérito Rompimento de Barragem de Brumadinho. **Relatório Final**. 2019. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/internet/comissoes/cpi/cpibruma/RelatorioFinal.pdf>. Acesso em: 11 set. 2021.

CARDOZO, F. A. C.; PIMENTA, M. M.; ZINGANO, A. C. Métodos construtivos de barragens de rejeitos de mineração - uma revisão. **HOLOS**, [S. l.], v. 8, p. 77-85, 2017. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/5367>. Acesso em: 4 jul. 2022.

CARVALHO, L. N. Análise da ação dos sindicatos dos trabalhadores da mineradora Vale. S.A. na região sudeste brasileira. **Textos & Debates**, Boa Vista, n. 23, p. 91-114, jan./jul., 2013. Disponível em: <http://revista.ufr.br/index.php/textosedebates/article/view/1623>. Acesso em: 10 mar. 2023.

CARVALHO, P. Rejeito vira negócio. **Estado de Minas**, 2011. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2011/08/20/internas_economia,246174/rejeito-vira-negocio-na-mineracao.shtml. Acesso em 10 mar. 2023.

CASTRO, L. V. P. **Avaliação do comportamento do nível d'água em barragem de contenção de rejeito alteada a montante**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CENTRO INTERNACIONAL DE MÉTODOS NUMÉRICOS EM ENGENHARIA - CIMNE. **Computation analyses of Dam I failure at the Córrego de Feijão mine in Brumadinho**. Final Report. 2021a.

CENTRO INTERNACIONAL DE MÉTODOS NUMÉRICOS EM ENGENHARIA - CIMNE. **Resumo do Relatório final**. Análise computacional da ruptura da Barragem I na Mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho. 2021b.

CLIFFORD, J. Introdução: verdades parciais. In: Clifford, J.; MARCUS, G. E. (orgs.). **A escrita da cultura poética e política da etnografia**. Tradução Maria Cláudia Coelhos. Rio de Janeiro: Editora UERJ; Papéis Selvagens, 2016.

COELHO, T. P., MILANEZ B., PINTO R. G. A empresa, o Estado e as comunidades. *In*: ZONTA, M.; TROCATE, C. (orgs.). **Antes fosse mais leve a carga**: reflexões sobre o desastre da Samarco/VALE/BHP Billiton. Marabá: Iguana, 2016, p. 186-188.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - COPAM. Deliberação Normativa n.º 62, de 17 dezembro de 2002. Dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5008>. Acesso em: 16 nov. 2022.

_____. Deliberação Normativa n.º 87, de 17 de junho de 2005. Altera e complementa a Deliberação Normativa n.º 62. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8251>. Acesso em: 16 nov. 2022.

_____. Deliberação Normativa n.º 124, de 09 de outubro de 2008. Complementa a Deliberação Normativa COPAM n.º 87. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/barragem/Normativa-COPAM-MG-124-2008.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2022.

CONTROLADORIA-GERAL do ESTADO de MINAS GERAIS – CGE/MG. **Avaliação da conformidade de licenciamento ambiental da Barragem I, operada pela VALE S/A no município de Brumadinho-MG**. Belo Horizonte, MG, 2019, 196 p. Disponível em: http://controladoriageral.mg.gov.br/phocadownload/roteiros_auditoria/pdf/RA_1370.1239.19_Conformidade_BI_SISEMA.pdf. Acesso em: 26 out. 2019.

CUNHA, R. Auditores do trabalho interditam nove barragens da Vale em Minas. **Hoje em dia**. 10 abr. 2019. Disponível em: <http://hoje.vc/2dsoa>. Acesso em: 7 mar. 2021.

DA MATTA, R. **Relativizando**: uma introdução à antropologia social. Rio de Janeiro: Rocco, 1987.

DIAS A.V.; LIMA F.A. Work organization and occupational health in the contemporary capitalism. *In*: Ribeiro MG. **Frontiers in occupational health and safety**. Sharjah: Bentham Science; 2014. p. 3-31.

DIEN, Y.; DECHY, N.; GUILLAUME, E. Accident investigation: From searching direct causes to finding in-depth causes – problem of analysis or/and of analyst? **Safety Science**, 50, p. 1398-1407, 2012.

DORNELAS, F. **Flor amarela**: estudo sobre as formas de dominação e resistência em Brumadinho. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

DORNELLAS, F.; TEODÓSIO, A. S. S.; DIAS, A. L. F. Brumadinho são muitas: existências e resistências em um contexto marcado pela minero-dependência. *In*: **Anais** do Sétimo Congresso Brasileiro de Estudos Organizacionais. Porto Alegre (RS), UFRGS, 2021. Disponível em: <https://even3.blob.core.windows.net/anais/386875.pdf>. Acesso em: 23 set. 2022.

DUALIBI, J. Fotos mostram como era a mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, em 2008. **G1 Política**. 1 Fev. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/politica/blog/julia-duailibi/post/2019/02/01/fotos-mostram-como-era-a-mina-corrego-do-feijao-em-brumadinho-em-2008.ghtml>. Acesso em: 10 mar. 2023.

EMERMAN, S. H. **The last audit of the failed dam at the Córrego do Feijão Mine**. 2019. Spanish Fork, UT: Malach Consulting. Disponível em: https://worldminetailingsfailures.org/wp-content/uploads/2019/02/Corrego_Feijao_Safety_Audit_Summary.pdf. Acesso: 4 jun. 2022.

ELETRÓBRÁS - Centrais elétricas brasileiras. **Críticos de projeto civil de usinas hidrelétricas**, 2003. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/geracao/Manuais%20para%20Estudos%20e%20Projetos%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20Energia/Crit%C3%A9rios%20de%20Projetos.pdf#search=Crit%C3%A9rios%20de%20projeto%20civil>. Acesso em: 25 maio 2022.

FARIA, F.; DUCROQUET, S. Veja como funcionava a mina da Vale em Brumadinho e entenda a tragédia. **Folha de São Paulo**. Cotidiano. 3 Fev. 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/02/veja-como-funcionava-a-mina-da-vale-em-brumadinho-e-entenda-a-tragedia>. Acesso em: 10 mar. 2023.

FARIA, M. P.; BOTELHO, M. R. O rompimento da Barragem do Fundão em Mariana, Minas Gerais, Brasil: a incubação de um acidente organizacional. **Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional** on-line, v.5, p.1-9, 2018. Disponível em:

www.rpso.pt/rompimento-da-barragem-fundao-mariana-minas-gerais-brasil-incubacao-um-acidente-organizacional/. Acesso em: 21 out. 2019.

FARIA, M. P.; BOTELHO, M. R. Análise da causalidade do "acidente" de trabalho da Samarco. In: PINHEIRO, T. M. M.; POLIGNANO, M. V.; GOULART, E. M. A; PROCÓPIO, J. C. (orgs.). **Mar de lama da Samarco na bacia do Rio Doce**: em busca de respostas. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2019, 316p. Disponível em:

<https://site.medicina.ufmg.br/osat/wp-content/uploads/sites/72/2019/03/Mar-de-Lama-da-Samarco-na-Bacia-do-Rio-Doce-Em-Busca-de-Respostas-26-03-2019.pdf?fbclid=IwAR3b19aeJH55HszlDoTDiG5Tq1zEr1J4mges8CLHx6s0NV2F5Cd57RUq8GA>. Acesso em: 26 out. 2019.

FOLHA VITÓRIA. Vale garante que plano de emergência de Córrego do Feijão foi apresentado. 01. fev. 2019. Disponível em: <https://www.folhavoria.com.br/geral/noticia/02/2019/vale-garante-que-plano-de-emergencia-de-corrego-do-feijao-foi-apresentado>. Acesso em: 10 mar. 2023.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Banco de Declarações Ambientais, 2006**. Disponível em: <http://www.feam.br/component/content/article/40>. Acesso em: 3 out. 2022.

_____. Decreto n.º 45.825, de 20 de dezembro de 2011. Contém o estatuto da Fundação Estadual do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=20035>. Acesso em: 5 out. 2022.

_____. **Inventário de barragem do estado de Minas Gerais ano 2014**. Belo Horizonte: FEAM, 2014. Disponível em:

http://www.feam.br/images/stories/2015/DECLARACOES_AMBIENTAIS/GESTAO_DE_BARRAGENS/orreo_inventrio%20de%20barragens_2014_final.pdf. Acesso em: 3 out. 2022.

_____. **Inventário de barragem do estado de Minas Gerais ano 2015**. Belo Horizonte: FEAM, 2016. Disponível em:

http://www.feam.br/images/stories/2016/RESIDUOS_MINERA%C3%87%C3%83O/Invent%C3%A1rio_de_Barragens_2015_Final_V01.pdf. Acesso em: 3 out. 2022.

_____. **Inventário de barragem do estado de Minas Gerais ano 2017**. Belo Horizonte: FEAM, 2018. Disponível em:

http://www.feam.br/images/stories/2018/BARRAGENS/Invent%C3%A1rio_de_Barragens_2017.pdf. Acesso em: 3 out. 2022.

_____. **Inventário de resíduos sólidos da mineração: ano base 2010**. Belo Horizonte: FEAM, 2011. 47 p. il. Disponível em:

http://www.feam.br/images/stories/arquivos/inventarios/relatorio_inventario_mineracao_2010.pdf. Acesso em: 3 out. 2022.

FREIRE NETO, J. P. **Estudo da liquefação estática em rejeitos e aplicação de metodologia de análise de estabilidade**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. NUGEO, 2009. <https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3232/1/DISSERTA%20EstudoLiquefa%20a%20Est%20a%20tica.PDF> Acesso em: 10 ago. 2022.

FREITAS, C. M. de; SILVA, M. A. da; MENEZES, F. C. de. O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. **Ciência e Cultura**, vol.68, n.3, p.25-30, 2016.

FREITAS C. M. de; PORTO, M. F. de S.; MACHADO J. M. H. Introdução - Questão dos acidentes industriais ampliados. In: **Acidentes industriais ampliados**: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção [on-line]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2000, p. 25-45. Disponível em:

<https://books.scielo.org/id/jn8dd/pdf/freitas-9788575415085-03.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2022.

FREITAS, R. de. Brumadinho pode aumentar receita da Vale em US\$1 bi. **Rede Jornal Contábil**. 02 fev. 2019. Disponível em: <https://www.jornalcontabil.com.br/brumadinho-pode-aumentar-receita-da-vale-em-us1-bi/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

FREITAS, R. M. de. O princípio da legalidade aplicado às normas ABNT. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 17, n. 3470, 31 dez. 2012. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/23337>. Acesso em: 13 jul. 2022.

G1 Globo. Rompimento de barragem de rejeitos de minério provoca desastre em Brumadinho (MG). **G1 Globo**. Jornal Nacional. 25 Jan. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2019/01/25/rompimento-de-barragem-de-rejeitos-de-minerio-provoca-desastre-em-brumadinho-em-minas-gerais.ghtml>. Acesso em: 10 mar. 2023.

GALVÃO SOBRINHO, A. **Metodologia para implantação de um sistema de disposição de rejeitos em minério de ferro na região do semiárido**: estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária). Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/19693>

GEOPHI Engenharia. Relatório de Revisão Barragem I – Brumadinho. 4 out. 2021. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/2021/mpf-brumadinho-portugues.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.

GODEIRO, N. **Vale do rio Doce**. Nem tudo que reluz é ouro. Da privatização à luta pela reestatização. São Paulo, Sundermann, 2007.

GOEKING, W. CFO da Vale fala sobre presente e futuro da companhia em entrevista. Infomoney, 29/08/2018. <https://www.infomoney.com.br/negocios/cfo-da-Vale-fala-sobre-presente-e-futuro-da-companhia-em-entrevista/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

GÓES, F. Potencial para ser maior geradora de valor aos acionistas. Valor Econômico. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/coluna/potencial-para-ser-maior-geradora-de-valor-aos-acionistas.ghtml>. Acesso: 3 out. 2022.

GOMES, J. V. M.; MOREIRA, N. C.; NOSSA, S. N.; TEIXEIRA, A. Poder de mercado e agressividade tributária. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, Florianópolis, v. 19, n. 51, p. 03-18, abr./jun., 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/contabilidade/article/view/80271/52043>. Acesso em: 2 dez. 2022.

GONÇALVES FILHO, A. P. Investigação de acidentes: qual o método adotar. **Revista Baiana da Inspeção do Trabalho**, Vol. 1, n. 3, p. 153-172, 2017.

GUIMARÃES J. Vale vende para si mesma na Suíça para pagar menos impostos no Brasil. **Brasil de Fato**. São Paulo, 13 fev. 2019. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2019/02/13/vale-vende-para-si-mesma-na-suica-para-pagar-menos-impostos-no-brasil-entenda>. Acesso em: 4 dez. 2022.

GUSSEN, A. F. Servidores que deram aval a projetos de mineração agora atuam em consultorias e escritórios de advocacia contratadas por grandes mineradoras. **Carta Capital**. 30 jun. 2022. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/politica/porta-giratoria/>. Acesso em: 12 jul. 2022.

HEAD, K. H.; EPPS, R. **Manual of soil laboratory testing**. Volume 3: Effective stress tests. Dunbeath, Scotland: Whittles Publishing, 2014.

HILÁRIO, R. Ato público denuncia sucateamento da fiscalização do Ministério do Trabalho. **CUT-MG Notícias**. 24.04.2013. Disponível em: <https://mg.cut.org.br/noticias/ato-publico-denuncia-sucateamento-da-fiscalizacao-do-ministerio-do-trabalho-a0c1>. Acesso em: 10 jul. 2022.

HOPKINS, A. Study in organizational cultures and their effects on safety. **Safety Science**, 44, p. 875–889, 2006.

HOPKINS, A.; MASLEN, S. **Risky rewards**: how company bonuses affect safety. Boca Raton: CRC Press, 2015.

HOPKINS, A. **Decisões desastrosas**: as causas humanas e organizacionais do desastre do Golfo do México. Tradução de Flora Maria Gomide Vezza. São Paulo: Blucher, 2022.

INGOLD, T. **Estar vivo**: ensaios sobre movimento, conhecimento e descrição. Tradução Fábio Creder. Petrópolis, RJ: VOZES, 2015.

INGOLD, T. Chega de etnografia! A educação da atenção como propósito da antropologia. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 39, n. 3, p. 404-411, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM. **Informações e análise da economia mineral brasileira**. 2008. 4ª Edição. Disponível em: <https://ibram.org.br/publicacoes/page/15/#publication>. Acesso em: 3 out. 2022.

_____. **Informações sobre a economia mineral brasileira**, 2015. Disponível em: <https://ibram.org.br/publicacoes/page/11/#publication>. Acesso em: 3 out. 2022.

_____. **Mineração em números 2019**. Disponível em: <https://ibram.org.br/publicacoes/?txtSearch=&checkbox-section%5B%5D=1236>. Acesso em: 3 out. 2022.

_____. **Mineração em números 2020**. Disponível em: <https://ibram.org.br/publicacoes/?txtSearch=&checkbox-section%5B%5D=1236>. Acesso em: 3 out. 2022.

_____. **Mineração em números 2021**. Disponível em: <https://ibram.org.br/publicacoes/?txtSearch&checkbox-section%5B%5D=1236.#publication>. Acesso em: 3 out. 2022.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. Gerência de Monitoramento da Qualidade das Águas. **Nota Técnica n.º 24/IGAM/GEMOQ/2019**. Análise da qualidade das águas do rio Paraopeba após desastre na barragem B1. Disponível em: <https://mpmgbarragens.info/wp-content/uploads/2020/03/2019-22-10-Nota-Tecnica-conj-Igam-e-SES-n.-03.2019-.pdf>. Acesso em: 11 set. 2022.

_____. **I Boletim Informativo do Cidadão n.º 38, julho de 2022**. Qualidade da água no rio Paraopeba. Disponível em:

http://www.feam.br/images/stories/2022/RECUPERACAO_PARAOPEBA/Boletim_do_Cidadao_N%C2%BA38_FINAL.pdf. Acesso em: 11 set. 2022.

KAULING, M. F. *et al.* O desastre de Mariana/MG : um estudo de caso na perspectiva das alterações legislativas ambientais. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, vol. 22, n.º 2, Mai-Aug. 2019. Disponível em: <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA698309553&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=14153580&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7E53d58fb1>. Acesso em: 4 ago. 2022.

KOKKE, M. A Interligação entre a Lei Anticorrupção e o Direito dos Desastres. **Seqüência**: estudos jurídicos e políticos, n.º 86, 15 Dec. 2020. Disponível em: <https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&u=capes&id=GALE|A652432261&v=2.1&it=r&sid=bookmark-AONE&asid=8b9c8fe0>. Acesso em: 4 jul. 2022.

LACAZ, F. A. de C.; PORTO, M. F. de S.; PINHEIRO, T. M. M. Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.42:e9, 2017.

LE COZE, J.C. **Trenteans d'accidents**: le nouveau visage des risques sociotechnologiques. Toulouse: Octares, 2016.

LIMA F. P. A.; DIAS, A. V. C. Financeirização, trabalho e saúde: a economia como doença social. *In*: VILELA, R. A. de G.; QUEROL, M. A. P.; LOPES, M. G. R.; CERVENY, G. C. de O.; BELTRÁN-HURTADO, S. L. (orgs). **Desenvolvimento colaborativo para a prevenção de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho**. Laboratório de mudança na saúde do trabalhador. São Paulo: Editora Ex-Libris, 2020.

LIMA, F. P. A. *et al.* Barragens, barreiras de prevenção e limites da segurança: para aprender com a catástrofe de Mariana. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, 40(132): 118-120, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0303-7657ED02132115>. Acesso em: 21 out. 2019.

- LLORY, M. **Acidentes industriais: o custo do silêncio**. Rio de Janeiro: Editora MultiMais, 1999.
- LLORY, M.; MONTMAYEUL, R. **O Acidente e a Organização**. Tradução de Marlene Machado Zica Vianna. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2014, 192p.
- LOPES, M. *et al.* É possível conduzir um laboratório de mudanças sem uma demanda reconhecida na hierarquia da organização? *In: VILELA, R. A. de G.; QUEROL, M. A. P.; LOPES, M. G. R.; CERVENY, G. C. de O.; BELTRÁN-HURTADO, S. L. (orgs).* **Desenvolvimento colaborativo para a prevenção de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho**. Laboratório de mudança na saúde do trabalhador. São Paulo: Editora Ex-Libris, 2020.
- MARSHALL, J. Behind the image of south-south solidarity at Brazil's Vale. *In: BOND, P; GARCIA A. (orgs.).* **BRICS: Ananti-capitalism critique**. Chicago, Haymarket Books, 2015.
- MARTINS, B. S. Revisitando o desastre de Bhopal: os tempos da violência e as latitudes da memória. **Sociologias**, Porto Alegre, ano 18, n.º 43, p. 116-148, set/dez 2016.
- MELLO, C. B. de. Curso de Direito Administrativo. 19ª edição. Editora Malheiros. São Paulo, 2005, p. 59.
- METZGER J. L.; MAUGERI S.; BENEDETTO-MEYER M. Predomínio da gestão e violência simbólica. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.37, n.126, p.225-242, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0303-76572012000200005>. Acesso em: 8 nov. 2022.
- MILANEZ, B.; COELHO, T. P.; WANDERLEY, L. J. M. O projeto mineral no Governo Temer: menos Estado, mais mercado. **Versos - Textos para Discussão PoEMAS**, 1(2), 1-15, 2017.
- MILANEZ, B. *et al.* Minas não há mais: avaliação dos aspectos econômicos e institucionais do desastre da VALE na bacia do rio Paraopeba. **Versos - Textos para discussão PoEMAS**, 3 (1), p. 1-114, 2019.
- MILANEZ, B; WANDERLEY, L. J. O número de barragens sem estabilidade dobrou, e daí: uma avaliação da (não) fiscalização e a da nova lei de (in) segurança de barragens. **Versos**, v.4, n. 4, 2020.
- MILITÃO, E. Vale faz venda *fake* à Suíça e deixa de pagar bilhões em impostos no Brasil. **Portal UOL**. Brasília, 01 abr. 2019. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2019/04/01/triangulacao-vale-minerio-ferro-confiscos-brumadinho-suica-china.htm>. Acesso em: 4 dez. 2022.
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Social. Lei n.º 12.581, de 17 de julho de 1997. Dispõe sobre a organização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2339>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- _____. Decreto Estadual n.º 28.163/1988, de 06 de junho de 1988. Institui a Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, aprova seu estatuto e dá outras providências. Disponível em: http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=1229#_ftn1. Acesso em: 16 nov. 2022.
- _____. Decreto Estadual n.º 47.347, de 24 de janeiro de 2018. Contém o estatuto da Fundação Estadual do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45838>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- _____. Decreto Estadual n.º 46.993, de 2 de maio de 2016. Institui a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=41216>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- MINAYO, M. C. de S. **De ferro e flexíveis: marcas do Estado empresário e da privatização na subjetividade operária**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.
- MINING ASSOCIATION IN CANADA – MAC. **A guide to the management of tailing facilities**. Third Edition, Ottawa, Canada, 2017.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS - MPMG. **Caso Samarco**: relatório de atividades da força-tarefa do MPMG. Nov. 2016, 40p. Disponível em:

<https://www.mpmg.mp.br > lumis > portal > file > fileDownload>. Acesso em: 21 out. 2019.

_____. Denúncia criminal contra VALE e mais 16 pessoas na 2ª Vara da Comarca de Brumadinho. Brumadinho, 21/01/2020. Disponível em:

https://www.mpmg.mp.br/data/files/15/46/A2/94/B7B048106192FE28760849A8/DenAncia%20VALE-TUV%20SUD%20-%20homicA_dio%20e%20crime%20ambiental.pdf. Acesso em: 24 out. 2022.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL - MPF. **Denúncia apresentada pelo Ministério Público Federal junto à Vara da Justiça Federal de Ponte Nova**. 2016, 273p. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/noticias-mg/mpf-denuncia-26-por-tragedia-em-mariana-mg>. Acesso em: 21 out. 2019.

