

Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz



Mariano Andrade da Silva

Rompimento de Barragem de Mineração e saúde: lições aprendidas e não aprendidas dos desastres da Samarco e da Vale S.A

Rio de Janeiro

2021

Mariano Andrade da Silva

Rompimento de Barragem de Mineração e saúde: lições aprendidas e não aprendidas dos desastres da Samarco e da Vale S.A

Tese apresentada ao Programa De Pós-Graduação Em Saúde Pública, da Escola Nacional De Saúde Pública Sergio Arouca, Na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Saúde Pública. Área de Concentração: Determinação Dos Processos Saúde-Doença: Produção/Trabalho, Território e Direitos Humanos.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Machado de Freitas

Rio de Janeiro

2021

Título do trabalho em inglês: Mining dam collapse and health: lessons learned and not learned from the Samarco and Vale S.A. disasters

O presente trabalho foi realizado com apoio da Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- Brasil (CNPQ).

Catálogo na fonte

Fundação Oswaldo Cruz

Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde

Biblioteca de Saúde Pública

S586r Silva, Mariano Andrade da.
Rompimento de barragem de mineração e saúde: lições aprendidas e não aprendidas dos desastres da Samarco e da Vale S.A / Mariano Andrade da Silva. -- 2021.

220 f. : il. color. ; graf. ; mapas; tab.

Orientador: Carlos Machado de Freitas.

Tese (doutorado) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2021.

1. Desastre Industrial. 2. Gestão em Saúde. 3. Saúde Ambiental. 4. Barragens. 5. Mineração. 6. Licenciamento Ambiental. 7. Colapso Estrutural. 8. Política de Saúde. 9. Gestão de Riscos. I. Título.

CDD – 23.ed. – 627.8

Mariano Andrade da Silva

Rompimento de Barragem de Mineração e saúde: lições aprendidas e não aprendidas dos
desastres da Samarco e da Vale S.A

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Em Saúde Pública, da Escola Nacional De Saúde Pública Sergio Arouca, Na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Saúde Pública. Área de Concentração: Determinação dos Processos Saúde-Doença: Produção/Trabalho, Território e Direitos Humanos.

Aprovado em: 30 de agosto de 2021

Banca Examinadora

Prof. Dr. Luiz Jardim de Moraes Wanderley
Universidade Federal Fluminense

Prof^a. Dra. Eliane Lima e Silva
Universidade de Brasília

Prof^a. Dra. Zélia Profeta Da Luz
Fundação Oswaldo Cruz – Instituto Renné Rachou

Prof. Dr. Christovam Barcellos
Fundação Oswaldo Cruz – Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica
em Saúde

Prof. Dr. Carlos Machado de Freitas (Orientador)
Fundação Oswaldo Cruz – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca

Rio de Janeiro

2021

RESUMO

Entre o fim de 2015 e o início de 2019, o Brasil registrou os dois mais graves desastres do século XXI envolvendo barragens de mineração: os desastres da mineradora Samarco (2015) e Vale S.A(2019). Discutiremos este tipo de desastre tecnológico sobre a ótica da Saúde Pública. Cada um destes eventos, na perspectiva de seus efeitos, apresentam duas características que devem ser consideradas: atualizam cenários de risco passados, o que inclui tanto o risco intensivo relacionado à operação segura de mineração, com todos os procedimentos de monitoramento e fiscalização que posteriormente falharam; mas também criam novos cenários de risco e efeitos que extrapolam o local de origem do evento, bem como ao longo do tempo, produzindo uma multiplicidade de reações em cadeia e sobreposição de exposição, risco e danos, variando de imediato ao longo prazo. Dessa tese objetiva-se, subsidiar a discussão de políticas de saúde voltadas a gestão de risco de desastres de projetos minerários que se utilizam de barramentos para disposição de resíduos/rejeitos de mineração. A reflexão crítica elaborada no decorrer do processo de doutoramento, a partir de um modelo de pesquisa-ação e participação ativa no processo de mudanças sociais em curso, perseguiu-se, cumprir duas metas: modificar uma realidade e adquirir novos conhecimentos específicos do caso estudado. Tendo em vista a complexidade do debate julgou-se pertinente discutir no Capítulo 3- o porquê devemos ter, como sociedade e setor saúde, um olhar atento para este problema de saúde pública. No Capítulo 4, destacamos e discutimos algumas das dimensões sociais, tecnológicas, culturais, institucionais, econômicas e políticas imbuídas nas origens desses desastres. Apresentamos os processos que favorecem o aparecimento de ações arriscadas e condutas degradadoras da segurança desses sistemas produtivos e como a governança para o setor ocorre na realidade Brasileira. No Capítulo 5, discorreremos sobre os casos estudados seus estágios de recuperação e reconstrução, e a débil estrutura de governança desenvolvida. No Capítulo 6, do ponto de vista da Saúde Coletiva, detalharemos a importância de olharmos para as múltiplas consequências que desastres tecnológicos da mineração podem causar. Considerando estes aspectos, apresentaremos a situação das populações expostas ao desastre da Samarco e as consequências de longo prazo, passados 6 anos do desastre, discutiremos sua ocorrência e as lições não aprendidas do caso estudado. Concluimos, sem a pretensão de exaurir a temática, no Capítulo 7, apresentando perspectivas de gestão de risco de desastres envolvendo aspectos da saúde. Se deste desastre podemos extrair lições, estas só fazem sentido se resultarem em políticas e ações para a redução de riscos de desastres mais efetivas. Tornando-se fundamental que a cadeia produtiva minerária seja capaz de combater os processos que elevam este risco. Mas, também é necessário que o setor público esteja preparado para o desafio de indenizar, reparar e restaurar as histórias perdidas, envolvendo-se nas respostas não só no curto prazo, mas também no médio e longo prazo, pois os inúmeros impactos remetem custos e danos irreversíveis que se prolongam por anos.

Palavras-chave: Desastre Industrial; Gestão em saúde, Saúde Ambiental

ABSTRACT

Between the end of 2015 and the beginning of 2019, Brazil recorded the two most serious disasters of the 21st century involving mining dams: the Samarco (2015) and Vale S.A.(2019) mining company disasters. We will discuss this type of technological disaster from a Public Health perspective. Each of these events, from the perspective of their effects, present two characteristics that must be considered: they update past risk scenarios, which includes both the intensive risk related to the safe operation of mining, with all the monitoring and enforcement procedures that subsequently failed; but they also create new risk scenarios and effects that extrapolate the place of origin of the event, as well as over time, producing a multiplicity of chain reactions and overlapping exposure, risk and damage, ranging from immediate to long-term. This thesis aims to subsidize the discussion of health policies aimed at disaster risk management of mining projects that use dams for waste disposal / mining waste. The critical reflection developed during the doctoral process, from a model of research-action and active participation in the process of social change underway, was pursued to meet two goals: modify a reality and acquire new knowledge specific to the case studied. In view of the complexity of the debate, it was deemed pertinent to discuss in Chapter 3 why we must, as a society and as a health sector, take a close look at this public health problem. In Chapter 4, we highlight and discuss some of the social, technological, cultural, institutional, economic and political dimensions imbued in the origins of these disasters. We present the processes that favour the appearance of risky actions and conducts that degrade the safety of these productive systems and how governance for the sector occurs in the Brazilian reality. In Chapter 5, we discuss the cases studied their stages of recovery and reconstruction, and the weak governance structure developed. In Chapter 6, from a Public Health perspective, we will detail the importance of looking at the multiple consequences that technological mining disasters can cause. Considering these aspects, we will present the situation of the populations exposed to the Samarco disaster and the long-term consequences, 6 years after the disaster, discuss its occurrence and the lessons not learned from the case studied. We conclude, without claiming to exhaust the theme, in Chapter 7, by presenting perspectives on disaster risk management involving health aspects. If lessons can be drawn from this disaster, they will only make sense if they result in more effective policies and actions for disaster risk reduction. It has become fundamental that the mining production chain is able to combat the processes that increase this risk. However, it is also necessary that the public sector be prepared for the challenge of indemnifying, repairing and restoring lost stories, getting involved in responses not only in the short term, but also in the medium and long terms, since the countless impacts bring irreversible costs and damage that last for years.

Keywords: Industrial Disaster; Health Management; Environmental Health

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Organização tradicional setorial	67
Figura 2 - Organização com enfoque em processo.....	68
Figura 3 - Produção Nacional e Mundial de Minério de Ferro	75
Figura 4 - Modalidades de barragens submetidas à PNSB.....	84
Figura 5 - Sistema Nacional de Segurança de Barragens.....	88
Figura 6 - Sistema nacional de licenciamento ambiental brasileiro e do estado de Minas Gerais.	91
Figura 7 -Complexo minerário Germano/Alegria; representação do impacto antes e depois do desastre.	121
Figura 8 - Municípios diretamente atingido pelo desastre da Samarco.....	122
Figura 9 - Municípios mais afetados na avaliação da Superintendência de Vigilância da SES/MG.....	129
Figura 10 – Desfechos negativos à saúde registrados no município de Barra Longa.	131
Figura 11- Linha do tempo - caso Samarco.....	135
Figura 12 – Área de abrangência dos 42 programas socioeconômico e socioambiental	137
Figura 13 – Sistema CIF- Comitê Interfederativo.....	140
Figura 14 - estruturas de governança TAC-gov.	143
Figura 15 - Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Rio Paraopebas_MG	150
Figura 16 – efetividades das ações de saúde nos territórios afetados pelo desastre da Samarco.	158
Figura 17 – Setores censitários selecionados para o estudo, considerando populações atingidas e controle.	179
Figura 18 - Cobertura vacinal série temporal nos municípios atingidos e controle	191
Figura 19 – Fatores envolvidos no cenário de risco Pré e no Pós-desastre tecnológicos de barragens de mineração.	197
Quadro 1 -Produção e participação na comunidade acadêmica.	24
Quadro 2 Níveis e escalas de análise - vertical e horizontal	27
Quadro 3 - Técnicas de coleta de dados, finalidades, fonte e resultados esperados.....	29
Quadro 4 - Maiores acidentes de Trabalhos envolvendo barragens de mineração registrados nos anos 1915-2019.....	81
Quadro 5 - Dispositivos legais relacionados à gestão da segurança de barragens de rejeitos..	83
Quadro 6 - Órgãos fiscalizadores e potencialmente fiscalizadores de barragens no Brasil.	86
Quadro 7 - Método de construção por unidade da federal brasileira, ano de 2017.....	104
Quadro 8 - Número de barragens segundo altura no Brasil, 2019.	105
Quadro 9 - Acidentes com barragens no Brasil.	105