MORGENSTERN, N. R. Geotechnical risk, regulation and public policy. **Soils and Rocks**, São Paulo, 41(2), p. 107-129, maio-aug, 2018.

MORGENSTERN, N.R. *et al.* **Relatório sobre as causas imediatas da ruptura da Barragem de Fundão**. 2016, 95p. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2017/10/relatorio-sobre-as-causas-imediatas-da-ruptura-da-barragem-de-fundao.pdf>. Acesso em: 9 set. 2019.

OLIVEIRA, S. G. de. **Indenizações por acidente do trabalho ou doença ocupacional**. São Paulo: LTr, 2005.

PIMENTEL, T.; GABRIEL, S. Polícia Federal deve concluir inquérito sobre Brumadinho em novembro; tragédia aconteceu há quase 3 anos. **G1 Minas e TV Globo**, Belo Horizonte, 20 Out. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2021/10/20/policia-federal-deve-concluir-inquerito-sobre-brumadinho-em-novembro-tragedia-aconteceu-ha-quase-3-anos.ghtml>. Acesso em: 10 mar. 2023.

PIRETE, W. **Estudo do potencial de liquefação estática de uma barragem de rejeito alteada para montante aplicando a metodologia de Olson (2001)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas, 2010.

PODER 360. Ofício nº. 226.2018 do Procurador Geral do Trabalho à Secretária da Secretaria de Inspeção do Trabalho do Ministério do Trabalho. Brasília, DF, 30.01.2018. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2018/01/Ofi%CC%81cio-226-trabalho-escravo-Ministe%CC%81rio-do-Trabalho.pdf>. Acesso em 10 jul. 2022.

POLÍCIA FEDERAL. Superintendência Regional Em Minas Gerais. Setor Técnico-Científico. **Laudo Nº 1070/2019 – SETEC/SR/PF/MG**. Disponível em: https://politica.estadao.com.br/blogs/fausto-macedo/wp-content/uploads/sites/41/2019/11/laudo_1070_2019_setec_sr_pf_mg_assinado-2.pdf. Acesso em: 11 set. 2022.

POLIGNANO, M. V.; GOULART, E. M. A; PROCÓPIO, J. C. (orgs.). **Mar de lama da Samarco na bacia do Rio Doce**: em busca de respostas. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2019, 316p. Disponível em: https://manuelzao.ufmg.br/wp-content/uploads/2019/04/livro-MAR-DE-LAMA-rev_09_04_19.pdf. Acesso em: 26 out. 2019.

PIMENTEL, T. Criada após tragédia de Mariana, lei que destina taxa de mineração ao meio ambiente é usada pelo governo para outros fins. **Portal G 1 Minas**. Belo Horizonte, 19 out. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/10/19/criada-apos-tragedia-de-mariana-lei-que-destina-taxa-de-mineracao-ao-meio-ambiente-e-usada-pelo-governo-para-outros-fins.ghtml>. Acesso em: 26 out. 2022.

PRADO FILHO, H. R. do. Por que, ao arrepio da lei, a ABNT se transformou em uma empresa eminentemente comercial? **Revista Digital Ad Normas**, 20 mar. 2020. Disponível em: <https://www.revistaadnormas.com.br/2022/03/20/por-que-ao-arrepio-da-lei-a-abnt-se-transformou-em-uma-empresa-eminente-comercial>. Acesso em: 14 jul. 2022.

PREFEITURA DE BRUMADINHO. **Perguntas frequentes**: Qual o impacto na saúde mental. 2022. Disponível em: <https://brumadinho.mg.gov.br/perguntas-frequentes/>. Acesso em: 8 ago. 2022.

PROCURADORIA GERAL DA FAZENDA NACIONAL - PGFN. **Lista de devedores da PGFN**. Disponível em: <https://www.listadevedores.pgfn.gov.br/>. Acesso em: 4 dez. 2022.

QUEDA livre: a tragédia do caso Boeing. Direção: Rory Kennedy. Produção executiva: Brian Grazer e Ron Howard. Netflix, 2022.

QUIVY R., CAMPENDHOUT L. V. **Manual de investigação em ciências sociais**. Tradução: João Minhoto Marques, Maria Amália Mendes e Maria Carvalho. Gradiva Publicações S.A. Lisboa, 2008, p. 42.

RASMUSSEN, J. Risk management in a dynamic society: a modelling problem. **Safety Science**, v.27, n. 2/3, p. 183-213, 1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753597000520>. Acesso em: 21 out. 2019.

REDE BRASIL ATUAL. Sindicatos denunciam déficit de auditores do Trabalho no estado de São Paulo. São Paulo, 03.05.2022. Disponível em: <https://www.redebrasilatual.com.br/trabalho/2022/05/sindicatos-denunciam-deficit-de-auditores-do-trabalho-no-estado-de-sao-paulo/>. Acesso em: 10 jul. 2022.

REI, F. Ensaio para Brumadinho: considerações pela resiliência. *In*: LIGUORI, C; LEVY D. R. (orgs.). **Brumadinho: da ciência à realidade**. São Paulo, SP: Liber Ars, 2020. 166 p.

REPÓRTER BRASIL. Petição inicial da Ação Civil Pública nº. 0000849-74.2014.5.20.0009 patrocinada pelo Ministério Público do Trabalho da 20ª Região. Disponível em: https://reporterbrasil.org.br/wp-content/uploads/2014/06/ACP_0000849_Convencao_81_OIT.pdf. Acesso em: 10 jul. 2022.

REVISTA MINERAÇÃO & SUSTENTABILIDADE. **Presidente da Vale tem 2º maior salário entre 90 CEOs de empresas da Bolsa**.2022. Disponível em: <https://revistamineracao.com.br/2022/07/25/presidente-da-vale-tem-2o-maior-salario-entre-90-ceos-de-empresas-da-bolsa/>. Acesso em: 31 out. 2022.

RIBEIRO, M.; SABINO, M.; RUSSI, A. Vale perde R\$ 71 bilhões em valor de mercado após desastre em Brumadinho. **Poder 360**. 28 jan. 2019. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/economia/vale-perde-r-71-bilhoes-em-valor-de-mercado-apos-desastre-em-brumadinho/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

RIGOLETTO I. de P; MARCOS M. J.; BORGOMONI, S. B. Tragédia ambiental de brumadinho e os danos ao meio ambiente laboral: possibilidade de reparação integral em face da reforma trabalhista. *In*: LIGUORI, C; LEVY D. R. (orgs.). **Brumadinho: da ciência à realidade**. São Paulo, SP: Liber Ars, 2020. 166 p.

RODRIGUES, J. N.; DEVEZAS, T. **As lições dos descobrimentos**: o que nos ensinam os empreendedores da globalização. 2013. Editora Centro Atlântico.

SALINAS, N. S. C. **Caso Samarco**: implicações jurídicas, econômicas e sociais do maior desastre ambiental do Brasil. Rio de Janeiro, RJ, 2016, 48 p. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/24889/caso_de_ensino_mariana_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 22 out. 2019.

SANTOS, R. S. P.; WANDERLEY, L. J. Dependência de barragem, alternativas tecnológicas e a inação do estado: repercussões sobre o monitoramento de barragens e o licenciamento do fundão. *In*: ZONTA, M.; TROCATE, C. (orgs.). **Antes Fosse Mais Leve a Carga**: reflexões sobre o desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton. Editorial iGuana, 2016, p.87-137.

SCLIAR, C.; CUNHA, D.; INÁCIO, J. R. O mundo da mineração e o trabalho. *In*: PINHEIRO, T. M. M.; POLIGNANO, M. V.; GOULART, E. M. A; PROCÓPIO, J. C. (orgs.). **Mar de lama da Samarco na bacia do Rio Doce**: em busca de respostas. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2019, 316p. Disponível em: <https://site.medicina.ufmg.br/osat/wp-content/uploads/sites/72/2019/03/Mar-de-Lama-da-Samarco-na-Bacia-do-Rio-Doce-Em-Busca-de-Respostas-26-03-2019.pdf?fbclid=IwAR3b19aeJH55HszlDoTDiG5Tq1zEr1J4mges8CLHx6s0NV2F5Cd57RUq8GA>. Acesso em: 26 out. 2019.

SENADO FEDERAL. Relatório Comissão Parlamentar de Inquérito - CPI de Brumadinho e outras barragens. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento/download/acbe1dc8-5656-419e-9ff5-9fcae27730e7>. Acesso em: 11 set. 2021.

SENADO FEDERAL. A inspeção do trabalho no Brasil enfrenta falta de auditores fiscais e de recursos financeiros. Brasília, DF, 03.04.2018. Disponível em:

<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2018/04/03/a-inspecao-do-trabalho-no-brasil-enfrenta-falta-de-auditores-fiscais-e-de-recursos-financeiros>. Acesso em: 10 jul. 2022.

SEMAD/FEAM. Instrução de serviço SISEMA n.º 02/2018. Revisão 1: Procedimentos aplicáveis à gestão do banco de declarações ambientais e para o licenciamento ambiental de barragens de contenção de resíduos ou rejeitos da mineração. 2018. Disponível em:

http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2018/PADRONIZA%C3%87%C3%83O_PROCEDIMENTOS/IS_02.2018_-_Atualiza%C3%A7%C3%A3o_-_Procedimentos_aplic%C3%A1veis_%C3%A0_gest%C3%A3o_do_banco_de_declar%C3%A7%C3%B5es_ambientais_-_061118.pdf.

SEGURANÇA DO TRABALHO NWN. Teoria dos Dominós nos Acidentes de Trabalho. Teoria de Heinrich. 2020. Disponível em: <https://segurancadotrabalhonwn.com/teoria-dos-dominos-nos-acidentes-de-trabalho-i-teoria-de-heinrich/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SINDICATO NACIONAL DOS AUDITORES-FISCAIS DO TRABALHO - SINAIT. Obras do PAC: governo e MTE sofrem críticas por falta de fiscalização do trabalho. 31.03.2011. Disponível em:

<https://www.sinait.org.br/site/noticia-view?id=2974%2Fobras-do-pac-governo-e-mte-sofrem-criticas>. Acesso em: 10 jul. 2022.

_____. PA: SINAIT recebe moção de apoio da Assembleia Legislativa sobre interdição da SRTE/PA. Brasília, DF, 08.04.2014. Disponível em: <https://www.sinait.org.br/site/noticia-view/?id=9188/pa-sinait-recebe-mocao-de-apoio-da-assembleia-legislativa-sobre-interdicao-da-srte-pa>. Acesso em 10 jul. 2022.

_____. PB: Instalações elétricas precárias levam à interdição da SRTE/PB. Brasília, DF, 08.07.2015.

Disponível em: <https://www.sinait.org.br/site/noticia-view/?id=11210/pb-instalacoes-eletricas-precarias-levam-a-interdicao-da-srte-pb>. Acesso em: 10 jul. 2022.

_____. SINAIT discute indenização de transporte com a SIT. Brasília, DF, 11.01.2021. Disponível em:

<https://www.sinait.org.br/site/noticia-view/?id=19488/sinait%20discute%20indenizacao%20de%20transportes%20com%20a%20sit>. Acesso em: 10 jul. 2022.

_____. RS: Auditores-Fiscais mantem interdição da SRTE/RS e fazem mais notificações. Brasília, DF,

03.08.2015b. Disponível em: <https://www.sinait.org.br/site/noticia-view/?id=11334/rs-auditores-fiscais-mantem-interdicao-da-srte-rs-e-fazem-mais-notificacoes>. Acesso em 10 jul. 2022.

_____. Interdição da SRT-AL: DEN e Auditores-Fiscais definem ações da categoria. Brasília, DF, 15.08.2017.

Disponível em: <https://www.sinait.org.br/site/noticia-view/?id=14626/interdicao%20da%20srt-al%20den%20e%20auditores-fiscais%20definem%20acoes%20da%20categoria>. Acesso em: 10 jul. 2022.

SINDICATO DOS SERVIDORES DO MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS. Governo Zema repassou, no ano da tragédia de Brumadinho, só 38% da taxa para fiscalizar mineração, diz MP de Contas. 2020. Disponível em:

<https://www.sindsemamg.com.br/governo-zema-repassou-no-ano-da-tragedia-de-brumadinho-so-38-da-taxa-para-fiscalizar-mineracao-diz-mp-de-contas/>. Acesso em: 5 out. 2022.

SIQUEIRA, T. B. C. Apontamentos sobre os deveres e responsabilidade dos administradores e seu impacto

sobre os acionistas. In: LIGUORI, C; LEVY D. R. (orgs.). **Brumadinho**: da ciência à realidade. São Paulo, SP: Liber Ars, 2020. 166 p.

SOLUÇÃO Curso Preparatório. Feito pedido de mais 800 vagas para Auditor do Trabalho. Disponível em:

<https://www.solucaopreparatorio.com.br/noticias/872/feito-pedido-de-mais-800-vagas-para-auditor-do-trabalho/>. Acesso em: 15 jul. 2022.

SOUZA JÚNIOR, T. F.; MOREIRA, E. B.; HEINECK, K. S. Barragens de contenção de rejeitos de mineração no Brasil. **HOLOS**, [S. l.], v. 5, p. 2–39, 2018. DOI: 10.15628/holos.2018.7423. Disponível em:

<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/7423>. Acesso em: 4 jul. 2022.

TROCATE, C; ALVES, M. da S. Análise de conjuntura política, econômica e social da mineração no Brasil e os enfrentamentos necessários. *In*: ALVES, M. da S.; CARNEIRO, K. G.; SOUZA, T. R. de; TROCATE, C., ZONTA, M. (orgs.). **Mineração: realidade e resistência**. 1ª ed. São Paulo: Expressão Popular, 2020.

TUROLLO Jr., R.; ESTARQUE, M. Bancada da lama barra ações para melhorar segurança em barragens. **Folha de São Paulo**. Brasília, 03 fev. 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/02/bancada-da-lama-barra-acoes-para-melhorar-seguranca-em-barragens.shtml>. Acesso em: 3 out. 2022.

U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation - USBR. **Design Standard n.º 13** - Embankment Dams. October, 2011. Disponível em: <https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/designstandards-datacollectionguides/finalds-pdfs/DS13-4.pdf>. Acesso em: 25 maio 2022.

VALE. **ESG Webinar Dam and Tailings Management**. 25 março 2022a. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/1fff797d-44aa-4202-5996-c4864f63966d?origin=1>. Acesso em: 10 mar. 2023.

VALE. Formulário 20 F. **Relatório anual para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2011**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/cd552a7e-7544-4be0-8f6d-3028afe578d8?origin=1>. Acesso em: 6 mar. 2023.

VALE. Formulário 20 F. **Relatório anual para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2012**. Rio de Janeiro, 2013a. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/7ca1afb2-b102-45db-9980-b703372de660?origin=1>. Acesso em: 6 mar. 2023.

VALE. Formulário 20 F. **Relatório anual para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2013**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/718f125c-d4ac-43b8-b084-c4448dd1cd52?origin=1>. Acesso em: 6 mar. 2023.

VALE. Formulário 20 F. **Relatório anual para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2014**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/92cdcd62-9b93-4195-8cd7-fb985cc63e88?origin=1>. Acesso em: 6 mar. 2023.

VALE. Formulário 20 F. **Relatório anual para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2015**. Rio de Janeiro, 2016a. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/ad6bc0d7-89b8-4eb8-b6f6-4d71f5158b76?origin=1>. Acesso em: 6 mar. 2023.

VALE. Formulário 20 F. **Relatório anual para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2016**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/36671c36-0a4c-4e65-81b4-1ac4c149bdae?origin=1>. Acesso em: 6 mar. 2023.

VALE. Formulário 20 F. **Relatório anual para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2017**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/c82de250-86e5-4d60-8d96-669b6732a105?origin=1>. Acesso em: 6 mar. 2023.

VALE. Formulário 20 F. **Relatório anual para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2018**. Rio de Janeiro, 2019a. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/0b52c197-9c7e-4c67-b3f4-c60d658cf0de?origin=1>. Acesso em: 6 mar. 2023.

VALE. Formulário 20 F. **Relatório anual para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2019**. Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/d097db59-c956-4aa4-9d64-6b55d82fb0a4?origin=1>. Acesso em: 6 mar. 2023.

VALE. Formulário 20 F. **Relatório anual para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2020**. Rio de Janeiro, 2021a. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/6425a6c6-6caf-41c2-ab60-f848dda39fb7?origin=1>. Acesso em: 6mar. 2023.

VALE. Formulário 20 F. **Relatório anual para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2021**. Rio de Janeiro, 2022b. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/102c9ca4-dea3-7079-6576-38d6a6d8917b?origin=1>. Acesso em: 6 mar. 2023.

VALE. **Formulário de referência 2018**. Rio de Janeiro, 2019b. Disponível em:

<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/41c08169-c924-4ecf-a48f-61779367bd4d?origin=1>. Acesso em: 13 out. 2022.

VALE. **Formulário de referência 2021**. Rio de Janeiro, 2021b. Disponível em:

<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/95362b5d-56b4-1317-3eab-3cf2a928a9ad?origin=1>. Acesso em: 13 out. 2022.

VALE. **Formulário de referência, versão 3, 2022**. Rio de Janeiro, 2022c. Disponível em:

<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/95362b5d-56b4-1317-3eab-3cf2a928a9ad?origin=2>. Acesso em: 27 abr. 2022.

VALE. **Indicadores**. Rio de Janeiro, 2022d. Disponível em: <https://www.vale.com/pt/web/esg/desempenho>. Acesso em: 8 ago. 2022.

VALE. **Política de remuneração da diretoria executiva, 2019c**. Rev.: 00-25/09/2019. N.º POL-0027-G.

Disponível em: https://www.vale.com/documents/d/guest/pol-0027-g-politica-de-remuneracao-diretoria-executiva_p-1. Acesso em: 06mar. 2023.

VALE. **Relatório da administração 2019**. Rio de Janeiro, 2020b. Disponível em:

<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/2df78819-1867-4c4b-b927-9a83e6ecc3b2?origin=1>. Acesso em 4 dez. 2022.

VALE. **Relatório de desempenho do 1º trimestre de 2020**. Rio de Janeiro, 2020c. Disponível em:

<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/d04c448b-696b-44f2-a68f-1512edc42340?origin=1>. Acesso em: 11 set. 2021.

VALE. **Relatório de sustentabilidade 2012**. Rio de Janeiro, 2013b. Disponível em:

<https://www.vale.com/documents/d/guest/relatorio-de-sustentabilidade-2012>. Acesso em: 06mar. 2023.

VALE. **Relatório de sustentabilidade 2016**. Rio de Janeiro, 2016b. Disponível em:

<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/de5a44e5-22fa-4e38-9484-fa70694ed479?origin=1>. Acesso em: 20 maio 2022.

VALE. **Relatório de sustentabilidade 2018**. Rio de Janeiro, 2019c. Disponível em:

<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/ec49ca4e-7b5b-49f4-91b1-164bd5bdfe37?origin=1>. Acesso em: 13 out. 2022.

VALE. **Relatório de sustentabilidade 2019**. Rio de Janeiro, 2020d. Disponível em:

<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/e1eb3212-49a8-43dd-90ac-746ade9e255?origin=1>. Acesso em: 13 out. 2022.

VALE. **Relato integrado 2021**. Rio de Janeiro, 2022e. Disponível em:

<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/565d6188-78a5-44f2-a97d-1000e022116?origin=1>. Acesso em: 13 out. 2022.

VALE. **Segurança e Saúde Ocupacional**. Rio de Janeiro, 2022f. Disponível em:

<http://www.vale.com/esg/pt/Paginas/SaudeSegurancaOcupacional.aspx>. Acesso em: 08 ago. 2022.

VALE. **Vale conclui a descaracterização da primeira das nove barragens a montante anunciadas no início do ano**. Rio de Janeiro, 2019d. Disponível em:

http://saladeimprensa.vale.com/Paginas/Releases.aspx?r=Vale_conclui_a_descaracterizacao_da_primeira_das_nove_barragens_a_montante_anunciadas_no_inicio_do_ano&s=Mineracao&rID=2511&sID=6. Acesso em: 26 fev. 2021.

VALE. **Vale informa que o investimento em gestão de barragens cresce 180% entre 2015 e 2019**. Rio de Janeiro, 2019e. Disponível em:

http://saladeimprensa.vale.com/Paginas/Releases.aspx?r=Investimento_em_gestao_de_barragens_cresce_180_em_tre_2015_e_2019&s=Mineracao&rID=2299&sID=6. Acesso em: 7 mar. 2021.

VALE. **Vale informa sobre Declarações de Condição de Estabilidade**. Rio de Janeiro, 2019f. Disponível em: http://saladeimprensa.vale.com/Paginas/Releases.aspx?r=Vale_informa_sobre_Declaracoes_de_Condicao_de_Estabilidade&s=Mineracao&rID=2378&sID=6. Acesso em: 7 mar. 2021.

VALÊNCIO, N. Desastres: tecnicismos e sofrimento social. **Ciência Saúde Coletiva**, 19(9), p. 3631-44, 2014.

VALENZUELA, L. Design, construction, operation and the effect of fines content and permeability on the seismic performance of tailings and dams in Chile. **Obras y Proyectos**, n. °19. Concepción, Junte 2016. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132016000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 26 out. 2022.

VAUGHAN D. **The Challenger launch decision: risky technology, culture and deviance at NASA**. Chicago, University of Chicago, 2016.

VICTORA, C. G. Uma ciência replicante: a ausência de uma discussão sobre o método, a ética e o discurso. **Saúde & Sociedade**. São Paulo, v.20, n.1, p.104-112, 2011.