Quadro 10 - Fatores que convergiram no rompimento da BRF.	110
Quadro 11 - Contaminantes de interesse segundo comparação com a Conama 420/2009.....	147
Quadro 12 - Atual situação e objetivos dos programas de reparação e mitigação da Bacia Hidrográfica do Rio Doce.....	160
Quadro 13 - Agravos identificados no banco de dados SINAN para os municípios atingidos pelo desastre da Samarco.....	185
Quadro 14 - Principais efeitos negativos à saúde, meio ambiente e condição socioeconômica, em caso de incidente.....	200
Gráfico 1 - Temporalidade dos efeitos dos desastres à sociedade.....	65
Gráfico 2 - Falhas registradas em barragens de mineração entre os anos 1910-2019.....	79
Mapa 1- Municípios assistido pelo programa 14 - apoio à saúde física e mental da população atingida.	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Instrumentos de fiscalização de Barragens de rejeito de mineração	101
Tabela 2 - Número de barragens segundo categoria de risco e dano potencial associado no Brasil, 2019.....	103
Tabela 3 - Monitoramento do manancial superficial do Rio Doce nos anos de 2010 à 2019.	127
Tabela 4 - Municípios que apresentaram comprometimento no abastecimento de água.	128
Tabela 5 - Variação na incidência por 100 mil habitantes dos principais agravos de notificação pré e pós rompimento da Barragem de Fundão, para municípios atingidos (45) e controle (85) segundo registros do SINAN	182
Tabela 6 - Agravos mais comuns no pré-rompimento da Barragem de Fundão para os municípios atingidos	183
Tabela 7 - Agravos mais comuns no pós-rompimento da Barragem de Fundão e variação em relação ao pré-rompimento da Barragem de Fundão nos municípios atingidos.....	184
Tabela 8 - Agravos com maior variação percentual entre municípios atingidos controles ...	185
Tabela 9 - Variação na incidência dos principais agravos no pré e pós-rompimento da Barragem de Fundão, para municípios atingidos (45 em total) e controles (85 em total) segundo registros do SIA.....	188
Tabela 10 - Agravos e riscos relativos em atingidos e controles antes do rompimento da Barragem de Fundão.....	189
Tabela 11 - Agravos e riscos relativos em atingidos e controles depois do rompimento da Barragem de Fundão.....	190

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP	Ação Civil Pública
APP	Acidentes Com Produtos Perigosos
ANA	Agência Nacional De Águas
ANEEL	Agencia Nacional De Energia Elétrica
ANM	Agência Nacional De Mineração
ANVISA	Agencia Nacional De Vigilância Sanitária
BRF	Barragem De Fundão
BRF	Barragem De Rejeito De Fundão
CT	Câmaras Técnicas
CRI	Categoria De Risco
CECOM	Centro De Controle De Emergência E Comunicação
CEPEDES	Centro De Estudos E Pesquisas Em Emergências E Desastres Em Saúde
CNDSS	Comissão Nacional Sobre Os Determinantes Sociais Da Saúde
CPI	Comissão Parlamentar De Inquérito
CIF	Comitê Interfederativo
COPAM	Conselho Estadual De Política Ambiental
UNFCCC	Convenção-Quadro Das Nações Unidas Sobre Mudanças Climáticas”
DPA	Dano Potencial Associado
DNPM	Departamento Nacional De Pesquisa Mineral
DSS	Determinantes Social Da Saúde
ESP	Emergências Em Saúde Pública
ETAS	Estações De Tratamento De Água
UNDRR	Estratégia Das Nações Unidas Para Redução De Risco De Desastres
EIA	Estudo De Impacto Ambiental
FESP	Funções Essenciais Da Saúde Pública
FJP	Fundação João Pinheiro
GAE	Grupo De Apoio a Emergências

IVAS	Infecção Nas Vias Aéreas Superiores
IBAMA	Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis
IEF	Instituto Estadual De Florestas
LI	Licença De Instalação
LO	Licença De Operação
LP	Licença Prévia
MMA	Ministério Do Meio Ambiente
MPE/MG	Ministério Público Estadual De Minas Gerais
MPF	Ministério Público Federal
CONPDEC	O Conselho Nacional De Proteção E Defesa Civil
ISO	Organização Internacional De Padronização
OPAS	Organização Pan-Americana Da Saúde
PTS	Partículas Em Suspensão
PAE	Plano De Ação De Emergência
PSB	Plano De Segurança De Barragem
PLACONS	Planos De Contingência
PNPDEC	Política Nacional De Proteção E Defesa Civil
PRS	Política Nacional De Resíduos Sólidos
PNSB	Política Nacional De Segurança De Barragens
PNVS	Política Nacional De Vigilância Em Saúde
PNMA	Política Nacional Do Meio Ambiente
P ² R ²	Preparação E Resposta Rápida A Emergências Ambientais Com Produtos Químicos Perigosos
PNI	Programa Nacional De Imunizações
RRD	Redução Do Risco De Desastre
RAAS	Registro Das Ações Ambulatoriais De Saúde
RIMA	Relatório De Impacto Ambiental
RSB	Relatório De Segurança De Barragens
RPSB	Revisões Periódicas De Segurança De Barragem

RR	Risco Relativo
SIA	Sistema De Informações Ambulatoriais
SIM	Sistema De Informações De Mortalidade
SINASC	Sistema De Informações De Nascidos Vivos
SINAN	Sistema De Informações De Notificação
SIH	Sistema De Informações Hospitalares
SINDEC	Sistema Nacional De Defesa Civil
SISNAMA	Sistema Nacional De Informações Sobre O Meio Ambiente
SNISB	Sistema Nacional De Informações Sobre Segurança De Barragens
SISNAMA	Sistema Nacional De Meio Ambiente
SUS	Sistema Único De Saúde
TIC	Tecnologia Da Informação E Comunicação
TTAC	Termo De Transação E Ajustamento De Conduta
TC	Tribunal De Contas
UFMG	Universidade Federal De Minas Gerais
VIGIDESASTRE	Vigilância Em Saúde Ambiental Dos Riscos Associados Aos Desastres
WMTF	World Mine Tailings Failures
ZA	Zona De Amortecimento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO: ANTECEDENTES.....	14
2	PROPOSTA METODOLÓGICA.....	22
2.1	SITUAÇÃO PROBLEMA E PRINCIPAIS INDAGAÇÕES.....	26
2.2	ASPECTOS ÉTICOS.....	30
3	DESASTRES EM BARRAGENS DE MINERAÇÃO, AMBIENTE E SAÚDE: ASPECTOS TEÓRICO E METODOLÓGICO.....	31
3.1	DESASTRES EM BARRAGENS DE MINERAÇÃO, AMBIENTE E SAÚDE: RELAÇÃO COMPLEXA E DURADORA.....	38
3.2	O QUE É RISCO?.....	38
3.2.1	A instituição- gerenciamento de risco.....	42
3.3	CENÁRIOS COMPLEXOS, INCERTEZAS E SAÚDE: OS LIMITES DAS ANÁLISES EPIDEMIOLÓGICAS.....	47
3.4	DIFICULDADES E DESAFIOS PARA INVESTIGAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO RISCO POTENCIAL E EXPOSIÇÃO À SAÚDE NO CONTEXTO DE ROMPIMENTO DE BARRAGEM DE MINERAÇÃO.....	51
3.5	CONCLUSÕES E ASPECTOS DE GESTÃO DE RISCO DE DESASTRE.....	59
3.5.1	Efeitos gerais dos desastres na saúde.....	64
4	DESASTRES EM BARRAGENS DE MINERAÇÃO: INFLUÊNCIAS, HISTÓRICO, PADRÃO ANALISADO E FREQUÊNCIA.....	69
4.1	DESASTRE TECNOLÓGICO DE BARRAGEM DE MINERAÇÃO	70
4.1.1	Segurança de barragens no contexto da globalização econômica.....	71
4.1.2	Características e seguranças dos desastres em barragens de mineração como um tema de preocupação internacional.....	75
4.2	SEGURANÇA DE BARRAGENS: UM OLHAR PARA O CENÁRIO REGULATÓRIO NACIONAL.....	83
4.2.1	Política Nacional de Segurança de Barragens.....	84
4.2.2	Licenciamento ambiental e a segurança de barragem.....	89
4.2.3	Sistema Nacional de proteção as Emergências Ambientais.....	92
4.2.4	Proteção e Defesa Civil.....	94
4.2.5	Sistema Nacional de saúde e suas prerrogativas nas emergências ambientais.....	98