VILELA, R. A. G. *et al.* Saúde do trabalhador: do diagnóstico à intervenção formativa. *In*: VILELA, R. A. de G.; QUEROL, M. A. P.; LOPES M. G. R.; CERVENY, G. C. de O.; BELTRÁN-HURTADO S. L. (orgs). **Desenvolvimento colaborativo para a prevenção de acidentes e doenças relacionadas**. Laboratório de mudança na saúde do trabalhador. São Paulo: Editora Ex-Libris, 2020.

VILELA, R. A. G.; IGUTI, A. M.; ALMEIDA, I. M. Culpa da vítima: um modelo para perpetuar a impunidade nos acidentes do trabalho. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.20, n.2, mar./abr. 2004.

VIRKKUNEN, J.; NEWNHAM, D.S. **O laboratório de mudança: uma ferramenta de desenvolvimento colaborativo para o trabalho e a educação**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2015. Disponível em: https://www.forumat.net.br/fat/sites/default/arq-paginas/laboratorio_de_mudanca-miolocapa_2_reduzido.pdf Acesso em: 24 out. 2022.

WANDERLEY L. J. *et al.* Desastre da Samarco/VALE/BHP no vale do Rio Doce: aspectos econômicos, políticos e socioambientais. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.68, n.3, jul./set. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602016000300011>. Acesso em: 21 out. 2019.

WANDERLEY, L. J.; MILANEZ, B. Notícias de uma tragédia anunciada: antecedentes e o contexto do rompimento da Barragem I da Vale S.A. *In*: MILANEZ, B.; FELIPPE, M. F.(orgs.). **Minas esgotada: antecedentes e impactos do desastre da Vale na Bacia do Paraopeba**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/357748136_Noticias_de_uma_tragedia_anunciada_antecedentes_e_o_contexto_do_rompimento_da_Barragem_I_da_Vale_SA. Acesso em: 14 set. 2022.

WATERSON P. *et al.* Remixing Rasmussen: The evolution of Accimaps within systemic accident analysis. **Applied Ergonomics**, v.59, parte B, mar. 2017, p. 483-503. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2016.09.004>. Acesso em: 12 nov. 2019.

WISE Uranium Project. **Chronology of major tailings dam failures from 1960**. 2022. Disponível em: <https://www.wise-uranium.org/mdaf.html>. Acesso em: 15 dez. 2022.

**APÊNDICE I – MANUSCRITO SUBMETIDO À REVISTA SAÚDE E
SOCIEDADE**

Saúde e Sociedade

SAÚDE e SOCIEDADE

A insegurança das barragens da Vale em Minas Gerais, Brasil: aplicação da Teoria da Atividade à análise de desastres

Journal:	<i>Saúde e Sociedade</i>
Manuscript ID:	SAUSOC-2022-0510
Manuscript Type:	Original Research Article
Keyword:	prevenção e mitigação de desastres, rompimento de barragem, acidente de trabalho, mineração, financeirização

SCHOLARONE™
Manuscripts

A INSEGURANÇA DAS BARRAGENS DA VALE EM MINAS GERAIS, BRASIL: APLICAÇÃO DA TEORIA DA ATIVIDADE À ANÁLISE DE DESASTRES

Resumo

O objetivo deste artigo é apontar hipóteses de contradições que estariam incubadas historicamente em sistemas de atividades da Vale e que podem ter levado ao rompimento da barragem B I em Brumadinho e à interdição de muitas outras barragens no estado de Minas Gerais, Brasil. Trata-se de uma análise de caso a partir de dados secundários disponíveis em entrevistas, documentos e textos publicados em diferentes mídias entre 2011 e 2021. Procuramos demonstrar, a partir da Teoria Histórico-Cultural da Atividade, as contradições em e entre sistemas de atividades da Vale, pois a empresa distribuiu dividendos vultosos aos seus acionistas, remunerou como nunca seus diretores, reduziu os custos em relação às receitas e diminuiu brutalmente a dívida interna, mas manteve investimentos insuficientes na gestão das barragens, culminando com o rompimento da B I em 2019 e com 29 barragens interditadas em março de 2021. Este estudo defende um caminho metodológico do diálogo interdisciplinar que ajude a esclarecer como as decisões gerenciais estratégicas, especialmente aquelas da gestão financeira, poderiam influenciar a gestão de produção, de manutenção e de segurança das barragens de rejeitos.

Palavras-chave: rompimento de barragem; acidente de trabalho; mineração, segurança do trabalho.

Introdução

Desastres com barragens na mineração são mais comuns do que se imagina, com 146 eventos no mundo entre 1961 e 2022. No Brasil, somente no estado de Minas Gerais (MG), ocorreram oito eventos de 1986 a 2022 (Faria; Botelho, 2018; Wise, 2022).

Em 05 de novembro de 2015 rompeu-se a Barragem de Rejeitos do Fundão (BRF), operada pela Samarco Mineração S.A., controlada pela Vale S.A. (Vale) e pela anglo-australiana BHP Billiton, no município de Mariana, MG, Brasil, com a morte de 19 pessoas (Brasil, 2016).

Apesar da grande repercussão do desastre de Mariana, ocorreu o rompimento da Barragem de Rejeitos B I (B1), em 25 de janeiro de 2019, mina do Córrego do Feijão, Brumadinho/MG, pertencente à Vale, com a morte de 270 pessoas e a lesão de 64 trabalhadores (Brasil, 2019a). O desastre trouxe inúmeras consequências sócio-econômico-ambientais para toda região do rio Paraopeba, como 315 Km de rios atingidos, 294 hectares de vegetação impactada (Vale; Arcadis, 2020) e prejuízos para a agricultura, a pesca e o turismo local (Milanez et al., 2019a).

Observamos que, apesar dos grandes impactos, rompimentos de barragens de mineração ocorrem com relativa frequência. Mas por que ocorrem? Quais são as causas profundas?

As grandes tragédias ocorridas, especialmente na década de 1980, voltaram com força no século 21 e são explicadas por alguns autores como decorrentes de mudanças no processo produtivo no contexto da financeirização da economia global. Esse fenômeno relaciona-se à introdução e à intensificação de tecnologia de informação e automação, aumento da terceirização e ao acirramento da competição global com aumento da pressão por resultados para atender aos acionistas (Metzger; Maugeri; Benedetto-Meyer, 2012; Dias; Lima, 2014; Le Coze, 2016).

Reason (1997) apontou que a história dos acidentes começa com os fatores organizacionais, como decisões estratégicas e processos organizacionais genéricos. Esses processos são delineados em face da cultura corporativa da empresa, da maneira através da qual a organização conduz seus negócios, com consequências transmitidas para os ambientes de trabalho. Rasmussen (1997) mostrou que um sistema sociotécnico é forçado por um ritmo acelerado de mudanças tecnológicas, por um ambiente agressivo e competitivo, pela mudança de práticas regulatórias e pela pressão pública. Para Le Coze (2016) os resultados de acidente sistêmico estão em rede de interações entre dimensões técnicas, organizacionais, sociais, culturais, econômicas, jurídicas e políticas. O objetivo deste artigo é contribuir com uma análise sistêmica e organizacional de eventos a partir da Teoria Histórico-Cultural da Atividade (TAHC) na qual os acidentes são entendidos como manifestações de contradições dentro e entre sistemas de atividade (Vilela et al., 2020). Hipotetizaremos contradições que estariam incubadas historicamente no sistema e que podem ter levado ao rompimento da B1 e à interdição de outras barragens da Vale em MG.

O artigo visa responder às seguintes perguntas: 1) Quais mudanças na gestão da Vale impactaram na segurança e na manutenção das barragens nos anos anteriores ao acidente da B1? 2) Quais foram as consequências dessas mudanças para a segurança das barragens? 3) Quais contradições levaram e foram criadas por tais mudanças?

Começamos com uma breve introdução da abordagem teórica de como os acidentes são entendidos e analisados. Em seguida apresentamos os dados e o método de análise. Mostramos o caso Vale e a sua gestão financeira. Posteriormente destacamos a estagnação dos baixos investimentos em barragens e a interdição de muitas delas. Apontamos mudanças na forma de gerir as estruturas de contenção e achados da investigação do desastre com a B1. Finalizamos discutindo as hipóteses de contradições históricas dentro da Vale.

Acidentes como manifestação de contradições em e entre sistemas de atividades

Segundo a TAHC, a interação dos humanos com o ambiente e com outros seres humanos ocorre através do uso de ferramentas e signos. Essa interação levou a uma forma

especificamente humana da atividade e a um novo princípio de desenvolvimento, baseado no aprendizado cultural e na evolução histórica das formas de mediação das atividades vitais do ser humano. Nessa teoria a unidade básica de análise é um sistema de atividade (SA) que representa as relações múltiplas de mediação cultural da atividade humana. Os sujeitos da atividade utilizam-se de instrumentos, comunidade, regras e divisão do trabalho para interagir com o objeto da atividade. O objeto define a atividade, é o propósito do SA que motiva e define o horizonte de possíveis metas e ações (Virkkunen; Newnham, 2015).

Nessa abordagem acidentes são entendidos como manifestação de contradições, que não são problemas ou conflitos, mas tensões estruturais historicamente acumulativas dentro e entre SA (Lopes; Vilela; Querol, 2018). Elas manifestam-se como perturbações, rupturas e desperdícios no processo mediante o qual se realiza a atividade. Uma contradição primária existe em cada componente constituinte da atividade central e se refere à relação entre o valor de troca e o valor do uso desses componentes. Na teoria marxista o valor do objeto produzido atende, simultaneamente, duas condições: possui valor de mercado, dito de troca, e de uso, para atender necessidades humanas. Uma contradição secundária significa que dois elementos dentro do SA são incompatíveis e estabelecem exigências contraditórias para ações dos indivíduos do sistema (Virkkunen; Newnham, 2015).

A contribuição da TAHC para análise de acidentes e entendimento de riscos em sistemas complexos é recente. Yoon et al. (2016) utilizaram a abordagem de Fatores Humanos (HFACS) e o modelo de SA para investigar e comparar análises de dois acidentes que ocorreram em centrais nucleares na Coreia do Sul. No Brasil, Lopes et al. (2018) fizeram uso da TAHC para explicar as contradições que contribuíram para a ocorrência de acidente fatal em obra de construção de aeroporto.

Material e métodos

Trata-se de uma análise de caso que aborda as barragens de contenção de rejeitos pertencentes à Vale em MG a partir de dados secundários disponíveis em entrevistas, documentos e textos publicados em diferentes mídias.

Estas publicações compreendem o período entre 2011 e 2021, dentre as quais destacamos: dois relatórios da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), quatro relatórios da Agência Nacional de Mineração (ANM), o relatório de análise de acidente do trabalho da Superintendência Regional do Trabalho de MG (SRT/MG), 11 relatórios financeiros e dois relatórios de sustentabilidade da Vale, dois pedidos de suspensão de

interdição de barragens encaminhados pela Vale à SRT/MG e cinco documentos extraídos do site eletrônico da Vale.

Analisamos o material fazendo uso dos conceitos da TAHC e da abordagem sociotécnica. Apontamos as mudanças históricas que levaram à financeirização da Vale e ao comprometimento da gestão de barragens, que podem ter relação proximal ou distal com o desastre de Brumadinho e com a interdição de inúmeras outras estruturas de contenção de rejeitos da empresa.

O caso Vale

A Vale, maior mineradora do Brasil e a maior do mundo na produção de minério de ferro, possuía no país 150 barragens e diques destinados à contenção de rejeitos, sedimentos e água em 2017 (Vale, 2016-2017).

Nos meses de março e setembro de cada ano cabe às mineradoras contratar empresa de auditoria para atestar a segurança de suas barragens e emitir a Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) (Brasil, 2017). Desde o rompimento da B1, a empresa não tem conseguido a DCE de muitas de suas barragens em MG (Brasil, 2019-2021; Vale, 2019f).

Para tentar entender quais razões levaram ao rompimento da B1 e a não obtenção da DCE para outras barragens, é necessário voltar no tempo e verificar as mudanças profundas que ocorreram na Vale. Entre essas destacam-se: a implementação de medidas para satisfazer o mercado financeiro, como a redução de custos operacionais e da dívida líquida da empresa, assim como o aumento na distribuição de dividendos aos acionistas. Uma de nossas hipóteses de contradição é que foi investido valor insuficiente de recursos na gestão de barragens para mantê-las seguras.

A gestão financeira e a posse do novo CEO

A estratégia de internacionalização da Vale, levada a cabo durante a gestão de Roger Agnelli como presidente executivo, coincidiu com o *boom* das commodities entre 2002 e 2011. No pós-*boom*, o minério de ferro teve uma forte retração em seu preço, obrigando as mineradoras a mudarem suas estratégias, dentre elas a redução de custos operacionais e o aumento da produtividade (Wanderley, 2017, p. 3).

Segundo Milanez et al. (2019b), a partir de 2015 ocorreram mudanças significativas na estrutura da Vale, dentre elas a escolha em 2017 do novo Diretor-Presidente, Fábio Schvartsman, executivo com vasta experiência no setor financeiro e em empresas da indústria

da transformação. A companhia implementou processo de mudanças diretamente relacionado às exigências do mercado financeiro.

A Vale aumentou a relação entre custo operacional e receita operacional líquida para 80,2% durante o ano de 2015, principalmente pelo baixo valor do minério de ferro no mercado internacional, que chegou ao preço médio de US\$ 44,61 por tonelada, contra US\$ 75,43 em 2014. Conseguiu reduzi-la significativamente para 64,2% em 2016, até chegar a 46,7% em 2020, porcentagem inferior àquela de 2013 (tabela 1).

A remuneração fixa da diretoria executiva (DE) da Vale manteve-se com pouca variação de 2011 até 2014 e sofreu uma queda de 2014 para 2015 de 22,7% (tabela 2). A remuneração variável veio caindo de 2011 até 2015 e despencou em 2016 em razão do rompimento da BRF. Contudo, comparando 2017 com o ano anterior, houve um crescimento de 13 vezes.

A partir de 2018, a forma como a remuneração da DE foi apresentada no relatório anual mudou um pouco. A remuneração total veio crescendo com exceção de 2019, ano do rompimento da B1: R\$ 166,1 mi em 2018, R\$ 85,40 mi em 2019, R\$ 165,42 mi em 2020 e R\$ 246,49 mi em 2021 (Vale, 2011-2021). Apesar do desastre de 2019 e a repercussão mundial do caso, a remuneração da DE quase triplicou entre 2019 e 2021.

Quanto à distribuição dos dividendos e de juros sobre capital próprio aos acionistas (tabela 3), o valor caiu de 2011 até 2014, em razão da queda acentuada do preço médio da tonelada de minério de ferro. Despencou para US\$ 0,25 bilhões (bi) em 2016, ainda por causa da queda do valor da *commodity* e do rompimento da BRF em 2015. A promessa em 2017 do novo Diretor-Presidente foi cumprida, qual seja: "nos próximos anos não haverá outra (mineradora) produzindo mais valor para seus acionistas do que a Vale". De 2015 a 2021, o valor distribuído aos acionistas cresceu mais de nove vezes.

Em relação à redução do endividamento, a dívida líquida da empresa cairia de US\$ 18,143 bi ao final de 2017 para US\$ 9,650 bi ao término de 2018 (Vale, 2011-2021).

A política de dividendos e a estratégia financeira tornaram-se ainda mais centrais nas operações da empresa, sugerindo que a dimensão operacional de suas atividades vem perdendo relevância na alocação de recursos diante da dimensão financeira (Milanez, 2019a).

O valor gasto na manutenção das operações da Vale decresceu significativamente desde 2013 a 2017, passando de US\$ 4,6 bi para US\$ 2,2 bi (Vale, 2016-2017), o que pode ter impactado também no gerenciamento das barragens. Demonstraremos a seguir que, a partir de 2015, o investimento na segurança de barragens ficou muito distante do ritmo do crescimento da remuneração da DE e da distribuição de lucros aos acionistas.

Estagnação do investimento nas barragens

A Vale informou que, no período de 2016 a 2019, os investimentos em gestão de barragens totalizariam cerca de US\$ 221 mi, sendo aplicados em ações de manutenção e segurança de barragens, tais como: manutenção, monitoramento, obras de melhorias, auditorias, análises de riscos, revisões dos planos de ação para emergências de barragens de mineração (PAEBM), implantação de sistemas de alerta, videomonitoramento e instrumentação (Vale, 2019g). Não conseguimos acesso à informação do histórico de investimentos realizados na B1.

De 2015 para 2016 houve acréscimo de US\$ 3,53 mi nesta gestão, 12,7% (Vale, 2019g). Esse é um valor pequeno considerando que, com o rompimento da BRF em 2015, a Vale deveria ter ligado o ‘sinal de alerta’ em relação às suas barragens. Dois consultores foram contratados e começaram os estudos de liquefação para as barragens alteadas a montante (Brasil, 2019a), fenômeno no qual uma massa de solo saturada, geralmente areias fofas ou siltes pouco plásticos, perde grande parte de sua resistência ao cisalhamento, quando sujeito a um carregamento estático ou dinâmico, movimentando-se como um fluido. Além disso, as barragens Norte/Laranjeiras, Forquilha V e Borrachudo II entraram em funcionamento em 2016, aumentando os custos com a gestão (FEAM, 2017-2018).

De 2016 para 2017 ocorreu um acréscimo de US\$ 25,28 mi (80,71%) na gestão de barragens (Vale, 2019g). Este acréscimo teve justificativa, pois a Portaria DNPM nº 70.389 de 2017 (Brasil, 2017) trouxe uma série de obrigações acessórias para as mineradoras que possuíam barragens, dentre elas a elaboração da revisão periódica de segurança de barragem, do relatório de inspeção de segurança regular e das respectivas declarações de condição de estabilidade (DCE) duas vezes por ano, e do PAEBM, incluindo os estudos de inundação, comumente chamados de *Dam Break*.

A Vale contratou outros estudos técnicos como o Gerenciamento de Riscos Geotécnicos, que incluía consolidação de dados e identificação de riscos, cálculo de probabilidades, estudos de *Dam Break* e valoração das consequências em caso de rompimento das barragens (Brasil, 2019a). Somando-se a isto, entraram em operação as barragens Capitão do Mato e Barnabé 1 em 2017 (FEAM, 2017-2018).

Em razão das novas obrigações impostas pelo DNPM, houve um aumento expressivo nos gastos com a gestão, mas não se pode falar que as barragens estavam seguras. Elaboração de estudos de *Dam Break* e de PAEBM e a utilização de modernos softwares para cálculo do fator de segurança (FS) não tornam as barragens mais seguras do ponto de vista de

estabilidade. Além da manutenção física da barragem, faz-se necessário manter a linha freática tão baixa quanto possível, isto é, mantê-la longe de seus diques, pois essa influencia diretamente no cálculo do FS de estabilidade da estrutura. Para tal, a drenagem interna e externa da estrutura deve estar funcionando de forma a retirar o máximo de água possível de seu interior.

De 2017 para 2018, o custo com a gestão apresentou um aumento de 16%, ainda um reflexo das obrigações criadas pelo DNPM em 2017. Impacta também nesse valor os novos alteamentos realizados nas barragens entre 2015 e 2018, já que aumentam os custos com instrumentação, inspeção e manutenção. De 2018 para 2019, o acréscimo planejado no custo da gestão das barragens era de apenas US\$ 2,42 mi (Vale, 2019g). Contudo, a empresa teve que gastar bem mais com a gestão de suas barragens após o rompimento da B1, como veremos a seguir.

A falta de informação sobre a distribuição desses gastos por barragem dificulta a análise da evolução histórica da segurança da B1. Também não houve acesso ao detalhamento completo da informação sobre cronogramas estabelecidos para os investimentos listados, definição de prioridades a serem seguidas e nem sobre a gestão dessas atividades.

A interdição de outras barragens

Após o rompimento da B1, as empresas de auditoria externa contratadas revisaram seus conceitos em relação aos parâmetros geotécnicos adotados para os rejeitos armazenados, o que diminuiu os FS calculados. Inúmeras barragens não tiveram suas DCE emitidas pelos auditores externos em março de 2019 (Vale, 2019f).

Em razão disso, nove barragens da Vale foram interditadas pela SRT/MG por trazerem riscos para os trabalhadores (Cunha, 2019), informadas a seguir pelo nome (mina): Forquilhas I, II e III, Marés II e Grupo (Fábrica); Sul Superior (Gongo Soco); B3 e B4 (Mar Azul); Maravilhas II (Pico); Vargem Grande (Abóboras).

Outras estruturas foram interditadas pela ANM: oito em março/2019 (Vale, 2019f), uma em setembro/2019, seis em março de 2020 e oito em setembro de 2020 (Brasil, 2019-2021). Com a estabilidade da B VI (Córrego do Feijão) atestada em setembro/2020 e de Taquaras, Capim Branco e Menezes II em março/2021, a Vale passou a contar com 29 barragens interditadas em MG (Brasil, 2019-2021).

Os problemas ocorreram com barragens alteadas a montante (11), as mais inseguras, como também com aquelas alteadas a jusante (6), alteadas por linha de centro (2) ou com apenas o dique único (13). Mesmo estruturas novas como a Norte/Laranjeiras (2016),

Borrachudo II (2016) e Capitão do Mato (2017) não conseguiram ter suas estabilidades garantidas, o que pode remeter a problemas construtivos.

A falta de estabilidade em barragens é principalmente decorrente de problemas com a posição da linha freática. Cruz (1996) aponta que “a arte de projetar barragens parece ser a arte de controlar o fluxo de água através do corpo e da fundação da barragem, evitando, assim, quaisquer chances do solo ser carregado pela água”. Quanto mais alta a posição da linha freática dentro do material armazenado ou dentro dos próprios diques, menos segura a barragem, sendo esse um dos fatores que contribuíram para o rompimento da B1.

A mudança na gestão das barragens

A partir das interdições de suas barragens, a Vale iniciou a implantação de estações microssísmicas, de radares interferométricos, o monitoramento através de radares orbitais, a execução de ensaios de eletrorresistividade, a realização de pequenas obras como direcionamento do fluxo de água para fora dos reservatórios, além do início de novas campanhas geotécnicas com o fim de conhecer melhor suas estruturas, tudo aquilo que a boa engenharia recomenda (Vale, 2019c; 2019d).

Adicionalmente, entrou em funcionamento o Centro de Monitoramento Geotécnico (CMG) em Nova Lima/MG, onde profissionais permanecem 24 horas por dia diante de monitores e são alertados se alguma alteração significativa ocorrer nos parâmetros pré-estabelecidos de segurança (Vale, 2019e).

Em razão da determinação da ANM (Brasil, 2019b) para a descaracterização das barragens alteadas a montante, a Vale colocou em prática um plano para desmontar 30 barragens, sendo provisionado em 2019 um valor de US\$ 2,625 bi (Vale, 2011-2021). Os valores gastos com descaracterização em 2021 (US\$ 338 mi) foi cinco vezes maior que o previsto pela Vale para gestão de barragens em 2019.

Investigação das causas do rompimento da B1

A investigação da ruptura da B1 mostrou que houve interrupção de funcionamento de instrumentos e leituras não usuais de outros, não atendimento de recomendações vindas de relatórios de inspeção de segurança, falhas na manutenção da drenagem, emissão de DCE apesar do FS de estabilidade ser inferior ao estabelecido em normas internacionais e/ou sugerido por consultores, inserção de dados no Sistema de Informação de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM) da ANM não condizentes com a realidade, assim como a

susceptibilidade dos rejeitos à liquefação (Brasil, 2019a). Entretanto, a avaliação da Vale sobre a suposta segurança da barragem não foi alterada.

A Vale demorou a implementar medidas que pudessem auxiliar na retirada de água da B1. Medidas saneadoras foram apontadas ainda em 2017, como a construção de poços verticais, mas não adotadas (Brasil, 2019a). A investigação do caso não conseguiu esclarecer as razões pelas quais as recomendações não foram implementadas. No entanto, é possível afirmar que as práticas de gestão prevalentes privilegiaram a destinação de recursos para dividendos distribuídos aos acionistas e aumento da remuneração da DE.

Discussões sobre o caso

A figura 1 aponta que o valor planejado com gestão de barragens era de US\$ 68 mi em 2019 e que o valor para descaracterização de barragens acabou somando US\$ 338 mi em 2021 (Vale, 2011-2021). A figura também evidencia uma queda na distribuição de dividendos e da remuneração da DE entre 2015 e 2016 e entre 2018 e 2019, o que tem a ver com o término do megaciclo das commodities e com a queda do valor da tonelada de minério de ferro (Wanderley, 2016). Entre 2017 e 2018 a distribuição de dividendos cresceu novamente, foi interrompida com o rompimento da B1, mas voltou a subir fortemente em 2020. Já a remuneração da DE veio crescendo após 2016 e não parou mais.

O investimento na gestão de barragens teve um crescimento modesto entre 2015 e 2019 (figura 1), demonstrando que a Vale ainda não tinha reconhecido o problema. Isso pode ser corroborado pela fala do Diretor Executivo de Ferrosos, Sr. Gerd Peter Poppinga, durante um evento para investidores em Londres, em 2015:

Como Luciano (Diretor Financeiro) disse, em nossos 73 anos de história, nós nunca tivemos um rompimento de barragem. Existem muitas coisas que podemos fazer. Você pode atualizar seus sistemas de monitoramento, por laser ou por radar, instalar mais piezômetros e assim por diante. Isto é o que estamos fazendo, e somente começando. Até o momento nós não temos nenhum sinal. Nós não temos nada. Nós estamos bem com nossa governança e com o governo, e nós estamos bem com a integridade das barragens (SAES; MURADIAN, 2021).

Já em 2016, quando apresentava os resultados da Vale do segundo trimestre, declarou Poppinga:

[...] não importa o que acontecerá em termos especificamente de montante, o método de construção de barragens de rejeitos no Brasil em termos de legislação ou restrições, nós podemos dizer que a Vale, nós não temos aquelas barragens. Nós não temos, nós praticamente não temos barragem de montante em operação [...] (SAES; MURADIAN, 2021).

Poppinga desvalorizou o risco de suas barragens, declarando para investidores que praticamente a empresa não tinha barragens alteadas a montante. Mas foi exatamente a B1, alteada a montante, que se rompeu, assim como outras desse tipo foram interditadas a partir de 2019.

Marshall (2015, p. 172), por meio de um *survey* aplicado a trabalhadores da Vale em diferentes países, sintetizou algumas táticas empregadas pela empresa: "A Vale impõe de forma irrealista altas metas de produção; trabalhar na Vale significa trabalhar em condições perigosas, por que ela coloca a produção acima de tudo [...]".

A pesquisa de Marshall (2015) pode ilustrar o modo como a empresa gerenciou suas minas e barragens. À semelhança do que ocorre no mercado financeiro, os resultados são obtidos através de mecanismos de gestão considerados violentos, que exercem pressão para o alcance de metas, interferem e enfraquecem o poder de agir dos coletivos profissionais, introduzem cortes abusivos em áreas estratégicas como segurança e manutenção e terceirizam serviços essenciais, trazendo como consequência prejuízos à segurança e à saúde física e mental dos trabalhadores (Takahashi et al., 2015).

A maneira pela qual a DE da Vale era remunerada pode ter contribuído para uma gestão arriscada das instalações. Essa remuneração era composta por uma parte fixa (honorário mensal), uma parte variável de curto prazo (bônus anual) e duas partes de longo prazo, o Programa de Ações Virtuais (PAV) e o *Matching* (Vale, 2018-2022).

Até 2018, 60% do painel de metas do bônus anual estava associado a métricas econômico-financeiras que traduziam o desempenho operacional e, como tal, alinhados ao pagamento de dividendos. O PAV alinha o foco dos executivos à visão dos acionistas e tem como métrica de desempenho o *Total Shareholder Return (TSR)*. O *TSR* mede o retorno que um investimento proporciona ao investidor/acionista, e considera a oscilação do preço da ação e a distribuição de dividendos, com base em um período. O *Matching* baseia-se no valor de mercado da companhia e no preço da ação. Funciona como um diferimento do bônus anual, convertendo em ações parte do pagamento do bônus anual pago a cada diretor, sendo obrigatório para a DE e voluntário para diretores que são empregados (Vale, 2018-2022).

O pagamento de bônus para a alta e média administração já foi estudado em grandes corporações (Hopkins; Maslen, 2015) e em empresas mineradoras (Armstrong et al., 2019). Os autores argumentam que o pagamento de bônus vinculado a respostas do sistema financeiro pode incentivar as pessoas a tomar decisões que trazem ganhos de curto prazo, mas com risco de problemas de longo prazo. Ao alinhar os interesses da alta administração com os interesses

dos acionistas, incentivam a empresa a se concentrar na maximização do retorno financeiro, mesmo que isso signifique correr maior risco de experimentar um desastre.

Contradições históricas e barragens

Neste estudo analisamos dois SA: "Inspeção e Monitoramento" e "Alta Administração", ambos possuindo um objeto parcialmente compartilhado, a barragem B1 (figura 2).

Em 2017 ocorreu a mudança do presidente da Vale e as regras foram alteradas. Acionistas voltaram a ser bem remunerados como em 2012 e a DE teve um salto nos valores recebidos. Contudo, o investimento na segurança de barragens não acompanhou esse crescimento, o que acabou levando ao rompimento da B1.

A investigação do desastre apontou que a B1 parou de receber rejeitos em julho de 2016 e, apesar de ainda estar armazenando o rejeito lançado desde 1976, teve seu valor de uso diminuído. Pensando estritamente no seu valor de uso, a Vale não teria motivos para investir em obras que deixassem a B1 mais segura. Raciocínio igual pode ser utilizado para outras barragens da empresa que já não recebiam mais rejeitos. Alteada a montante, a B1 possuía um valor de construção (valor de troca) baixo em relação às barragens alteadas a jusante ou em linha de centro. Em suma, a B1 teve um custo baixo, mas era perigosa. Essa situação pode ser interpretada como contradição primária do objeto, identificada como "1" na figura 2.

Como contradições secundárias (tensões entre os elementos de um SA) podemos observar dentro do SA "Inspeção e Monitoramento":

Contradição 2 - Entre os instrumentos (equipamentos de monitoramento insuficientes e/ou danificados) e o objeto compartilhado: Não era possível ter uma barragem segura com equipamentos de monitoramento insuficientes e/ou danificados.

Contradição 3 - Entre os instrumentos (relatórios de auditoria externa) e as regras (normas internacionais e brasileiras): Relatórios da auditoria externa apontaram FS para condição não drenada da B1 menores que o exigido em normas internacionais e apontado por consultores, já que a norma NBR 13.028/2017 e as normas da ANM não contemplavam o FS mínimo a ser obtido para tal situação.

Contradição 4 - Entre regra (manual de operação) e objeto compartilhado: Não era possível ter uma barragem segura que não cumpria regras do manual de operação, como a largura mínima da praia de rejeitos.

Contradição 5 - Entre a divisão do trabalho (lançamento de dados no SIGBM) e regras (norma da ANM): lançamento de dados no SIGBM em não conformidade com a norma da ANM.

Hipotetizamos outras duas contradições secundárias entre elementos do SA “Alta Administração” e o objeto parcialmente compartilhado:

Contradição 6 - Entre instrumento DCE e objeto: A “Alta Administração” entendia que a simples emissão da DCE trazia segurança à B1, o que não se comprovou pelos achados da investigação e o desastre.

Contradição 7 - Regra (aumento de dividendos para acionistas) e o objeto: “Alta Administração” privilegiou o mercado financeiro em detrimento da segurança da B1.

Somente após o acidente de Brumadinho é que foi identificado que o problema era crônico. A barragem B1 não era um caso isolado, já que inúmeras outras estruturas estavam frágeis e foram interditadas por órgãos públicos. Isso nos leva a apontar que os investimentos na gestão de barragens estavam aquém do que deveria ter sido.

Conclusões

Procuramos demonstrar neste artigo as contradições verificadas em e entre sistemas de atividade da Vale. A empresa distribuiu dividendos vultosos aos seus acionistas, remunerou como nunca seus diretores, reduziu os custos em relação às receitas e diminuiu brutalmente a dívida interna, mas os investimentos foram insuficientes na gestão das barragens, culminando com o desastre da B1 em 2019 e com 29 barragens interditadas em 2021.

Entendemos que não basta atender ao extenso arcabouço técnico-legal criado pela ANM, como não é suficiente fazer uso de softwares sofisticados para o cálculo do FS, pois essas medidas não seguram barragens. É preciso investimento pesado em obras de engenharia que possam trazer estabilidade às estruturas de contenção. Para as barragens alteadas a montante só cabe mesmo a descaracterização, para que outros desastres não mais aconteçam.

A ruptura da B1 ensejou ampla mobilização de cientistas e profissionais de segurança que, de forma fragmentada, estudaram diferentes aspectos da história do evento. Defendemos um caminho metodológico do diálogo interdisciplinar que ajude a esclarecer como as decisões gerenciais estratégicas, especialmente aquelas da gestão financeira, podem influenciar a gestão de produção, de manutenção e de segurança das barragens.

A análise que conduzimos pode ser vista como exploratória, mas nos permite apontar a necessidade de mudanças nos processos de tomada de decisão nas instâncias de gestão estratégica e intermediária da organização envolvida. Somamo-nos a vários autores ao argumentar que a pressão do mercado financeiro e a forma de remuneração dos diretores

contribuem para tomada de decisões que trazem resultados financeiros de curto prazo, mas com resultados trágicos de longo prazo.

Referências

- ARMSTRONG M.; PETTER R.; PETTER, C. Why have so many tailings dams failed in recent years? *Resources Policy*, v. 63, n.1, 101412, 2019.
- BRASIL. Ministério da Economia. Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais. Relatório de Análise de Acidente - Rompimento da Barragem de Rejeitos I, em Brumadinho - MG. Belo Horizonte, 2019a. Disponível em: <http://bit.ly/2L6gB3A>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- _____. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração. Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017. Diário Oficial da União. Seção 1, Brasília, DF, Ano 154, n. 95, p. 68-71, 19 mai. 2017.
- _____. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração. Resolução nº 4, de 15 de fevereiro de 2019b. Diário Oficial da União. Seção 1, Brasília, DF, Ano 157, n. 34, p. 58, 18 fev. 2019.
- _____. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração. Resumos Campanha Entrega DCE Setembro 2019 - Março 2020 - Setembro 2020 - Março 2021. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2019 - 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/declaracao-de-condicao-de-estabilidade-dce>. Acesso em: 28 mai. 2021.
- _____. Ministério do Trabalho e Previdência Social. Superintendência Regional do Trabalho e Emprego em Minas Gerais. Relatório de análise de acidente - Rompimento da barragem de rejeitos do Fundão em Mariana - MG. Belo Horizonte, MG, 2016. Disponível em: https://ftp.medicina.ufmg.br/osat/relatorios/2016/SAMARCOMINERACAORELATORIOROMPIENTOBAR RAGEM20160502_09_05_2016.pdf Acesso em: 20 mai. 2021.
- CRUZ P.T. 100 Barragens brasileiras: casos históricos, materiais de construção, projeto. São Paulo: Oficina de Textos, 1996.
- CUNHA R. Auditores do trabalho interditam nove barragens da Vale em Minas. Hoje em dia. 10 abril 2019. Disponível em: <http://hoje.vc/2dsoa>. Acesso em: 7 mar. 2021.
- DIAS A.V.; LIMA F.A.P. Work organization and occupational health in the contemporary capitalism. In: Ribeiro MG. *Frontiers in occupational health and safety*. Sharjah: Bentham Science; 2014. p. 3-31.
- FARIA M.P.; BOTELHO, M.R. O rompimento da Barragem do Fundão em Mariana, Minas Gerais, Brasil: a incubação de um acidente organizacional. *Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional*, v.5, p.1-9, 2018. Disponível em: www.rpso.pt/rompimento-da-barragem-fundao-mariana-minas-gerais-brasil-incubacao-um-acidente-organizacional/. Acesso em: 21 out. 2019.
- FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Inventário de barragem do Estado de Minas Gerais - anos 2016 e 2017 / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2017-2018. Disponível em: <http://www.feam.br/gestao-de-barragens/inventario-de-barragens>. Acesso em: 7 mar. 2021.
- HOPKINS, A.; MASLEN, S. Risky rewards: how company bonuses affect safety. Boca Raton: CRC Press, 2015.
- LE COZE J.C. Trenteans d'accidents: le nouveau visage des risques sociotechnologiques. Toulouse: Octares, 2016.
- LOPES M.G.R.; VILELA R.A.G.; QUEROL M.A.P. Anomalias e contradições do processo de construção de um aeroporto: uma análise histórica baseada na Teoria da Atividade Histórico-Cultural. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 34, n.2, e00130816, 2018.
- METZGER J.L.; MAUGERI S.; BENEDETTO-MEYER M. Predomínio da gestão e violência simbólica. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v.37, n.126, p.225-242, 2012.
- MARSHALL J. Behind the image of south-south solidarity at Brazil's Vale. In: BOND, P; GARCIA A. (orgs.). *BRICS: An anti-capitalism critique*. Chicago, Haymarket Books, 2015.

- MILANEZ B. et al. Buscando conexões para o desastre: poder e estratégia na rede global de produção da VALE. Revista Eletrônica de Negócios Internacionais, v.14, n.3, p. 265-285, 2019a.
- MILANEZ B. et al. Minas não há mais: avaliação dos aspectos econômicos e institucionais do desastre da Vale na bacia do rio Paraopeba. Versos - Textos para discussão PoEMAS. v.3, n.1, 2019b.
- MINAYO, M. C. de S. De ferro e flexíveis: marcas do Estado empresário e da privatização na subjetividade operária. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.
- RASMUSSEN J. Risk management in a dynamic society: a modeling problem. Safety Science. v.27, n.2/3, p.183-213, 1997.
- RASMUSSEN J., SVEDUNG, I. Proactive risk management in a dynamic society. Swedish Rescue Services Agency. Karlstad, Sweden, 2000.
- REASON J. Managing the risks of organizational accidents. Farnham: Ashgate Publishing, 1997.
- SAES, B.; MURADIAN, R. What misguides environmental risk perceptions in corporations? Explaining the failure of Vale to prevent the two largest mining disasters in Brazil. Resources Policy. 2021; 72:102022.
- TAKAHASHI M.A. et al. Gestão violenta e patologia organizacional: reflexões para uma intervenção articulada entre academia, serviços e movimento sindical. Revista Ciências do Trabalho, 2015, Jun. 16(4):27-47.
- VALE. Demonstrações financeiras 31 de dezembro de 2018 - IFRS US\$. Rio de Janeiro, 2019a. Disponível em: [http://www.vale.com/PT/investors/information-market/financial-statements/FinancialStatementsDocs/IFRS%20Q18%20-%20US\\$%20-%20PT%20Final.pdf](http://www.vale.com/PT/investors/information-market/financial-statements/FinancialStatementsDocs/IFRS%20Q18%20-%20US$%20-%20PT%20Final.pdf). Acesso em: 26 fev. 2021.
- VALE. Desempenho da Vale em 2018. Rio de Janeiro, 2019b. Disponível em: http://www.vale.com/PT/investors/information-market/quarterly-results/ResultadosTrimestrais/Vale_IFRS_4Q18_p%20final.pdf. Acesso em: 23 fev. 2021.
- VALE. Formulário de referência 2018-2022 - Vale S.A. Rio de Janeiro, 2018-2022. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/pt/investors/information-market/annual-reports/reference-form/paginas/default.aspx>.
- VALE. Formulário 20 F. Relatórios Anuais para o exercício encerrado em 31 de dezembro de 2011-2021. Rio de Janeiro, 2011-2021. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/investors/information-market/annual-reports/20f/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- VALE. Pedido de suspensão de interdição da barragem Maravilhas II à Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019c.
- VALE. Pedido de suspensão de interdição de barragens interditadas na Mina de Fábrica à Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019d.
- VALE. Relatório de sustentabilidade 2016-2017. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/investors/information-market/annual-reports/sustainability-reports/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 20 mai. 2022.
- VALE. Vale conclui a descaracterização da primeira das nove barragens a montante anunciadas no início do ano. Brasília, 2019e. Disponível em: http://saladeimprensa.vale.com/Paginas/Releases.aspx?r=Vale_conclui_a_descaracterizacao_da_primeira_das_nove_barragens_a_montante_anunciadas_no_inicio_do_ano&s=Mineracao&rID=2511&sID=6. Acesso em: 26 fev. 2021.
- VALE. Vale informa que o investimento em gestão de barragens cresce 180% entre 2015 e 2019. Brasília, 2019g. Disponível em: http://saladeimprensa.vale.com/Paginas/Releases.aspx?r=Investimento_em_gestao_de_barragens_cresce_180_entre_2015_e_2019&s=Mineracao&rID=2299&sID=6. Acesso em: 7 março 2021.
- VALE. Vale informa sobre Declarações de Condição de Estabilidade. Brasília, 2019f. Disponível em: http://saladeimprensa.vale.com/Paginas/Releases.aspx?r=Vale_informa_sobre_Declaracoes_de_Condicao_de_Estabilidade&s=Mineracao&rID=2378&sID=6. Acesso em: 7 março 2021.
- VALE-ARCADIS. Caracterização socioambiental pós-rompimento e avaliação de impactos. In: Plano de reparação socioambiental da bacia do rio Paraopeba. Rompimento das Barragens B1, B4 e B4-A do Complexo Paraopeba II da Mina Córrego do Feijão. Volume 1. Disponível em:

https://www.mg.gov.br/sites/default/files/paginas/cap1_diagn%C3%B3stico_preterito_revisado/vol4_anexos/Volum%204_Anexos_pt1_2.pdf. Acesso em: 11 jul. 2022.

VILELA R.A.G. et al. Desenvolvimento colaborativo para a prevenção de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho: laboratório de mudanças na saúde do trabalhador. São Paulo: Ex-Libris, 2020.

VIRKKUNEN, J.; NEWNHAM, D.S. O laboratório de mudança: uma ferramenta para o desenvolvimento colaborativo do trabalho e a educação. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2015.

WANDERLEY L.J. et al. Desastre na Samarco/VALE/BHP no Vale do Rio Doce: aspectos econômicos, políticos e socioambientais. *Ciência e Cultura*, v.68, n.3, p.30-35, 2016

WANDERLEY L. J. de M. Do *boom* ao pós-*boom* das commodities: o comportamento do setor mineral no Brasil. *Versos - Textos para discussão PoEMAS*, v. 1, n. 1, 2017.

WISE Uranium Project. Chronology of major tailings dam failures from 1960. Arnsdorf, Alemanha, 2020. Disponível em: <https://www.wise-uranium.org/mdaf.html>. Acesso em: 15 mai. 2021.

YOON Y.S.; HAM D.H.; YOON, W.C. Application of activity theory to analysis of human-related accidents: method and case studies. *Reliability Engineering System Safety*, v.150, p.22–34, 2016.

Tabela 1: Custo operacional e receita operacional líquida da Vale (2013-2020).

Período	Custo operacional (US\$ Milhões)	Receita operacional líquida (US\$ Milhões)	Custo operacional / receita operacional (%)
2013	24.245	46.767	51,8
2014	25.064	35.124	71,3
2015	18.751	23.384	80,2
2016	17.650	27.488	64,2
2017	21.039	33.967	61,9
2018	22.109	36.575	60,4
2019	21.187	37.570	56,4
2020	19.039	40.018	47,6

Fonte: Vale, 2011-2021. Notas: 1 – É o custo dos produtos vendidos e serviços prestados; 2 – É o montante que a empresa efetivamente recebe pela venda dos produtos.

Tabela 2: Remuneração dos diretores executivos da Vale em US\$ milhões (2011-2017).