4.3	CENÁRIO DE BARRAGENS NO BRASIL: UM OLHAR SOBRE A CLASSIFICAÇÃO E A APLICAÇÃO LEGISLATIVA.....	100
4.3.1	Fiscalização como requisito básico para o planejamento de ações: nós críticos.....	106
4.4	INFLUENCIAS GLOBAIS; PROCESSOS E DANOS LOCAIS.....	108
4.4.1	Rompimento da Barragem de Fundão (BRF).....	109
4.4.2	Rompimento de Barragem do Complexo da Mina Córrego do Feijão	111
4.5	CAPACIDADE DE RESPOSTA AOS DESASTRES.....	115
4.6	CONCLUSÕES.....	119
5	DESASTRES TECNOLÓGICO EM BARRAGEM DE MINERAÇÃO E SEUS RISCOS POTENCIAIS EM CONTEXTOS VULNERÁVEIS.....	120
5.1	O DESASTRE TECNOLÓGICO DA SAMARCO (2015).....	121
5.1.1	Impactos ambientais e biológicos.....	123
5.1.2	Impactos à captação de água bruta no Manancial.....	128
5.1.3	Problemas de saúde, doenças e agravos.....	129
5.1.4	Impactos socioeconômicos.....	132
5.1.5	Respostas institucionais ao caso Samarco (2015).....	134
5.2	O IMPACTOS DO DESASTRE TECNOLÓGICO DA VALE S.A(2019)	145
5.2.1	Impactos ambientais e biológicos.....	146
5.2.2	Impactos socioeconômicos.....	149
5.2.3	Problemas de saúde, doenças e agravos.....	150
5.2.4	Respostas institucionais ao caso Vale S.A (2019).....	152
6	AS LIÇÕES NÃO PRENDIDAS DO DESASTRE DA SAMARCO NA BACIA DO RIO DOCE: DESAFIOS PARA A GOVERNANÇA...	156
6.1	AVALIAÇÃO DOS PROGRAMAS DE REPARAÇÃO E COMPENSAÇÃO DOS DANOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS CAUSADOS PELO DESASTRE.....	156
6.2	IDENTIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E MENSURAÇÃO DOS DANOS SOCIOAMBIENTAIS DECORRENTES DO DESASTRE NA BACIA DO RIO DOCE NO MÉDIO/ LONGO PRAZO.....	168
6.2.1	Qualidade de Água para Consumo Humano.....	171
6.2.2	Qualidade do Ar.....	172
6.2.3	Biomagnificação na fauna aquática.....	173
6.2.4	Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana.....	176
6.3	CARACTERIZAÇÃO E MENSURAÇÃO DANOS SOCIOECONÔMICOS DECORRENTES DO DESASTRE NA BACIA DO RIO DOCE NO MÉDIO/ LONGO PRAZO.....	178

6.3.1	Implicações à saúde pública.....	179
7	DESAFIOS PARA A GOVERNANÇA EM UM CENÁRIO DE VULNERABILIDADES E INCERTEZAS.....	191
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	206
	REFERÊNCIAS.....	208

1. INTRODUÇÃO: ANTECEDENTES

No dia 05 de maio de 2016, há exatos seis meses do rompimento da barragem da Samarco, diversas instituições de pesquisas, órgãos de governo, movimentos sociais e atingidos pelo desastre se reuniram no Hotel Providência, na área urbana da cidade de Mariana, estado de Minas Gerais-MG. O encontro tinha como finalidade ampliar as percepções dos atores interessados e discutir as possíveis implicações do Desastre Tecnológico da Samarco, sem, contudo, deixar de buscar alternativas de enfrentamento da grave situação socioambiental envolvendo novos cenários de risco, além da iminente possibilidade de ocorrência de novos rompimentos de barragens. Naquele momento, pouco se discutia no Brasil sobre os riscos que orbitam o mundo minerário e seus possíveis desfechos à sociedade.

Este é o ponto de partida para a composição desta tese: resultado de uma breve trajetória de pesquisa do autor no curso de doutorado em Saúde Pública da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, da Fiocruz /Rio de Janeiro, e como pesquisador assistente e integrante do Centro de Estudos e Pesquisas em Emergências e Desastres em Saúde - CEPEDES-FIOCRUZ_RJ.