Tipo de compensação/ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Remuneração fixa e benefícios em espécie	11,7	11,3	11,4	12,3	6,42	7,27	7,6
Remuneração variável	25,3	17,4	9,7	12,9	7,29	0,98	13,24
Pensão, aposentadoria ou benefícios similares	2,1	2,1	2,1	1,2	1,24	1,47	1,53
Indenizações	59,0	14,5	0,5	0,0	5,41	4,66	20,19
Contribuições sociais	19,1	8,3	3,9	4,5	3,53	2,24	8,03
Total pago aos diretores executivos	117,1	53,6	27,6	30,9	23,89	16,62	50,59

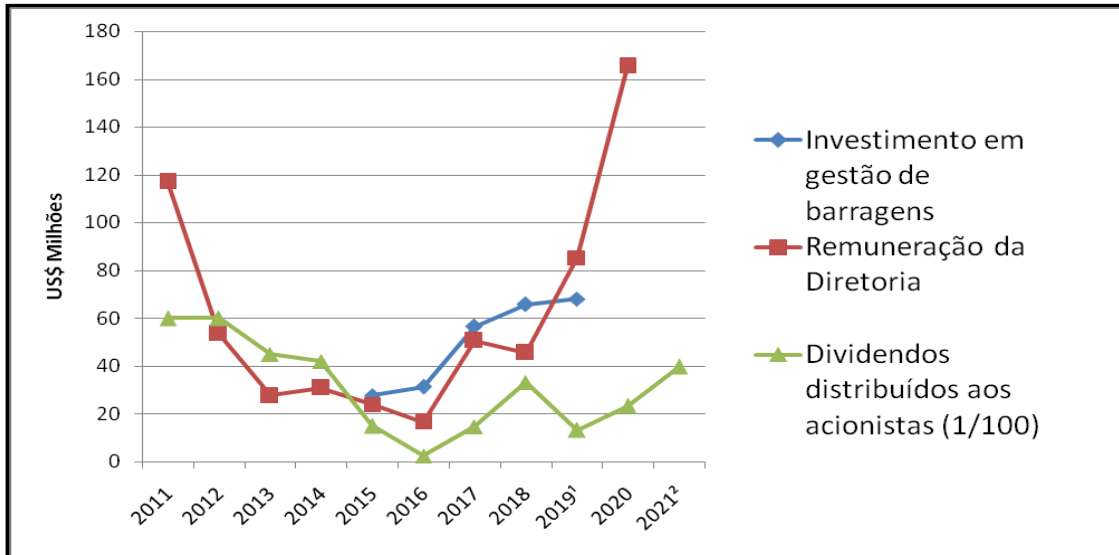
Fonte: Vale, 2011-2017.

Tabela 3: Valor de dividendos e juros sobre capital próprio distribuído pela Vale aos acionistas e valor médio da tonelada de minério de ferro (2011-2021).

Ano	Valor tonelada minério de ferro ¹ (US\$)	Valor distribuído (US\$ Bilhões)
2011	106,23 ²	6,000
2012	125,51 ²	6,000
2013	144,87	4,500
2014	120,76	4,200
2015	96,10	1,500
2016	70,20	0,250
2017	61,70	1,456
2018	66,40	3,312
2019	78,10	1,320
2020	90,60	2,329
2021	---	13,50

Fonte: Vale, 2011-2021. Nota: 1 - Média Platts IODEX (62% Fe CFR China); 2 – Média histórica dos preços dos últimos 3 anos para o produto *pellet feed* SUDESTE.

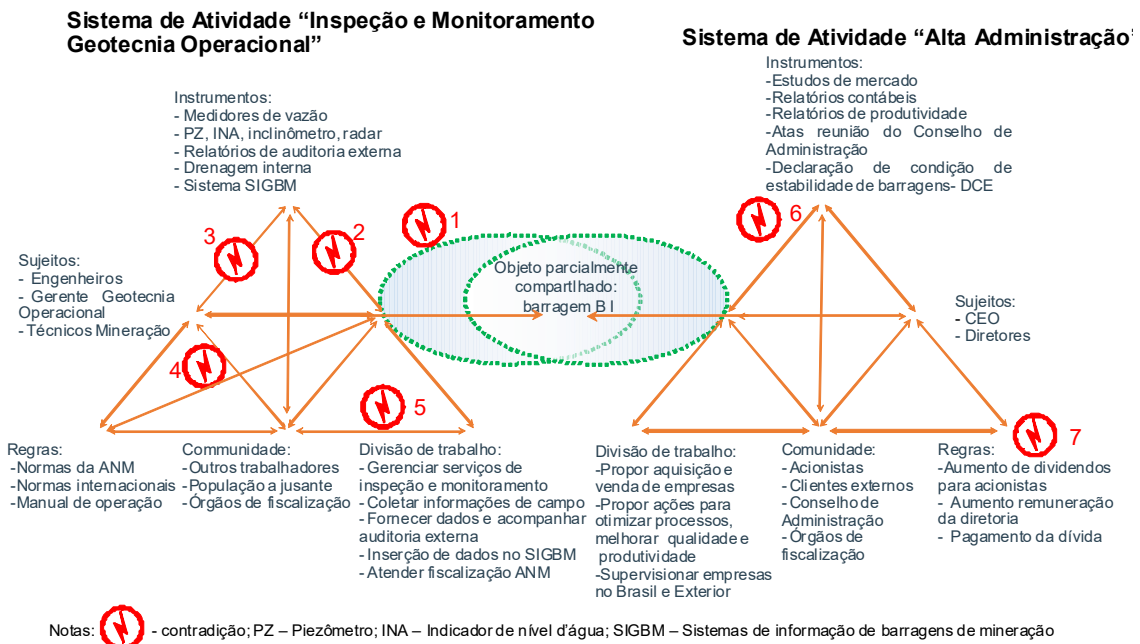
Figura 1: Investimento em gestão de barragens, remuneração da diretoria e dividendos distribuídos aos acionistas da Vale (2011-2021).



Fonte: Vale, 2011-2021, 2019g.

Nota: 1 - Valor orçado para 2019. 2 - Valor distribuído até 15 de março de 2021

Figura 2 - Sistemas de atividades na Vale com objeto parcialmente compartilhado.



**APÊNDICE II – ARTIGO CIENTÍFICO ACEITO PARA PUBLICAÇÃO
NA REVISTA BRASILEIRA DE POLÍTICAS PÚBLICAS**

Omissão do Estado brasileiro e o rompimento de barragens de mineração*

Brazilian State's omission in the mining dam break

Marcos Ribeiro Botelho¹⁸⁶
Rodolfo Andrade de Gouveia Vilela¹⁸⁷

Resumo

O objetivo deste artigo é analisar a efetividade da implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) em relação aos empreendimentos minerários e se o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), posteriormente Agência Nacional de Mineração (ANM), foi dotado de recursos materiais e humanos para assumir a fiscalização das barragens de rejeitos. Para tal, apresentamos os objetivos da PNSB e um resumo dos acidentes ocorridos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019). Apontamos o número crescente de

*Recebido em: 15/03/2022.

Aprovado em: 19/08/2022.

¹⁸⁶Possuo graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (1993), pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pela FUMEC (1998) e Ergonomia pela UFMG (2007), e mestrado em "Trabalho, Saúde e Ambiente" pela Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (2014). Sou Professor da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais no curso de pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho e no curso de Higiene Ocupacional e Perícias desde 2015. Sou Auditor-Fiscal do Trabalho - Superintendência Regional do Trabalho em MG desde 2007. Venho atuando na auditoria de barragens de mineração desde 2015, tendo participado da análise de acidente de trabalho quando do rompimento das barragens de contenção de rejeitos em Mariana (2015) e em Brumadinho (2019). Curso o Doutorado na Faculdade de Saúde Pública da USP (2021), abordando em minha pesquisa o tema "acidentes em barragens de mineração".*E-mail*:marcosrbotelho@uol.com.br.

¹⁸⁷Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1977), especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela FAAP/SP, Especialista em Ergonomia pela UNIMEP convênio com a UFMG (2006); mestre em Saúde Coletiva pela Universidade Estadual de Campinas (1998) e doutor em Saúde Coletiva pela Universidade Estadual de Campinas (2002). Pós-Doutorado concluído em 2013 na Helsinki University, Center for Research on Activity Development and Learning - CRADLE supervisor: Prof. Yrjö Engeström: title of Pós Doctoral Stage: Formative intervention to analyse and prevention work accident. É pesquisador sênior com atividades de pesquisa e extensão bem como orientação de Pós-Graduação e supervisor de Pós-Doutorado junto à Faculdade de Saúde Pública da USP/SP capital - Departamento de Saúde Ambiental. Atua na área de Ergonomia, Segurança e Saúde do Trabalhador. Tem experiência em pesquisa, ensino e políticas públicas na área de saúde do trabalhador, análise e prevenção de acidentes, outros riscos relacionados ao trabalho e riscos tecnológicos. Desenvolve pesquisa com a metodologia do Laboratório de Mudanças apoiado em abordagem da teoria da atividade histórico cultural. Possui bolsa de produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e extensão inovadora CNPQ.*E-mail*:ravilela@usp.br.

barragens a serem fiscalizadas na mineração desde 2010. Em seguida, verificamos a gestão financeira da autarquia, quais valores efetivamente foram liberados pelo governo federal. Posteriormente, descrevemos a carência de pessoal, as dificuldades enfrentadas pelos servidores públicos e a falta de capacitação adequada no âmbito do DNPM/ANM. Tais questões foram discutidas com a contribuição de cinco publicações científicas, apontando a dificuldade do Estado brasileiro na implementação de políticas públicas. Concluimos que foi omissivo o Estado brasileiro, pois não dotou o DNPM/ANM de recursos materiais e humanos suficientes para que a PNSB fosse implementada, adequadamente, na mineração, o que poderia ter reduzido a probabilidade da ocorrência dos acidentes em Mariana e Brumadinho. A originalidade do artigo apresenta-se por meio da ainda pouco explorada conexão entre as fragilidades da autarquia fiscalizadora e o rompimento de barragens.

Palavras-chave: barragens de rejeitos; mineração; políticas públicas; acidente de trabalho; acidente ambiental.

Abstract

The aim of this paper is to analyze the effectiveness of the implementation of the National Dam Safety Policy (PNSB) within mining projects and if the National Department of Mineral Production (DNPM), later the National Mining Agency (ANM), was endowed with material and human resources to take over the inspection of the tailings dam. In short, checking whether there was Brazilian State's omission regarding the safety of these structures. For this purpose, we present the objectives of the PNSB and a summary of the accidents that occurred in Mariana (2015) and Brumadinho (2019). We point out the growing number of dams to be inspected in mining since 2010. Then, we verified the financial management of the autarchy, which amounts were effectively released by the federal government. After that, we describe the shortage of personnel, the difficulties faced by public servants and the lack of adequate training within the scope of the DNPM/ANM. These issues were discussed with the contribution of five scientific publications, pointing out the difficulty of the Brazilian State in implementing public policies. We concluded that the DNPM/ANM has not been endowed with sufficient material and human resources for the PNSB to be properly implemented in mining, which could have reduced the probability of accidents occurring in Mariana and Brumadinho. The originality of this paper is presented through the still little explored connection between the weaknesses of the inspection autarchy and dam break.

Keywords: tailings dam; mining; public policies; occupational accidents; environmental accidents.

1 Introdução

Inúmeros acidentes com barragens de contenção de rejeitos em empresas de mineração têm ocorrido. No mundo, foram 145 acidentes com barragens de rejeitos de 1960 a janeiro de 2022, sendo 12 no Brasil e oito no estado de Minas Gerais^{188,189}. Também ocorreram, e ainda ocorrem, acidentes com barragens que represam água e rejeitos da indústria, o que ensejou a propositura do Projeto de Lei n.º 1.183/2003¹⁹⁰.

¹⁸⁸WISE URANIUM PROJECT. *Chronology of major tailings dam failures from 1960*. 2020. Disponível em: <https://www.wise-uranium.org/mdaf.html>. Acesso em: 25 jan. 2021.

¹⁸⁹FARIA, Mário Parreiras de; BOTELHO, Marcos Ribeiro. O rompimento da barragem do Fundão em Mariana, Minas Gerais, Brasil: a incubação de um acidente organizacional. *Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional*, v. 5, p. 73-85, 2018. Disponível em: <https://www.rpso.pt/rompimento-da-barragem-fundao-mariana-minas-gerais-brasil-incubacao-um-acidente-organizacional>. Acesso em: 10 ago. 2021.

¹⁹⁰BRASIL. Câmara dos Deputados. *Projeto de Lei n.º 1.183/2003*. Deputado Leonardo Monteiro. Estabelece diretrizes para verificação da segurança de barragens de cursos de água para quaisquer fins e para aterros de contenção de resíduos líquidos industriais. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=node0jso08jyan2gdtxpx0lud70oz33458468.node0?codteor=137545&filename=PL+1181/2003. Acesso em: 04 fev. 2022.

Diante disso, em 20 de setembro de 2010, foi publicada a Lei Federal n.º 12.334¹⁹¹, que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). A implementação da PNSB, nos estabelecimentos minerários, coube ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Desde o primeiro relatório de segurança de barragens (RSB), produzido pela Agência Nacional de Águas (ANA) em 2011¹⁹², as barragens declaradas em mineradoras passaram de 264 para 871 em 2020¹⁹³.

Após cinco anos da PNSB, ocorreu o rompimento da barragem do Fundão em Mariana/MG, o maior acidente ambiental do Brasil. Seria natural pensar que, a partir de 2015, a PNSB ganhasse força e pudesse de fato ser implementada, diminuindo a probabilidade da ocorrência de grandes acidentes com barragens no Brasil. Mas, em 2019, rompeu a barragem B I em Brumadinho, o maior acidente de trabalho brasileiro. Mas será que o DNPM, posteriormente transformado em ANM em 2018, foi preparado para assumir o encargo que lhe foi atribuído a partir de 2010? Houve investimentos na autarquia para que esta pudesse assumir a missão de fiscalizar as barragens e evitar acidentes?

Santos e Wanderley citam, ainda em 2016¹⁹⁴, que os órgãos de fiscalização estadual (em Minas Gerais) e federal possuem pouco contingente de pessoal, carecem de estrutura e condições financeiras para fiscalizar as centenas de barragens existentes espalhadas de maneira difusa no Brasil e em Minas Gerais.

O objetivo deste artigo é responder às perguntas propostas e auxiliar a efetiva implementação da PNSB no Brasil. Mostramos que houve omissão do Estado brasileiro ao não dotar o órgão de fiscalização federal de recursos materiais e humanos para a realização das tarefas que lhe cabia.

2 Materiais e métodos

Trata-se de pesquisa qualitativa a partir de dados secundários disponíveis em documentos e textos publicados entre 2011 e 2021.

Iniciamos a pesquisa analisando a lei da PNSB e as normas do DNPM, atual ANM, sobre segurança de barragens, assim como os relatórios de gestão da ANA e do DNPM/ANM para verificar

¹⁹¹BRASIL. *Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm. Acesso em: 05 ago. 2021.

¹⁹²AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Relatório de segurança de barragens 2011*. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <https://www.snisd.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/anteriores/2011/rsb-2011>. Acesso em: 05 ago. 2021.

¹⁹³AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Edital n.º 1 – ANM, de 26 de janeiro de 2021*. Processo seletivo simplificado. Brasília: ANM, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/edital-n-1-anm-de-26-de-janeiro-de-2021-300910694>. Acesso em: 05 ago. 2021.

¹⁹⁴SANTOS, Rodrigo Salles Pereira dos; WANDERLEY, Luiz Jardim. Dependência de barragem, alternativas tecnológicas e a inação do Estado: repercussões sobre o monitoramento de barragens e o licenciamento do Fundão. *A Questão Mineral*, v. 2, out. 2016.

o número crescente de barragens na mineração ao longo dos anos, documentos disponíveis nas páginas eletrônicas dos órgãos.

Na próxima etapa, verificamos a gestão financeira do DNPM/ANM, quais recursos foram efetivamente liberados pelo Governo Federal. Para isso consultamos relatórios de gestão da autarquia e relatórios de auditoria do TCU em suas respectivas páginas eletrônicas. Realizamos uma consulta eletrônica ao TCU sobre os valores em reais orçados, empenhados e executados para o DNPM entre 2009 e 2014, já que, no relatório de auditoria operacional, processo TC 032.034/2015-6, página 41, apenas havia um gráfico de barras.

A seguir apresentamos os pleitos de gestores e servidores do DNPM/ANM aos seus superiores para que a autarquia fosse reestruturada em razão de sua carência de pessoal e do aumento constante de serviços após a implementação da PNSB. Relatórios de auditoria do TCU, ofícios e estudos de gestores do DNPM/ANM foram utilizados. Para tal consultamos o conteúdo do documento n.º 1516815, com 1563 páginas, constante do processo eletrônico n.º 00475.005284/2019-62, Serviço Eletrônico de Informação (SEI) da ANM.

Por fim, mostramos a manifestação dos servidores públicos do DNPM/ANM sobre as dificuldades enfrentadas para cumprirem suas tarefas, dentre elas a falta de capacitação e o número reduzido de pessoal, desde 2015. O acesso ao conteúdo dos processos administrativos n.º 48403.933863/2015-43 e 48403.932430/2016-51, que contém a manifestação de servidores do DNPM/MG, foi possível após a autorização do Gerente Regional da ANM/MG, Despacho n.º 141476, de 14/10/2021. Faremos a análise do conteúdo dessas manifestações para dar-lhes sentido, compreendendo o contexto na qual elas estão inseridas.

Nas discussões, foram trazidas as contribuições de cinco publicações científicas sobre a dificuldade do Estado brasileiro na implementação de políticas públicas que pudessem trazer segurança às populações afetadas pelas barragens. Discutiui-se também sobre a expressiva queda de servidores públicos no Brasil, sobre a não realização de concurso público para o DNPM/ANM e as medidas que vêm sendo adotadas pela agência para fazer frente à falta de pessoal e à insuficiente capacitação de seus agentes de fiscalização.

Haverá, sempre que possível, a triangulação de dados, pois o uso de múltiplas fontes de evidência permite que o pesquisador aborde uma variação maior de aspectos históricos e comportamentais¹⁹⁵.

Este artigo não foi submetido à apreciação de conselho de ética em pesquisa em razão de apresentar apenas dados secundários.

¹⁹⁵YIN, Robert K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

3 A "Política Nacional de Segurança de Barragens" e os acidentes

Em 20 de setembro de 2010, foi publicada a Lei Federal n.º 12.334 que estabeleceu a PNSB. Entre outros objetivos, a lei visava à observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas consequências, e fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos. A implementação da PNSB coube a diferentes órgãos federais de acordo com o tipo de barragem: usos múltiplos da água; geração de energia hidrelétrica; contenção de rejeitos de mineração e contenção de resíduos industriais¹⁹⁶. A fiscalização das barragens de contenção de rejeitos de mineração coube ao DNPM, uma autarquia federal.

Essa lei estabeleceu alguns critérios para que uma barragem fosse enquadrada na PNSB, dentre eles a categoria de Dano Potencial Associado (DPA), médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

Quase dois anos depois, em 03 de setembro de 2012, o DNPM publicou a Portaria n.º 416 que regulamentou o cadastro das barragens de mineração¹⁹⁷. Em 2013, a ANA, que ficou com a incumbência de coordenar anualmente a elaboração do relatório de segurança de barragens (RSB) no Brasil, publicou a primeira edição do documento referente a 2011¹⁹⁸. Nesse relatório, de acordo com informações do DNPM, 264 barragens foram declaradas pelos empreendedores da mineração no sistema informatizado RAL (Relatório Anual de Lavra) entre 2010 e 2011. Mas poucas barragens tinham recebido classificação quanto ao DPA, não sendo possível verificar quantas se enquadravam dentro da PNSB.

No RSB de 2014, já estavam cadastradas 663 barragens de contenção de rejeitos da mineração segundo o DNPM, sendo 108 de DPA médio e 185 de DPA alto, isto é, 293 barragens sujeitas à PNSB¹⁹⁹. No início de 2020, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM), desenvolvido pela ANM, contava com 803 barragens de mineração cadastradas, das quais 425 (53%) estavam inseridas na PNSB. Já ao final do ano, o sistema já apresentava 871, das

¹⁹⁶BRASIL. *Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm. Acesso em: 05 ago. 2021.

¹⁹⁷BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Portaria N.º 416, de 03 de setembro de 2012*. Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7230. Acesso em: 05 ago. 2021.

¹⁹⁸AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Relatório de segurança de barragens 2011*. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/anteriores/2011/rsb-2011>. Acesso em: 05 ago. 2021.

¹⁹⁹AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Relatório de segurança de barragens 2014*. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/anteriores/2014/rsb-2014>. Acesso em: 05 ago. 2021.

quais 435(50%) inclusas na PNSB²⁰⁰. Destas, 47 estavam em estado de emergência, e 42 estruturas situavam-se no estado de Minas Gerais²⁰¹.

Do surgimento da PNSB até 2019, outros três acidentes com barragens de mineração no Brasil ocorreram em Minas Gerais. O primeiro foi o rompimento da Barragem da Mineração Herculano, em Itabirito, em 2014, com três mortos. Em seguida, ocorreu a ruptura da Barragem de Rejeitos do Fundão (BRF), operada pela empresa Samarco Mineração S.A., controlada pela Vale S.A. (Vale) e pela anglo-australiana BHP Billiton, em 05 de novembro de 2020, em Mariana. Esse foi o maior acidente ambiental do Brasil, afetando 600 Km de cursos de água e levando à perda de 19 vidas²⁰², sendo 14 trabalhadores. Em 25 de janeiro de 2019, rompeu-se a barragem B I, em Brumadinho, operada pela Vale, o maior acidente de trabalho do país, com 270 mortos, dos quais 258 eram trabalhadores, além de outros 64 lesionados²⁰³.

4 Gestão financeira do DNPM/ANM

Em 2015, a lei orçamentária brasileira previu valor de R\$ 10 milhões para o DNPM a título de "Fiscalização das Atividades Minerárias", mas somente foram pagas despesas no valor de R\$ 1,82 milhões²⁰⁴. Em 2016, a previsão era de R\$ 4,8 milhões para execução das atividades de "Outorga e de Fiscalização Minerária", mas foram gastos R\$ 3,965 milhões²⁰⁵. Já em 2017, foram destinados mais de R\$ 6 milhões para essa atividade, contudo só R\$ 4,109 milhões foram liquidados²⁰⁶. Mesmo após o

²⁰⁰AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Edital n.º 1 – ANM, de 26 de janeiro de 2021*. Processo seletivo simplificado. Brasília: ANM, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/edital-n-1-anm-de-26-de-janeiro-de-2021-300910694>. Acesso em: 05 ago. 2021.

²⁰¹AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Relatório de gestão da ANM 2020*. Brasília: ANM, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/relatorio-gestao/relatorio-gestao-exercicio-2020.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021.

²⁰²BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência Social. Superintendência Regional do Trabalho e Emprego em Minas Gerais. *Relatório de análise de acidente: rompimento da Barragem de Rejeitos Fundão em Mariana – MG*. Belo Horizonte, 2016. Disponível em: https://ftp.medicina.ufmg.br/osat/relatorios/2016/SAMARCOMINERACAORELATORIOROMPIMENTOBARRAGEM20160502_09_05_2016.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.

²⁰³BRASIL. Ministério da Economia. Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais. *Relatório de análise de acidente: rompimento da Barragem de Rejeitos I, em Brumadinho – MG*. Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <http://bit.ly/2L6gB3A>. Acesso em: 26 fev. 2021.

²⁰⁴BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineração. *Relatório de gestão do exercício 2015*. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/relatorio-gestao/relatorio-de-gestao-exercicio-2015>. Acesso em: 05 ago. 2021.

²⁰⁵BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineração. *Relatório de gestão do exercício 2016*. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/relatorio-gestao/relatorio-de-gestao-exercicio-2016>. Acesso em: 05 ago. 2021.

²⁰⁶BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineração. *Relatório de gestão do exercício 2017*. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/relatorio-gestao/relatorio-de-gestao-exercicio-2017>. Acesso em: 05 ago. 2021.

rompimento da BRF, não se conseguiu executar todo o planejamento financeiro nos anos subsequentes.

Em 2018, mudou a maneira de apresentação dos resultados no relatório de gestão da ANM, não sendo possível verificar valores destinados, exclusivamente, à fiscalização minerária²⁰⁷. Contudo, verificou-se que os valores destinados para toda ANM, referentes ao pagamento de pessoal e de encargos sociais (89,08%), de custeio (9,02%) e de investimentos (1%), atingiu pouco mais de R\$ 361,8 milhões, contra R\$ 318,8 milhões em 2017, aumento de 13,48%.

Segundo Cardoso²⁰⁸, foram gastos R\$ 7,7 milhões para toda a ação orçamentária intitulada “Outorga, Fiscalização e Regulação da Pesquisa e Produção Mineral” em 2018. A respeito dessa ação, foram registrados gastos de R\$ 4,9 milhões para “fiscalização mineral em áreas tituladas”, o que incluiu a fiscalização das barragens. O orçamento da Superintendência da ANM, em Minas Gerais, seguiu a mesma dinâmica de irrelevância e desmonte do órgão. O valor autorizado em 2018 foi de R\$ 285 mil e o valor pago de R\$ 268 mil, valores muito abaixo dos observados entre 2016 e 2017.

As dificuldades financeiras do DNPM já haviam sido apontadas em relatório de auditoria operacional, realizada pelo Tribunal de Contas da União (TCU), processo TC 032.034/2015-6²⁰⁹. O TCU esclarece que as despesas relativas às ações de fiscalização incluem, além das relativas à segurança de barragens de rejeitos, todas as demais, como as que ocorrem em minas subterrâneas e da Contribuição Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). Os valores orçados e utilizados para as ações de fiscalização, entre 2009 e 2015, em regra, não apresentaram variação relevante conforme Gráfico 1.

Concluiu o TCU²¹⁰ sobre a gestão orçamentária e financeira do DNPM:

em suma, verificou-se que a gestão orçamentária e financeira do DNPM possui limitações que prejudicam sua atuação finalística e comprometem seu desempenho enquanto órgão regular e fiscalizador da atividade minerária no Brasil. Tais limitações referem-se, sobretudo, ao orçamento decrescente das despesas discricionárias, ao descompasso temporal dos repasses financeiros, que impactam o desempenho das atividades de fiscalização, incluindo a da segurança de barragens de rejeitos de mineração [...]

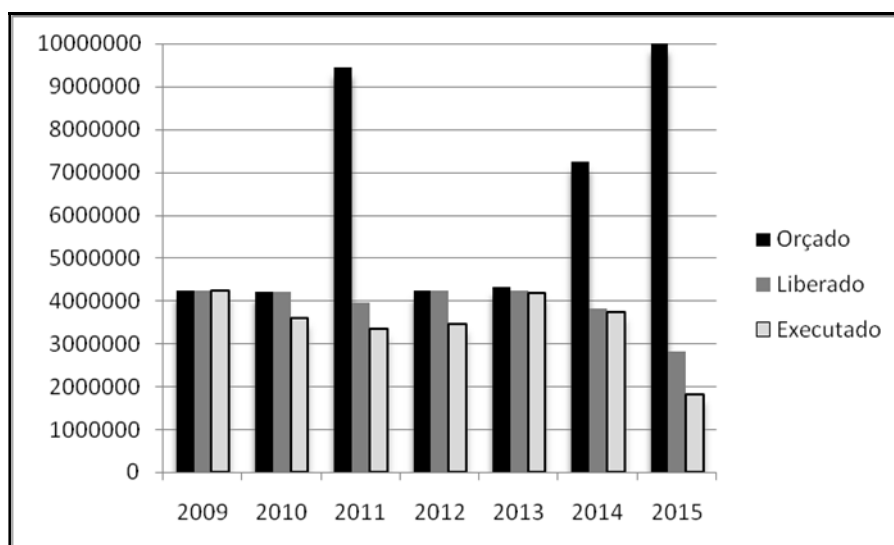
²⁰⁷AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Relatório de gestão da ANM 2018*. Brasília: ANM, 2019.

Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/relatorio-gestao/relatorio-gestao-exercicio-2020.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021.

²⁰⁸CARDOSO, Alessandra. A escassez de verba de fiscalização também explica Brumadinho. *Nexo Jornal*, 2019. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/ensaio/2019/A-escassez-de-verba-de-fiscalizacao-tambem-explica-Brumadinho>. Acesso em: 10 ago. 2021.

²⁰⁹BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Relatório de auditoria operacional, processo TC 032.034/2015-6*. Brasília, 2016. Disponível em: <https://tcu.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/823947040/relatorio-de-auditoria-ra-ra-3203420156/relatorio-823947086>. Acesso em: 10 ago. 2021.

²¹⁰AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Relatório de gestão da ANM 2018*. Brasília: ANM, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/relatorio-gestao/relatorio-gestao-exercicio-2020.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021.

Gráfico 1 –Valores orçados e utilizados para as ações de fiscalização no DNPM em reais (2009-2015)

Fonte: Adaptada de Tribunal de Contas da União²¹¹.

Notas: 1) Orçado: valor aprovado na lei orçamentária e créditos adicionais; 2) liberado: limite de empenho concedido, apto a ser executado; 3) executado: valor efetivamente pago.

5 A carência de pessoal

Em 09/12/2011, a Divisão de Fiscalização de Atividade Minerária do DNPM/MG apresentou estudo sobre o necessário quadro de servidores públicos da unidade para atender a demanda de serviços. Seria necessário, àquela época, um quadro de 167 técnicos de nível superior (Geólogos, Engenheiros) e 32 técnicos de nível médio. Contudo, estavam lotados, na divisão de fiscalização, apenas 26 técnicos, e 3 exerciam funções de chefia²¹². Este estudo foi enviado ao Superintendente do DNPM/MG e para o TCU.

Em 21/03/2014, o Superintendente do DNPM/MG enviou ofício para o Secretário de Geologia, Mineração e Transformação de Energia, pedindo a este e ao Ministro das Minas e Energia que reconhecessem a gravidade da situação da Superintendência/MG e que o ajudassem a implementar alternativas emergenciais de apoio na unidade²¹³.

²¹¹BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Relatório de auditoria operacional, processo TC 032.034/2015-6*. Brasília, 2016. Disponível em: <https://tcu.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/823947040/relatorio-de-auditoria-ra-ra-3203420156/relatorio-823947086>. Acesso em: 10 ago. 2021.

²¹²AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Serviço Eletrônico de informação. *Documento n.º 1516815, Processo n.º 00475.005284/2019-62*. Disponível em: https://sei.anm.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?9LibX MqGnN7gSpLFOOgUQFziRouBJ5VnVL5b7-UrE5QawsvcPshlhywlycQljb8YDW8t_ncryZuxwXnZ-sIFa9JX4HaeA2Ebzi-8pBqcmJnJyR8IhEysxsaVn3Jzdpj. Acesso em: 24 ago. 2021. p. 1768.

²¹³BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Relatório de auditoria operacional, processo TC 032.034/2015-6*. Brasília, 2016. Disponível em: <https://tcu.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/823947040/relatorio-de-auditoria-ra-ra-3203420156/relatorio-823947086>. Acesso em: 10 ago. 2021.

O Diretor-Geral do DNPM encaminhou ao Ministro das Minas e Energia, em 20/05/2014, pedido para realização de concurso público²¹⁴. À época, o pedido de concurso contemplava os seguintes cargos: 472 Especialistas em Recursos Minerais (472), Técnicos em Atividade Minerária (173), Analistas Administrativos (110) e Técnicos Administrativos (120), total de 875²¹⁵. O pleiteado concurso público nunca foi realizado.

Após o rompimento da BRF, em novembro de 2015, o DNPM firmou contrato emergencial com assessoria técnica especializada para auxiliar a fiscalização de barragens por todo o Brasil, principalmente em Minas Gerais. Um dos objetivos da contratação era verificar os parâmetros informados pelos empreendedores para o cadastramento e a classificação de todas as barragens de rejeitos de mineração²¹⁶. Segundo o TCU, a contratação dessa empresa demonstrou que o DNPM não tinha capacidade técnica para verificar as informações declaradas pelos empreendedores e analisar se, razoavelmente, eram corretas as classificações de riscos das barragens sob sua responsabilidade.

O TCU, ainda, constatou que os documentos recebidos periodicamente pelo DNPM, tais como a Declaração de Condição de Estabilidade (DCE), o Extrato de inspeção de segurança regular (EIR) e o resumo executivo da Revisão Periódica de Segurança da Barragem (RPSB) não eram analisados, rotineiramente, pelos técnicos do órgão, ainda que para fins de verificar o estrito cumprimento de obrigação legal²¹⁷.

Após a publicação da PNSB em 2010, a demanda de trabalho da área de fiscalização cresceu muito em relação à segurança das barragens. Foram implementados o cadastro nacional das barragens, a classificação de cada estrutura conforme critérios de risco, a regulamentação por meio de portarias, o aumento das fiscalizações *in loco*, a capacitação daqueles que fiscalizavam as barragens, além da necessidade de verificação de inúmeros documentos que foram criados pela Lei n.º 12.334/2010.

Em relatório intitulado "Ações executadas, situação atual e perspectivas futuras na Gerência de Segurança de Barragens de Mineração (GSBM), elaborado em 2019, o Sr. Luiz Paniago Neves, Gerente do GSBM, expôs que, para fiscalizar as 769 barragens de mineração no Brasil, com apenas

²¹⁴AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Relatório de gestão da ANM 2018*. Brasília: ANM, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/relatorio-gestao/relatorio-gestao-exercicio-2020.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021. p. 602.

²¹⁵AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Relatório de gestão da ANM 2018*. Brasília: ANM, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/relatorio-gestao/relatorio-gestao-exercicio-2020.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021. p. 636.

²¹⁶AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Serviço Eletrônico de informação. *Documento n.º 1516815, Processo n.º 00475.005284/2019-62*. Disponível em: https://sei.anm.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?9LibX MqGnN7gSpLFOOgUQFziRouBJ5VnVL5b7-UrE5QawsvcPshlhywlyCQljb8YDW8t_ncryZuxwXnZ-sIFa9JX4HaeA2Ebzi-8pBqcmJnJyR8IhEysxsaIvn3Jzdpj. Acesso em: 24 ago. 2021. p. 1812.

²¹⁷AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Relatório de gestão da ANM 2018*. Brasília: ANM, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/relatorio-gestao/relatorio-gestao-exercicio-2020.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021. p. 1813.

nove servidores qualificados para a tarefa, seriam necessários 5 anos e 2 meses, conforme Quadro 1²¹⁸.

Quadro 1—Cálculo para vistoria de 769 barragens de mineração com nove servidores da Agência Nacional da Mineração

Barragens de mineração (inclusas PNSB ou não)	769
Servidores	9
Dias de vistoria por barragem	2
Dias para elaboração do relatório	3
Barragens por servidor	85
Dias de logística (deslocamentos)	2
Servidores por vistoria	2
Tempo para vistoriar todas as barragens	5 anos e 2 meses

Fonte: Adaptada de Agência Nacional de Mineração²¹⁹.

Nota: Memória de cálculo: 4,5 duplas vistoriam 3 barragens de mineração (BM), por 7 dias; 13,5 BM x 11 meses/ano = 148,5 barragens por ano.

Em 22/01/2020, a ANM noticiou, em sua página eletrônica:

no dia do rompimento, a ANM contava com oito técnicos para fiscalizar 816 barragens de mineração. Ao longo do ano, servidores foram sendo treinados e atualmente 13 técnicos estão em dedicação exclusiva, o que permitiu que 274 barragens fossem vistoriadas ao longo de 2019 [...] ²²⁰.

Nessa data, também declarou Paniago, Gerente do GSBM: "para se poder alcançar os números de vistorias que a sociedade necessita, precisamos de mais servidores e reestruturação do setor" ²²¹.

6 Dificuldades enfrentadas pelos servidores

Logo após o rompimento da BRF, os servidores do DNPM, Superintendência de São Paulo, divulgaram carta aberta à população destacando a falta de servidores:

não bastasse a deficiência qualitativa que vem sendo fermentada, devido à falta de investimento em capacitação e treinamento, o quadro de servidores apresenta grande deficiência quantitativa, como o

²¹⁸BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Relatório de auditoria operacional, processo TC 032.034/2015-6*. Brasília, 2016. Disponível em: <https://tcu.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/823947040/relatorio-de-auditoria-ra-ra-3203420156/relatorio-823947086>. Acesso em: 10 ago. 2021.

²¹⁹AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Serviço Eletrônico de informação. *Documento n.º 1516815, Processo n.º 00475.005284/2019-62*. Disponível em: https://sei.anm.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?9LibX MqGnN7gSpLFOOgUQFziRouBJ5VnVL5b7-UrE5QawsvCpshIhywIYcQlBj8YDW8t_ncryZuxwXnZ-sIFA9JX4HaeA2EbZl-8pBqcmJnjyR8IhEysxsaVn3Jzdpj. Acesso em: 24 ago. 2021. p. 1812.

²²⁰AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Relatório anual de segurança de barragens de mineração 2019*. Brasília: ANM, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/relatorios-anuais-de-seguranca-da-barragens-de-mineracao-1/relatorio-anual-gsbm-2019-v-final>. Acesso em: 05 ago. 2021.

²²¹AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Serviço Eletrônico de informação. *Documento n.º 1516815, Processo n.º 00475.005284/2019-62*. Disponível em: https://sei.anm.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?9LibX MqGnN7gSpLFOOgUQFziRouBJ5VnVL5b7-UrE5QawsvCpshIhywIYcQlBj8YDW8t_ncryZuxwXnZ-sIFA9JX4HaeA2EbZl-8pBqcmJnjyR8IhEysxsaVn3Jzdpj. Acesso em: 24 ago. 2021.

escape de pessoas, desde os recém-ingressados, até os aposentados, com uma taxa de evasão de 21%, contra os 7% médios da Administração Pública. Esse fato, somado a não realização de concursos públicos (dois únicos realizados em 2006 e 2010), torna a situação bastante calamitosa e sobre-humana. Segundo apontamentos, para exercer suas atividades, o órgão deveria preencher aproximadamente 800 cargos vagos. No entanto, o que se espera para o futuro é, ao contrário, a aposentadoria de 40% dos já insuficientes servidores²²².

A carta aberta cujo original não tivemos acesso ainda, chamou atenção para a redução orçamentária, que teve seu ápice no período 2014/2015:

em 2015 foram repassados apenas 13,2% do previsto na Lei Orçamentária. Isso ocasionou rescisões contratuais com prestadores de serviço, em especial de mão-de-obra terceirizada – limpeza, vigilância, apoio administrativo, gerando enormes problemas operacionais, além de gargalos e sérios atrasos nas análises processuais e no atendimento aos cidadãos. Some-se a isso a falta recursos para pagamento de despesas fixas como água, luz, telefone, combustível e manutenção de viaturas, essenciais à realização da atividade-fim²²³.

Em 21/12/2015, o Superintendente do DNPM/MG enviou ofício ao Diretor Geral do DNPM, processo administrativo n.º 48403.933863/2015-43, informando que o órgão regional possuía, apenas, 2 ou 3 servidores capacitados para vistoriar barragens, que eles estavam no limite de suas forças físicas e submetidos à intensa carga de trabalho. Um deles já estava afastado havia algumas semanas após licença médica. Terminou o Superintendente recomendando a contratação de 20 técnicos para trabalhar, exclusivamente, com as barragens²²⁴.

Já em 2016, os dois únicos servidores do DNPM/MG que executavam a fiscalização de barragens chamaram atenção da Chefia da Divisão de Atividade Minerária, processo administrativo n.º 48403.9324302016-51:

como no DNPM existe muita demanda e poucas condições de atendimento, desde pessoal, de material e de logística, este se tornou um processo de apaga incêndio, principalmente pela falta de modernização da legislação e do órgão. Não se podem culpar gestores ou servidores, sempre fomos muitos cobrados e sempre tentamos atender em nossa capacidade, que de uma forma ou de outra esteve ou está além de nossa capacidade, e a quem do que a sociedade espera²²⁵.

²²²DNPM-SP divulga carta aberta à população. *Revista Inthemine*, 3 dez. 2015. Disponível em: <https://www.inthemine.com.br/site/dnpm-sp-divulga-carta-aberta-a-populacao/>. Acesso em: 24 ago. 2021.

²²³BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Relatório de auditoria operacional, processo TC 032.034/2015-6*. Brasília, 2016. Disponível em: <https://tcu.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/823947040/relatorio-de-auditoria-ra-ra-3203420156/relatorio-823947086>. Acesso em: 10 ago. 2021.

²²⁴BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Superintendência do DNPM em Minas Gerais. Ofício do Superintendente do DNPM/MG ao Diretor Geral do DNPM. *Processo administrativo n.º 48403.933863/2015-43*. Belo Horizonte, 2015.

²²⁵PETIÇÃO de servidores do DNPM/MG ao Chefe da Divisão de Fiscalização de Atividade Minerária. Belo Horizonte, 2016.

Em outro trecho da petição, os dois servidores do DNPM/MG destacaram que não tinham formação sólida em geotecnia e que a dupla tinha capacidade de realizar 5 (cinco) vistorias de barragens de mineração por mês²²⁶.

Em 14/02/2019, os servidores da ANM/MG publicaram manifesto que apontou as dificuldades para o exercício de suas funções²²⁷. Em suma, apontou o manifesto:

- existem apenas 10 camionetes para a fiscalização em Minas Gerais, que abrangem as atividades de pesquisa mineral, as atividades de lavra titulada, a lavra irregular e as barragens de mineração, mas são veículos antigos e em constante manutenção;
- apenas quatro motoristas para Minas Gerais, sendo que dois não são profissionais;
- existem apenas quatro servidores na Divisão de Segurança de Barragens, dois foram realocados em dezembro de 2018 e apenas dois possuem especialização em Engenharia de Barragens;
- não dispõem de equipamento de proteção individual (EPI), de rádio fixo nas camionetes e de máquinas fotográficas;
- de 1988 até 2019, apenas dois concursos públicos ocorreram, mas não repuseram os servidores que se aposentaram ou que requereram exoneração nesse período;
- os cargos de comando na ANM passam pela indicação de políticos e que os escolhidos não têm nenhum histórico na área da mineração;
- que os 9,8% referente ao valor arrecadado da CFEM, que deveriam ser repassados anualmente pelo Ministério das Minas e Energia à ANM, nunca foram repassados em sua íntegra e o valor vem diminuindo a cada ano (Quadro 2).

Quadro 2–Repasso da cota parte da CFEM ao DNPM em R\$ milhões (2009 a 2014)

Ano	CFEM arrecadada	Valor devido ao DNPM	Valor repassado pelo MME ao DNPM
2014	1.711,98	167,77	15,44
2013	2.376,17	232,86	9,84
2012	1.834,95	179,82	6,57
2011	1.560,76	152,95	5,81
2010	1.083,14	106,15	5,35
2009	742,73	72,78	30,33

Fonte: manifesto dos servidores da Agência Nacional de Mineração/MG, 2019, p.2.

Nota: CFEM – Contribuição Financeira pela Exploração de Recursos Minerais; DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral; MME – Ministério de Minas e Energia.

²²⁶AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Serviço Eletrônico de informação. *Documento n.º 1516815, Processo n.º 00475.005284/2019-62*. Disponível em: https://sei.anm.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?9LibX MqGnN7gSpLFOOgUQFziRouBJ5VnVL5b7-UrE5QawsvvcPshlhywlycQljb8YDW8t_ncryZuxwXnZ-slFA9JX4HaeA2EbzI-8pBqcmJnjyR8IhEysxsaVn3Jzdpj. Acesso em: 24 ago. 2021.