Ao abordar a problemática de desastres¹ envolvendo rompimentos de barragem de mineração, pretendemos identificar e discutir a elaboração de políticas públicas sobre a redução de risco de desastres tecnológicos² decorrentes da implantação de projetos minerário e suas repercussões à saúde da população e às sociedades mais diretamente atingidas. As vidas perdidas, os danos à saúde, os impactos no ecossistema e nos modos de viver da população torna-se urgente essa discussão e visa reduzir os riscos e vulnerabilidade dos grupos sociais mais diretamente expostos. Devemos ter em conta que os efeitos desses desastres são imediatos e locais, mas se estendem também, tanto no tempo, do imediato ao longo prazo, como no espaço, afetando lugares e comunidades à quilômetros de distância do lugar do desastre.

¹ De acordo com o glossário das definições básicas sobre redução do risco de desastres, produzido pela Estratégia Internacional para a Redução de Desastres (EIRD), um desastre se constitui através de um evento que ocasione a interrupção grave do funcionamento de uma comunidade ou sociedade. Essa interrupção envolve, simultaneamente, perdas materiais e econômicas, assim como danos ambientais e à saúde das populações, através de agravos e doenças que podem resultar em óbitos imediatos e posteriores. (EIRD, [S.I]; (NARVÁEZ, ORTEGA e LAVELL, 2009)).

² Desastres tecnológicos são definidos como: "qualquer evento não planejado envolvendo substâncias perigosas que causem ou possam causar danos à saúde, ao meio ambiente ou à propriedade, como a fuga ou vazamento de substâncias perigosas, explosões e incêndios"(UNDRR, 2018, pág. 5)

Ao analisarmos tais eventos, é possível compreender os meandros das atividades de mineração e vislumbrar cenários de risco pouco acessível em “situações normais”, em que as falhas e anormalidades, incidentes e acidentes de menor impacto tornam-se invisíveis e são transformados em “normalidades” (FREITAS, SILVA, MENEZES, 2016). A partir de sua análise, esperamos que seja possível visualizar uma cadeia de eventos que favorecem sua ocorrência, mas também amplificam e multiplicam os danos.

Para se compreender esse desastre e seu significado no âmbito da Saúde Pública, é necessário se considerar três consequências, combinadas ou não entre si: (i) interrupção do funcionamento normal das sociedades mais diretamente afetados, envolvendo perdas e prejuízos (materiais e culturais, econômicos e ambientais), bem como alteração do processo de saúde e doença, elevando-se riscos, doenças e óbitos em uma escala territorial ampliada; (iii) alteração dos contextos de produção de riscos e doenças, entre características preexistentes e novas, criados após o evento, resultando em uma sobreposição de condições de risco e danos ambientais e humanos nos territórios e populações afetados, possíveis de se prolongar por meses e anos; (ii) e sobrecarga das capacidades institucionais locais ou estaduais, superior a sua capacidade de atuação com uso de seus próprios recursos.

Para compreendermos estes eventos sobre a perspectiva da Saúde Pública, é fundamental, que tenhamos um olhar atento ao aprendizado institucional que podem proporcionar. De forma que haja o desenvolvimento de estratégias de prevenção, respostas imediatas, reabilitação e recuperação da saúde; e, no longo prazo, apoiar a reconstrução das condições de vida desses territórios, tendo como marco e referência o direito à saúde e sua relação com os direitos sociais e ambientais. Por tanto, este tipo de evento deve ser analisado em um contexto mais amplo de geração de danos e risco.

A humanidade enfrenta na atualidade seu maior desafio de gestão e governança sobre as questões ambientais. Lamentavelmente, cabe a nós rememorar e defender o esforço pretéritos daqueles que insistiram em ser contra-hegemônico e não se abstiveram de reivindicar um modelo produtivo capaz de preservar a natureza e seus recursos para as próximas gerações.