²²⁷AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Serviço Eletrônico de informação. *Documento n.º 1516815, Processo n.º 00475.005284/2019-62*. Disponível em: https://sei.anm.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?9LibX MqGnN7gSpLFOOgUQFziRouBJ5VnVL5b7-UrE5QawsvvcPshlhywlycQljb8YDW8t_ncryZuxwXnZ-slFA9JX4HaeA2EbzI-8pBqcmJnjyR8IhEysxsaVn3Jzdpj. Acesso em: 24 ago. 2021.

7 Capacitação insuficiente

Conhecimento técnico é necessário por parte dos servidores da ANM para uma eficaz fiscalização das barragens. Conforme carta dos servidores do DNPM/SP em 2015, petição da equipe de fiscalização de barragens do DNPM/MG em 2016 e o manifesto produzido pelos servidores da ANM/MG em 2019, a capacitação era um problema entre os técnicos da autarquia. Existiam, em janeiro de 2019, quando rompeu a B I em Brumadinho, apenas quatro profissionais na Divisão de Segurança de Barragens, dois haviam sido realocados em dezembro de 2018 e apenas dois possuíam especialização em Engenharia de Barragens²²⁸.

8 Discussão

Os baixos valores liberados anualmente para a gestão financeira do DNPM/ANM, a carência de pessoal, a capacitação insuficiente de servidores que fiscalizavam as barragens e o sucateamento da Superintendência/MG tornaram difícil a implementação da PNSB no Brasil. Sempre que uma nova política pública surge, deve-se dotar o órgão que fiscalizará a sua implementação de condições materiais e humanas necessárias. Essas duas afirmações são consistentes com a manifestação de autores nacionais.

Wanderley, Mansur e Pinto²²⁹ citam parte da obra do Comitê Nacional em Defesa dos Territórios frente à Mineração que trata do desastre causado pelo rompimento da barragem do Córrego do Feijão em Mariana, 2015:

de fato, o desastre da Samarco/Vale/BHP está relacionado à dimensão estrutural da expansão das operações de extração, processamento, logística e disposição de resíduos por corporações mineradoras em todo o mundo, mas que é intensificada no Brasil pela *inação do Estado e seus operadores no exercício de seu papel regulatório sobre o setor. O Estado brasileiro tem sido incapaz de definir uma orientação pública e democrática para a política de acesso aos bens minerais*, legitimando padrões de comportamento corporativo incompatíveis com o respeito aos direitos mineiros, comunidades locais e populações afetadas por suas operações (destaque nosso).

Em outro trecho dessa obra, destacam os autores²³⁰:

²²⁸AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Serviço Eletrônico de informação. *Documento n.º 1516815, Processo n.º 00475.005284/2019-62*. Disponível em:

https://sei.anm.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?9LibX MqGnN7gSpLFOOgUQFziRouBJ5VnVL5b7-UrE5QawsvcpShlhywlycQljb8YDW8t_ncryZuxwXnZ-slFA9JX4HaeA2Ebzi-8pBqcmJnjyR8IhEysxsaVn3Jzdpj. Acesso em: 24 ago. 2021.

²²⁹WANDERLEY, Luiz Jardim; MANSUR, Máira Sertã; PINTO, Raquel Giffoni. Avaliação dos antecedentes econômicos, sociais e institucionais do rompimento da barragem de rejeito da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG). In: MILANEZ, Bruno; LOSEKANN, Cristiana (org.). *Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição*. Rio de Janeiro: Folha Digital: Letra e Imagem, 2016. p. 60.

²³⁰WANDERLEY, Luiz Jardim; MANSUR, Máira Sertã; PINTO, Raquel Giffoni. Avaliação dos antecedentes econômicos, sociais e institucionais do rompimento da barragem de rejeito da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG). In: MILANEZ, Bruno; LOSEKANN, Cristiana (org.). *Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição*. Rio de Janeiro: Folha Digital: Letra e Imagem, 2016.p. 63.

o desastre da Samarco/Vale/BHP ilustra como as práticas corporativas e opções técnicas de mineradoras em operação no Brasil têm sido pouco orientadas pelas agências estatais encarregadas de sua regulação pública, seja por sua inépcia financeira e operacional, seja por sua inação seletiva.

Lacaz, Porto e Pinheiro²³¹ observam que exigências de segurança são supostamente cumpridas, em boa medida autorreguladas, sem fiscalização adequada das instituições públicas responsáveis, sejam do setor ambiental, trabalhista, mineral e da saúde, cuja carência de recursos humanos, técnicos e financeiros é notória. Quando mortes, destruição ambiental, incertezas e avaliações de cenários sombrios futuros tornam-se mais e mais escancaradas, surgem multas elevadas, declarações públicas de que é preciso "rever procedimentos e tecnologias", mudar leis e investir nas instituições reguladoras e fiscalizadoras. Promessas que não são cumpridas ou são esquecidas.

A omissão do Estado brasileiro quanto à fiscalização dos empreendimentos minerários é apontada por Saldanha e Bohrz²³²:

o Estado brasileiro, primeiro, ao conceder facilidades para os políticos que, ou têm empresas ligadas à mineração, ou são financiadas por elas, liderem o processo legislativo sobre matérias que lhes beneficiem e, segundo, ao omitir-se no seu dever de fiscalizar com rigor os empreendimentos que já estão instalados e que representam risco à população, negligencia sua responsabilidade interna e internacional em ser o garantidor maior dos direitos humanos e da proteção ambiental (destaque nosso).

Para Almeida, Jackson Filho e Vilela²³³, a história das grandes catástrofes industriais mostra que o engajamento em compreender o que se passou é a oportunidade para o processo de aprendizagem operacional, não apenas das empresas envolvidas, mas também dos órgãos de controle. Os autores entendem que devem ser analisadas as ações dos agentes do Estado no licenciamento, controle e fiscalização das operações da Mina Córrego do Feijão e qual a margem de ação desses agentes. Havia impedimentos (políticos, técnicos, organizacionais, qualificação) para que os agentes pudessem agir?

²³¹LACAZ, Francisco Antônio de Castro; PORTO, Marcelo Firpo de Souza; PINHEIRO, Tarcísio Márcio Magalhães. Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão/Samarco. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v. 42, e9, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbso/a/5K38Dp8mVGV6jyghLGzPNGG/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.

²³²SALDANHA, Jânia Maria Lopes; BOHRZ, Clara Rossatto. Dupla influência e dupla projeção entre global e local: o caso "Mariana" e a (ir)responsabilidade social das empresas de mineração. *Revista Internacional de Direitos Humanos e Empresas*, v. 2, n. 2, fev./jul. 2018. p. 9.

²³³ALMEIDA, Ildeberto Muniz de; JACKSON FILHO, José Marçal; VILELA, Rodolfo Andrade de Gouveia. Razões para investigar a dimensão organizacional nas origens da catástrofe industrial da Vale em Brumadinho, Minas Gerais, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 35, n. 4, p. 2-4, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/DbC4ZRZMdfHpsDMKyz78Ypk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 ago. 2021.

Destacam Ferri e Balensiefer²³⁴ que medidas preventivas e mitigadoras de risco estão previstas na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, Lei Federal n.º 12.608/2012²³⁵, mas estas vêm sendo literalmente ignoradas pelos órgãos fiscalizadores. Nesse contexto, constitui dever da administração pública, por meio de seus órgãos reguladores e fiscalizatórios, adotar medidas para corrigir omissões e prevenir acidentes. Por força do "Princípio da Intervenção Estatal Obrigatória" na defesa do meio ambiente, é inegável que o poder público está atrelado a um compromisso constante da Constituição Federal de 1988, isto é, garantir um meio ambiente equilibrado e essencial à qualidade de vida²³⁶. Os autores concluem que o poder público se omitiu em relação ao cumprimento do seu dever preventivo e fiscalizatório nos casos de Mariana e Brumadinho²³⁷.

Os autores citados indicam as dificuldades apresentadas pela administração pública federal para implementar políticas públicas. Somente após um grande acidente, são propostas ações de melhoria, inclusive com a mudança de leis. Contudo, essas são esquecidas após um tempo, isto é, não são de fato implementadas. Podemos exemplificar a publicação da Portaria n.º 70.389/2017 do DNPM, que trouxe uma série de novas obrigações para as empresas mineradoras após o rompimento da BRF. Após Brumadinho, foi sancionada a lei n.º 14.066, de 20 de setembro de 2020, que alterou vários itens da lei da PNSB²³⁸.

A nossa pesquisa apontou que, já em 2011, a Superintendência do DNPM/MG manifestou-se juntamente ao Governo Federal sobre a necessidade de mudanças na autarquia e que foi requerida em 2014 a execução de concurso público. A tragédia já era anunciada pelos gestores de nível intermediário do DNPM.

A análise do conteúdo das manifestações dos servidores do DNPM de 2015, 2016 e 2019 traz-nos algumas categorias temáticas: número de servidores em queda, ausência de concurso público, insuficiência de capacitação, menor repasse de verbas, estrutura física precária.

²³⁴FERRI, Giovanni; BALENSIEFER, Patrícia Rangel. A violação ao princípio da prevenção no desastre de Brumadinho/MG e a omissão fiscalizatória nas atividades de mineração no Brasil. *Revista Jurídica do Ministério Público do Estado do Paraná*, Curitiba, ano 6, n. 11, dez. 2019.

²³⁵BRASIL. Lei n.º 12.608, de 10 de abril de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 05 ago. 2021.

²³⁶WANDERLEY, Luiz Jardim; MANSUR, Maíra Sertã; PINTO, Raquel Giffoni. Avaliação dos antecedentes econômicos, sociais e institucionais do rompimento da barragem de rejeito da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG). In: MILANEZ, Bruno; LOSEKANN, Cristiana (org.). *Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição*. Rio de Janeiro: Folha Digital: Letra e Imagem, 2016. p. 35.

²³⁷WANDERLEY, Luiz Jardim; MANSUR, Maíra Sertã; PINTO, Raquel Giffoni. Avaliação dos antecedentes econômicos, sociais e institucionais do rompimento da barragem de rejeito da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG). In: MILANEZ, Bruno; LOSEKANN, Cristiana (org.). *Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição*. Rio de Janeiro: Folha Digital: Letra e Imagem, 2016. p. 36.

²³⁸BRASIL. Lei n.º 14.066, de 20 de setembro de 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.066-de-30-de-setembro-de-2020-280529982>. Acesso em: 05 ago. 2021.

O ofício do Superintendente de MG ao Diretor Geral do DNPM em 2015 expôs a situação doentia ao qual estavam expostos os servidores que fiscalizavam barragens no estado. Em 2016, os dois servidores que realizavam a atividade em Minas Gerais mostraram a pressão à qual estavam submetidos, pois, após o rompimento da BRF, inúmeros órgãos públicos e a sociedade cobravam uma resposta do DNPM. As manifestações dos servidores expressaram a precariedade da autarquia e a urgência de medidas a serem adotadas pelo Estado brasileiro.

Inferimos que havia preocupação dos servidores com o que estava por vir, um clamor desses para que o poder público tomasse ações para devolver à autarquia o seu poder de ação. A nossa interpretação é que havia pouca probabilidade de sucesso da PNSB dentro da mineração com os recursos materiais e humanos dos quais dispunha o DNPM/ANM. O sinal de alerta foi dado mas a resposta não ocorreu por parte dos gestores públicos, o que pode ter contribuído para a ocorrência dos acidentes de Mariana e de Brumadinho.

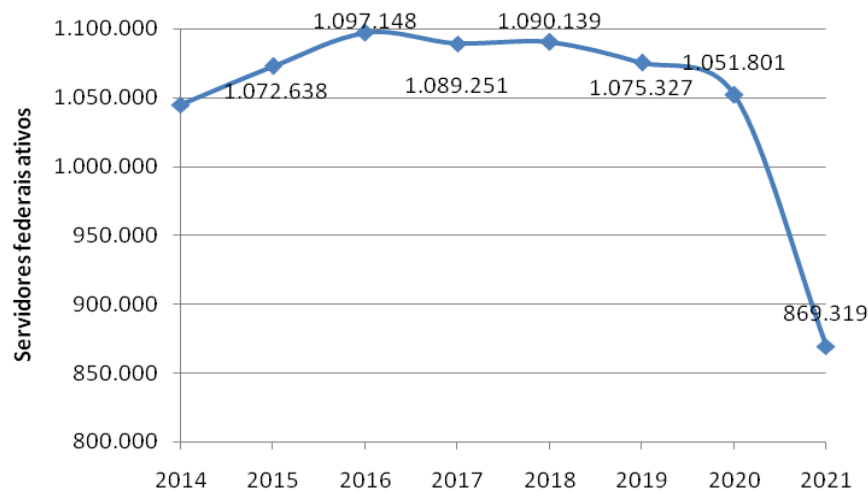
Sabemos que a falta de pessoal em órgãos públicos federais é conhecida e não é exclusiva do DNPM/ANM. O número de servidores federais ativos no Brasil, que vinha caindo desde 2016, despencou em 2021²³⁹, conforme Gráfico 2.

O que mais nos chamou atenção é que, mesmo após o rompimento da BRF em 2015, acidente ambiental com repercussão mundial, o concurso público não ocorreu, sendo apenas contratada empresa para assessorar os fiscais do DNPM à época.

Após o rompimento da B I, foi firmado acordo em outubro de 2019 entre o Ministério Público Federal e o Governo Federal para viabilizar a contratação da empresa Aecom do Brasil Ltda. Essa empresa assessoraria os técnicos da ANM na vistoria de barragens durante 24 meses²⁴⁰, ação semelhante àquela adotada após o acidente de Mariana. Entendemos que a medida é paliativa, traz resultados imediatos, mas não persiste no tempo.

²³⁹BRASIL. Controladoria Geral da União. Portal da Transparência. *Evolução histórica dos servidores ativos e inativos, e pensionistas (por quantidade)*. 2021. Disponível em: <http://www.portaltransparencia.gov.br/servidores>. Acesso em: 24 ago. 2021.

²⁴⁰AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Um ano após desastre de Brumadinho, leis, vistorias e fiscalizações de barragens vêm sendo intensificadas no Brasil*. Brasília: ANM, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/noticias/um-ano-apos-desastre-de-brumadinho-leis-vistorias-e-fiscalizacoes-de-barragens-vem-sendo-intensificadas-no-brasil>. Acesso em: 05 ago. 2021.

Gráfico 2 –Número de servidores federais ativos no Brasil (2014-2021)

Fonte: Portal da Transparência do Governo Federal.

Em 26 janeiro de 2021, processo seletivo simplificado para contratação de 40 profissionais por prazo determinado para atuar na segurança de barragens foi aberto²⁴¹. Em 25 de agosto de 2021²⁴², a ANM informou que começou a convocar os aprovados em tal processo de seleção. Eles exercerão o cargo temporariamente, pelo período inicial de um ano, podendo ter o contrato prorrogado por até cinco anos.

Em 15 de julho de 2021, foi publicada portaria autorizando a realização de concurso público para contratação de 40 "Especialistas em Recursos Minerais" de forma definitiva²⁴³. O edital do concurso público foi publicado em 10 de novembro de 2021 e as provas de seleção ocorrerão em 10 de abril de 2022. Destaca-se que as vagas não são exclusivas para a fiscalização de barragens²⁴⁴. Logo, podemos verificar que o problema relativo ao número de servidores para fiscalizar as barragens começa a ser tratado, mas ainda está longe de ser resolvido.

Pensamos que não adianta apenas a admissão de novos servidores públicos, pois a fiscalização de barragens requer conhecimento técnico especializado. Após uma rápida leitura no livro

²⁴¹AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Edital n.º 1 – ANM, de 26 de janeiro de 2021*. Processo seletivo simplificado. Brasília: ANM, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/edital-n-1-anm-de-26-de-janeiro-de-2021-300910694>. Acesso em: 05 ago. 2021.

²⁴²AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Técnicos em segurança de barragens serão convocados pela ANM nesta quinta-feira (26)*. Brasília: ANM, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/noticias/tecnicos-em-seguranca-de-barragens-serao-convocados-pela-anm-nesta-quinta-feira-26>. Acesso em: 10 ago. 2021.

²⁴³CONCURSO ANM terá vagas em 5 estados. *Folha Dirigida*, 2021. Disponível em: <https://folhadirigida.com.br/concursos/noticias/agencia-nacional-de-producao-mineral/concurso-anm-2021-vagas-por-estado>. Acesso em: 10 ago. 2021.

²⁴⁴AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Edital n.º 1 – ANM, de 9 de dezembro de 2021*. Concurso público para o provimento de vagas no cargo de especialista em recursos minerais. Brasília: ANM, 2021. Disponível em: https://cdn.cebraspe.org.br/concursos/anm_21/arquivos/ED_1_2021_CONCURSO_ANM_ABERTURA.PDF. Acesso em: 07 fev. 2022.

de Cruz²⁴⁵, verificamos quantos conhecimentos são necessários para entender se uma barragem é segura ou não. É importante ter um bom conhecimento sobre geologia, mecânica dos solos, investigações geotécnicas, hidráulica, hidrologia, drenagem, cálculos de estabilidade, métodos construtivos, equipamentos de auscultação, sismicidade e a suscetibilidade ao fenômeno da liquefação, o assunto atual mais discutido entre os Engenheiros de Barragens. São produzidos estudos para verificar se o material utilizado para a construção dos diques de uma barragem alteada a montante e o próprio rejeito armazenado são ou não susceptíveis à liquefação, fenômeno no qual uma massa de solo saturada, geralmente areias fofas ou siltes pouco plásticos, perde grande parte de sua resistência ao cisalhamento, quando sujeito a um carregamento estático ou dinâmico, e flui de maneira semelhante a um fluido.

Propomos investimentos na capacitação continuada dos servidores públicos, iniciando com um curso de "Especialização em Barragens", para que esses possam desempenhar bem as suas tarefas.

Após o desastre de Brumadinho, a ANM realizou algumas capacitações²⁴⁶ que apontam nesse sentido:

a) Capacitação de curta duração – ENAP, em março de 2019, capitaneado pela ANM e ENAP, com o professor Waldyr Lopes da UFOP em Segurança de Barragens, 43 servidores que estavam em processo de vinda pela Portaria nº 193/2018;

b) Curso em instrumentação de barragens – PTI-ITAIPU, no primeiro semestre de 2019, 10 técnicos da ANM, ocorrido nas dependências do Parque Tecnológico de Itaipu (PTI), em Foz do Iguaçu – PR.

c) Especialização em segurança de barragens – UFBA/PTU-ITAIPU, iniciado em 23 de setembro de 2019, com 16 servidores, entre técnicos da própria ANM e técnicos advindos de outros órgãos federais pela Portaria nº 193/2018, carga horária de 420 horas.

Os valores executados pelo DNPM nunca chegaram aos valores constantes dos orçamentos anuais, com exceção de 2009. Era de se esperar que, com a publicação da PNSB em 2010, a autarquia recebesse mais atenção do Governo Federal para implementá-la. Em 2010, o orçamento foi de R\$ 9,45M e apenas R\$ 4,23M foram executados (44,7%). Já em 2015, o valor executado foi de, apenas, 18,21%. Apesar da criação da ANM em 2018, os valores previstos no orçamento continuaram sendo retidos e os investimentos na autarquia nesse ano foram, apenas, de 1% do valor total. Não é possível a implementação de melhorias da atividade de um órgão público que teve, ano após ano, aumento das barragens a serem fiscalizadas e alterações na legislação, mas investimento tão baixo.

A complexidade da fiscalização das barragens e o reduzido número de servidores qualificados da ANM foi bem caracterizada pela fala do Sr. Luiz Paniago Neves, Gerente do GSBM em 2019. A equipe de fiscalização da época demoraria cinco anos e dois meses para fiscalizar todas as

²⁴⁵CRUZ, Paulo Teixeira da. *100 Barragens brasileiras: casos históricos, materiais de construção, projeto*. São Paulo: Oficina de Textos, 1996.

²⁴⁶AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Relatório anual de segurança de barragens de mineração 2019*. Brasília: ANM, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/relatorios-anuais-de-seguranca-da-barragens-de-mineracao-1/relatorio-anual-gsbm-2019-v-final>. Acesso em: 05 ago. 2021.

barragens de mineração no Brasil. Na prática, somente depois desse período, uma barragem voltaria a ser fiscalizada. O Estado brasileiro não pode entender as barragens estarem seguras somente com a produção de laudos técnicos contratados pelas empresas mineradoras.

Por fim, destacamos que a simples destinação da parte da arrecadação da CFEM que cabe à ANM (9,8%) poderia ajudar em muito a estruturação da agência reguladora. Em 2014, apenas 9,2% do valor correto foi repassado, isto é, menos de 1% do valor total arrecadado foi repassado à agência.

9 Considerações finais

Demonstramos a omissão do Estado brasileiro em relação à implementação da PNSB na mineração, pois não foram destinados recursos humanos e materiais ao DNPM/ANM para que a fiscalização das barragens de contenção de rejeitos minerais ocorresse por todo o país.

Não basta apenas baixar leis e normas com o intuito de tornar as barragens de mineração mais seguras. É preciso aumentar o investimento na ANM, com a realização de concursos públicos regulares, capacitação continuada dos servidores e recursos para aquisição de equipamentos para otimizar a fiscalização. Como visto, algumas ações já foram tomadas na esfera da ANM, após o acidente de Brumadinho, mas entendemos que o caminho ainda será longo.

Não podemos afirmar que, com uma ANM estruturada, o Brasil estará livre dos acidentes com barragens de mineração. Sempre deve haver compromisso das empresas para manter suas barragens dentro dos padrões mínimos de segurança. Mas julgamos que esse é o dever do Estado brasileiro: fiscalizar com rigor as barragens de contenção de rejeitos para que acidentes como os de Brumadinho e de Mariana possam ser evitados.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Relatório de segurança de barragens 2011*. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/anteriores/2011/rsb-2011>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Relatório de segurança de barragens 2014*. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/anteriores/2014/rsb-2014>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Ações executadas, situação atual e perspectivas futuras na gerência de segurança de barragens*. Brasília: ANM, 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Edital n.º 1 – ANM, de 26 de janeiro de 2021*. Processo seletivo simplificado. Brasília: ANM, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/edital-n-1-anm-de-26-de-janeiro-de-2021-300910694>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Edital n.º 1 – ANM, de 9 de dezembro de 2021*. Concurso público para o provimento de vagas no cargo de especialista em recursos minerais. Brasília: ANM, 2021. Disponível em: https://cdn.cebraspe.org.br/concursos/anm_21/arquivos/ED_1_2021_CONCURSO_ANM_ABERTUR A.PDF. Acesso em: 07 fev. 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *II Relatório anual de gestão de barragens 2020*. Brasília: ANM, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/relatorios-anuais-de-seguranca-da-barragens-de-mineracao-1/RelatorioAnual2020Final.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Manifesto dos servidores da Agência Nacional de Mineração em Minas Gerais – ANM/MG*. Belo Horizonte: ANM, 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Relatório anual de segurança de barragens de mineração 2019*. Brasília: ANM, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/relatorios-anuais-de-seguranca-da-barragens-de-mineracao-1/relatorio-anual-gsbm-2019-v-final>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Relatório de gestão da ANM 2018*. Brasília: ANM, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/relatorios-anuais-de-seguranca-da-barragens-de-mineracao-1/relatorio-gestao-relatorio-gestao-exercicio-2020.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Relatório de gestão da ANM 2020*. Brasília: ANM, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/relatorios-anuais-de-seguranca-da-barragens-de-mineracao-1/relatorio-gestao-relatorio-gestao-exercicio-2020.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Técnicos em segurança de barragens serão convocados pela ANM nesta quinta-feira (26)*. Brasília: ANM, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/noticias/tecnicos-em-seguranca-de-barragens-serao-convocados-pela-anm-nesta-quinta-feira-26>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Um ano após desastre de Brumadinho, leis, vistorias e fiscalizações de barragens vêm sendo intensificadas no Brasil*. Brasília: ANM, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/noticias/um-ano-apos-desastre-de-brumadinho-leis-vistorias-e-fiscalizacoes-de-barragens-vem-sendo-intensificadas-no-brasil>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- ALMEIDA, Ildeberto Muniz de; JACKSON FILHO, José Marçal; VILELA, Rodolfo Andrade de Gouveia. Razões para investigar a dimensão organizacional nas origens da catástrofe industrial da Vale em Brumadinho, Minas Gerais, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 35, n. 4, p. 2-4, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/DbC4ZRZMdfHpsDMKyz78Ypk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- BRASIL. Câmara dos Deputados. *Projeto de Lei n.º 1.183/2003*. Deputado Leonardo Monteiro. Estabelece diretrizes para verificação da segurança de barragens de cursos de água para quaisquer fins

e para aterros de contenção de resíduos líquidos industriais. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=node0jso08jyan2gdtxpx01ud70oz33458468.node0?codteor=137545&filename=PL+1181/2003. Acesso em: 04 fev. 2022.

BRASIL. Controladoria Geral da União. Portal da Transparência. *Evolução histórica dos servidores ativos e inativos, e pensionistas (por quantidade)*. 2021. Disponível em: <http://www.portaltransparencia.gov.br/servidores>. Acesso em: 24 ago. 2021.

BRASIL. *Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm. Acesso em: 05 ago. 2021.

BRASIL. *Lei n.º 12.608, de 10 de abril de 2012*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm. Acesso em: 05 ago. 2021.

BRASIL. *Lei n.º 14.066, de 20 de setembro de 2020*. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.066-de-30-de-setembro-de-2020-280529982>. Acesso em: 05 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Economia. Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais. *Relatório de análise de acidente: rompimento da Barragem de Rejeitos I, em Brumadinho – MG*. Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <http://bit.ly/2L6gB3A>. Acesso em: 26 fev. 2021.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Portaria N.º 416, de 03 de setembro de 2012*. Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7230. Acesso em: 05 ago. 2021.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Relatório de gestão do exercício 2015*. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/relatorio-gestao/relatorio-de-gestao-exercicio-2015>. Acesso em: 05 ago. 2021.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Relatório de gestão do exercício 2016*. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/relatorio-gestao/relatorio-de-gestao-exercicio-2016>. Acesso em: 05 ago. 2021.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Relatório de gestão do exercício 2017*. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/relatorio-gestao/relatorio-de-gestao-exercicio-2017>. Acesso em: 05 ago. 2021.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Superintendência do DNPM em Minas Gerais. Divisão de Fiscalização da Atividade Minerária. *MEMO n.º 242/2011/Fiscalização/DNPM/MG*. Belo Horizonte, 2011.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Diretor Geral. *Ofício n.º 89/2014-DIRE/DNPM*. Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Superintendência do DNPM em Minas Gerais. *Ofício n.º 159/2014-GAB/SUPERINTENDENCIA/DNPM/MG*. Belo Horizonte, 2014.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Superintendência do DNPM em Minas Gerais. *Ofício do Superintendente do DNPM/MG ao Diretor Geral do DNPM. Processo administrativo n.º 48403.933863/2015-43*. Belo Horizonte, 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência Social. Superintendência Regional do Trabalho e Emprego em Minas Gerais. *Relatório de análise de acidente: rompimento da Barragem de Rejeitos*

Fundão em Mariana – MG. Belo Horizonte, 2016. Disponível em: https://ftp.medicina.ufmg.br/osat/relatorios/2016/SAMARCOMINERACAORELATORIOROMPIMENTOBARRAGEM20160502_09_05_2016.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Relatório de auditoria operacional, processo TC 032.034/2015-6*. Brasília, 2016. Disponível em: <https://tcu.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/823947040/relatorio-de-auditoria-ra-ra-3203420156/relatorio-823947086>. Acesso em: 10 ago. 2021.

CARDOSO, Alessandra. A escassez de verba de fiscalização também explica Brumadinho. *Nexo Jornal*, 2019. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/ensaio/2019/A-escassez-de-verba-de-fiscalizacao-tambem-explica-Brumadinho>. Acesso em: 10 ago. 2021.

CONCURSO ANM terá vagas em 5 estados. *Folha Dirigida*, 2021. Disponível em: <https://folhadirigida.com.br/concursos/noticias/agencia-nacional-de-producao-mineral/concurso-anm-2021-vagas-por-estado>. Acesso em: 10 ago. 2021.

CRUZ, Paulo Teixeira da. *100 Barragens brasileiras: casos históricos, materiais de construção, projeto*. São Paulo: Oficina de Textos, 1996.

DNPM-SP divulga carta aberta à população. *Revista Inthemine*, 3 dez. 2015. Disponível em: <https://www.inthemine.com.br/site/dnpm-sp-divulga-carta-aberta-a-populacao/>. Acesso em: 24 ago. 2021.

FARIA, Mário Parreiras de; BOTELHO, Marcos Ribeiro. O rompimento da barragem do Fundão em Mariana, Minas Gerais, Brasil: a incubação de um acidente organizacional. *Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional*, v. 5, p. 73-85, 2018. Disponível em: <https://www.rpso.pt/rompimento-da-barragem-fundao-mariana-minas-gerais-brasil-incubacao-um-acidente-organizacional>. Acesso em: 10 ago. 2021.

FERRI, Giovanni; BALENSIEFER, Patrícia Rangel. A violação ao princípio da prevenção no desastre de Brumadinho/MG e a omissão fiscalizatória nas atividades de mineração no Brasil. *Revista Jurídica do Ministério Público do Estado do Paraná*, Curitiba, ano 6, n. 11, dez. 2019.

LACAZ, Francisco Antônio de Castro; PORTO, Marcelo Firpo de Souza; PINHEIRO, Tarcísio Márcio Magalhães. Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão/Samarco. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v. 42, e9, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbso/a/5K38Dp8mVGv6jygHLGzPNGG/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SALDANHA, Jânia Maria Lopes; BOHRZ, Clara Rossatto. Dupla influência e dupla projeção entre global e local: o caso "Mariana" e a (ir)responsabilidade social das empresas de mineração. *Revista Internacional de Direitos Humanos e Empresas*, v. 2, n. 2, fev./jul. 2018.

SANTOS, Rodrigo Salles Pereira dos; WANDERLEY, Luiz Jardim. Dependência de barragem, alternativas tecnológicas e a inação do Estado: repercussões sobre o monitoramento de barragens e o licenciamento do Fundão. *A Questão Mineral*, v. 2, out. 2016.

WANDERLEY, Luiz Jardim; MANSUR, Maíra Sertã; PINTO, Raquel Giffoni. Avaliação dos antecedentes econômicos, sociais e institucionais do rompimento da barragem de rejeito da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG). In: MILANEZ, Bruno; LOSEKANN, Cristiana (org.). *Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição*. Rio de Janeiro: Folha Digital: Letra e Imagem, 2016.

WISE URANIUM PROJECT. *Chronology of major tailings dam failures from 1960*. 2020. Disponível em: <https://www.wise-uranium.org/mdaf.html>. Acesso em: 25 jan. 2021.

YIN, Robert K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

**APÊNDICE III – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E
ESCLARECIDO**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Senhor (a) está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) da pesquisa: “Rompimento da barragem de Brumadinho: o mapa do acidente”.

A JUSTIFICATIVA, OS OBJETIVOS E OS PROCEDIMENTOS: Justifica-se essa pesquisa pois acidentes com barragens de rejeitos na mineração são acidentes com grandes impactos sociais e ambientais que têm ocorrido em todo mundo, totalizando 138 ocorrências entre 1960 à julho de 2020, sendo 10 no Brasil e oito no estado de Minas Gerais. O objetivo principal da pesquisa é identificar os aspectos políticos/legislativos, de fiscalização, econômicos e organizacionais que podem ter contribuído para a ocorrência do rompimento da barragem B I em Brumadinho, MG. A metodologia utilizada envolve a análise de documentos e normas de segurança de barragens, entrevistas com atores chave e a construção de um mapa do acidente. Em resumo, pretendemos produzir conhecimento para prevenir acidentes que trazem tantos prejuízos humanos, ambientais e financeiros.

DESCONFORTOS, RISCOS E BENEFÍCIOS: A pesquisa envolverá risco mínimo aos participantes, pois, apesar do Senhor (a) poder expressar suas visões e suas opiniões sobre questões relacionadas ao seu trabalho e ao acidente envolvendo a B I, incluindo críticas à Vale S.A. e a sua administração, os resultados serão divulgados de forma coletiva, não havendo possibilidade de identificar qualquer indivíduo. Como nem sempre tudo é escrito, fotografado ou documentado, sua participação contribuirá para desvendar a complexa rede de fatores causais que pode ter levado ao rompimento da B I. As lições aprendidas com esse acidente podem prevenir a ocorrência de outros eventos no setor mineral.

FORMA DE ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA: O Senhor (a) poderá comunicar-se a qualquer momento com o pesquisador a fim de verificar o andamento da pesquisa, acrescentar algum dado informado durante a entrevista e tirar qualquer dúvida antes não esclarecida.

GARANTIA DE ESCLARECIMENTO, LIBERDADE DE RECUSA E GARANTIA DE SIGILO: O Senhor (a) será esclarecido (a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar, podendo recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a sua recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de qualquer benefício. Você possui garantia ao direito de indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa. Os pesquisadores irão tratar a sua identidade com respeito e seguirão padrões profissionais de sigilo, assegurando e garantindo o sigilo e confidencialidade dos dados pessoais dos entrevistados Seu nome, ou qualquer material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. O Senhor (a) não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Uma via assinada deste termo de consentimento livre e esclarecido será arquivada na Faculdade de Saúde Pública da USP e outra será fornecida ao Senhor (a). O estudo poderá ser interrompido mediante aprovação prévia do CEP para que seja salvaguardado o participante da pesquisa caso necessário.

DECLARAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA

Eu, _____, RG _____, fui informado (a) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações para motivar minha decisão, se assim o desejar. O pesquisador Marcos Ribeiro Botelho certificou-me de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais e somente os pesquisadores terão acesso. Também sei que caso existam gastos, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa. Em caso de dúvidas poderei chamar o pesquisador no telefone (31) 991047969 ou pelo e-mail marcosrbotelho@usp.br.

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo também poderá ser consultado para dúvidas/denúncias relacionadas à Ética da Pesquisa e localiza-se na Av. Dr. Arnaldo, 715, Cerqueira César – São Paulo, SP, horário de atendimento: de segunda à sexta-feira, das 9h às 12h e das 13h às 15h, telefone (11) 3061-7779, e-mail: coep@fsp.usp.br, que tem a função de implementar as normas e diretrizes regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, aprovadas pelo Conselho. Assinei duas vias deste termo de consentimento livre e esclarecido, o qual também foi assinado pelo pesquisador que me fez o convite e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas. Uma via deste documento, devidamente assinada foi deixada comigo. Declaro que concordo em participar desse estudo.

Entrevistado Assinatura do Participante

Data

Marcos Ribeiro Botelho
Pesquisador

Assinatura do Pesquisador

Data

**ANEXO I – AUTORIZAÇÃO DO SUPERINTENDENTE REGIONAL DO
TRABALHO DE MINAS GERAIS**



MINISTÉRIO DA ECONOMIA
Secretaria Especial de Previdência e Trabalho
Secretaria de Trabalho
Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais

DESPACHO

Processo nº 13621.120498/2021-01

AUTORIZAÇÃO

Autorizo o Auditor-Fiscal do Trabalho Marcos Ribeiro Botelho, CPF 576.229.736-53, lotado na Superintendência Regional do Trabalho de Minas Gerais, a fazer uso de informações constantes nos relatórios de análise de acidente de trabalho elaborados quando do rompimento da barragens do Fundão, em Mariana, 2015, empresa Samarco, e do Córrego do Feijão, em Brumadinho, em 2019, empresa Vale S.A., bem como do uso de informações dos relatórios de inspeção constantes do Sistema Federal de Inspeção do Trabalho (SFITWEB) que tiveram como objeto a segurança de barragens da Vale, em seu projeto de pesquisa de doutorado desenvolvido na Faculdade de Saúde Pública da USP, sob o título "Rompimento da barragem de Brumadinho: o mapa do acidente", autorizado no Sistema Eletrônico de Informações (SEI) do Ministério da Economia, processo nº 13621.119602/2020-26, podendo ser também as informações utilizadas em artigos científicos decorrentes da pesquisa.

Belo Horizonte, 20 de dezembro de 2021.

Documento assinado eletronicamente

JOÃO CARLOS GONTIJO DE AMORIM

Superintendente Regional do Trabalho em Minas Gerais



Documento assinado eletronicamente por **João Carlos Gontijo de Amorim, Superintendente**, em 20/12/2021, às 09:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.economia.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **21206734** e o código CRC **D8F3EAB6**.

ANEXO II – AUTORIZAÇÃO DO CEP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Rompimento da barragem de Brumadinho: o mapa do acidente

Pesquisador: Marcos Ribeiro Botelho

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 54147321.0.0000.5421

Instituição Proponente: Faculdade de Saúde Pública USP/SP

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.273.608

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivos da Pesquisa" e "Avaliação de Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo de informações básicas do projeto PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1865673.pdf, em 24/02/2022. Este parecer trata de uma resposta às pendências apontadas anteriormente.

Objetivo da Pesquisa:

"Objetivo Primário: Apontar os aspectos políticos/legislativos, de fiscalização, econômicos e organizacionais que podem ter contribuído para a ocorrência do rompimento da B I.

Objetivo Secundário:

- Identificar aspectos da cultura da Vale que podem ter contribuído com o acidente.
- Apontar as hipóteses de contradições históricas que possivelmente contribuíram com o evento ocorrido.
- Mapear possíveis preferências pela crescente remuneração de acionistas e da diretoria executiva em detrimento ao investimento em barragens.
- Auxiliar no desenvolvimento da cultura de segurança de empresas que possuam barragens de contenção de rejeitos.
- Contribuir para a melhoria da política nacional de segurança de barragens, em especial quanto à fiscalização, à construção, à manutenção e à descaracterização de barragens de contenção de rejeitos."

Endereço: Av. Doutor Arnaldo, 715, localizado no prédio principal da Faculdade de Saúde Pública, andar térreo, sala de

Bairro: Cerqueira Cesar

CEP: 01.246-904

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3061-7779

Fax: (11)3061-7779

E-mail: coep@fsp.usp.br

USP - FACULDADE DE SAÚDE
PÚBLICA DA UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO - FSP/USP



Continuação do Parecer: 5.273.608

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

"Riscos:

Apesar dos entrevistados poderem expressar suas visões e suas opiniões sobre questões relacionadas ao seu trabalho e ao acidente envolvendo a B I, incluindo críticas à organização na qual trabalharam e à sua administração, a pesquisa envolverá risco mínimo aos participantes. Os resultados serão divulgados de forma coletiva, não havendo possibilidade de identificar qualquer indivíduo do grupo. Contudo, pode haver certa resistência dos ex-empregados em conceder a entrevista, por tratar-se de assunto difícil para os mesmos. A lembrança do ocorrido pode trazer-lhes sofrimento mental em razão da perda de colegas de trabalho com o acidente. Será requisitada junto ao Superintendente Regional do Trabalho em Minas Gerais autorização para a utilização dos dados dos relatórios de análise de acidente referentes ao rompimento das barragens do Fundão, em Mariana (2015) e B I, em Brumadinho (2019), além de informações sobre outras fiscalizações que ocorreram em barragens da Vale a partir de 2019. Os documentos utilizados para a coleta de dados da pesquisa ficaram inacessíveis a qualquer pessoa com exceção do pesquisador e de seu orientador.

Benefícios:

A utilização de um método de análise de acidentes como o AcciMap poderá desvendar a complexa rede de fatores causais que contribuíram para o rompimento da barragem B I em Brumadinho. As empresas de mineração poderão fazer uso das informações da pesquisa para que acidentes dessa monta possam ser evitados. A sociedade ficará informada sobre possíveis situações de perigo que possam ocorrer com barragens de mineração, podendo então cobrar dos órgãos públicos ações de fiscalização e de prevenção de danos. A Academia disponibilizará uma pesquisa nunca até hoje realizada no Brasil. Primeiro em razão do ineditismo do acidente, depois pelos resultados esperados da pesquisa, pois aspectos políticos, legislativos, de fiscalização e organizacionais que podem ter contribuído para o acidente serão abordados no estudo."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Desenho do estudo: Abordagem do pensamento sistêmico

Patrocinador: Financiamento próprio

País de origem: Brasil

Número de participantes: 15 participantes

Centros de pesquisa: FSP/USP

Armazenamento de amostras: Sim

Previsão de início e de encerramento do estudo: 03/01/2022 a 30/01/2022 (coleta de dados)

Endereço: Av. Doutor Arnaldo, 715, localizado no prédio principal da Faculdade de Saúde Pública, andar térreo, sala de

Bairro: Cerqueira Cesar

CEP: 01.246-904

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3061-7779

Fax: (11)3061-7779

E-mail: coep@fsp.usp.br

USP - FACULDADE DE SAÚDE
PÚBLICA DA UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO - FSP/USP



Continuação do Parecer: 5.273.608

Estudo é (inter) nacional, (uni)multicêntrico]:Não

Caráter da pesquisa: “Pesquisa de caráter acadêmico para obtenção do título doutor”

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo “Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações”.

Recomendações:

Vide campo “Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações”.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Trata-se de resposta ao parecer pendente nº 5.257.147, emitido pelo CEP em 22/02/2022.

Pendência: O TCLE não está claro o suficiente para a compreensão dos participantes sobre os benefícios da pesquisa e sobre os objetivos. O termo deve ser reformulado.

RESPOSTA: : Foi alterado o texto referente aos itens objetivos e benefícios.

ANÁLISE: atendida.

Considerações Finais a critério do CEP:

Ressalta-se que cabe ao pesquisador responsável encaminhar os relatórios parciais (de 6 em 6 meses) e final da pesquisa, por meio da Plataforma Brasil, via notificação do tipo “relatório” para que sejam devidamente analisados pelo CEP.

Destacamos que está disponível no site do CEP o cronograma de trabalho do colegiado com as datas máximas de submissão para que os protocolos sejam apreciados no mesmo mês da submissão. Lembrando que nos meses de julho e janeiro não há reunião do CEP.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1865673.pdf	24/02/2022 09:45:14		Aceito
Outros	FormularioRespostall.doc	24/02/2022 09:41:57	Marcos Ribeiro Botelho	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEmodificadoll.doc	24/02/2022 09:41:19	Marcos Ribeiro Botelho	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projetomodificado.doc	04/01/2022 16:24:08	Marcos Ribeiro Botelho	Aceito

Endereço: Av. Doutor Arnaldo, 715, localizado no prédio principal da Faculdade de Saúde Pública, andar térreo, sala de
Bairro: Cerqueira Cesar **CEP:** 01.246-904
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3061-7779 **Fax:** (11)3061-7779 **E-mail:** coep@fsp.usp.br

USP - FACULDADE DE SAÚDE
PÚBLICA DA UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO - FSP/USP



Continuação do Parecer: 5.273.608

Folha de Rosto	Folha_de_rosto_Marcos_Botelho_assina da.pdf	06/12/2021 15:29:09	Marcos Ribeiro Botelho	Aceito
----------------	--	------------------------	---------------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 04 de Março de 2022

Assinado por:
Kelly Polido Kaneshiro Olympio
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Doutor Arnaldo, 715, localizado no prédio principal da Faculdade de Saúde Pública, andar térreo, sala de
Bairro: Cerqueira Cesar **CEP:** 01.246-904
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3061-7779 **Fax:** (11)3061-7779 **E-mail:** coep@fsp.usp.br