Nos anos 1970, deu-se início a busca de um modelo de desenvolvimento civilizatório e econômico sustentável. Embate que toma corpo no cenário político internacional com a Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo (Suécia), em 1972. A conferência de Estocolmo é considerada um marco no desenvolvimento das políticas ambientais e um incubador de uma série de repercussões no campo. Foi um ponta pé no processo que culminou em contingências nacionais e internacionais no estabelecimento de princípios mínimos para a preservação e sustentabilidade ambiental. Não

se limitou, exclusivamente, à discussão de preservação da natureza. A conferência também abordou pautas sobre direitos humanos, gestão de recursos naturais, prevenção da poluição e melhorias na relação entre meio ambiente e desenvolvimento econômico.

Nos anos 1980, já assistíamos em escala global aos impactos negativos do modelo de desenvolvimento produtivo sobre os sistemas ecológicos e sociais, podendo ser constatados os graves efeitos deletérios à saúde ao sistema planetária. O desastre de Bophal, ocorrido na Índia em 1984, e o desastre nuclear de Chernobyl, ocorrido na cidade de Pripiat em 1986, no norte da Ucrânia, são exemplos de desastres tecnológicos que evidenciaram como falhas de processos organizacionais e técnicos podem levar a consequências extremamente graves. Ainda no final da década, em 1989, ocorreu um movimento para alterações dos paradigmas vigentes para o enfrentamento dos riscos associados aos processos industriais.

Em 1989, a Assembleia Geral da ONU lançou a Década Internacional para a Redução de Desastres, com foco nos desastres Naturais, apontando pra a necessidade de reconhecimento da importância de reduzir o impacto de desastres, em particular, para os países em desenvolvimento.

Em 1992, realizou-se no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, informalmente conhecida como a Cúpula da Terra. Essa Conferência teve entre seus objetivos o estabelecimento de metas de redução das emissões, na garantia de um desenvolvimento econômico mais sustentável ambientalmente e teve como resultado o tratado internacional “Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas” (UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change). O objetivo da Convenção era de limitar a concentração dos "gases estufa" (CO₂, metano, ozônio, clorofluorcarbonos, óxidos de nitrogênio) em um nível que pudesse prevenir as perigosas interferências de atividades antropogênicas sobre os sistemas climáticos, garantindo condições mínimas para que haja produção de alimento e o desenvolvimento econômico se desse de maneira sustentável.

A Convenção estabeleceu ainda que os países deveriam proteger o clima segundo as respectivas capacidades de execução para aquele momento (artigo 3.1), e que as incertezas científicas não deveriam ser usadas como motivo para adiar medidas de proteção e reparação em áreas onde pudessem existir ameaças de danos sérios ou irreversíveis.

Esse processo foi seguido da cooperação internacional no campo da redução do risco de desastres. Os 10 anos seguintes constituíram avanços nesse campo. Primeiro com a aprovação da Estratégia de Yokohama de 1994, para um mundo mais seguro. Em seguida, a criação, em dezembro

de 1999, da Estratégia Internacional para a Redução de Desastres (United Nations International Strategy for Disaster Reduction, UNISDR).

Em janeiro de 2005, a Assembleia Geral da ONU convocou a segunda Conferência Mundial sobre Redução de Risco de Desastre (RRD)³ em Kobe, Hyogo, Japão, que concluiu a revisão da Estratégia de Yokohama e seu Plano de Ação. O resultado desse processo foi a adoção, no ano de 2005, do Marco de Ação de Hyogo 2005–2015: construindo a resiliência das nações e comunidades para desastres (UNISDR, 2005). O acordo foi aprovado em consenso por 168 países e estabeleceu cinco prioridades de ação para a área.

O Marco de Hyogo desempenhou um papel importante e seus maiores avanços foram observados nas ações de melhorias institucionais, aprovação de legislações específicas e fortalecendo a preparação e resposta a desastres. Ainda no ano de 2005 foi aprovado o novo Regulamento Sanitário Internacional (RSI) (WHO, 2005). Seu objetivo foi de avançar sobre as falhas para detectar e responder aos riscos de disseminação de doenças entre os países, definiu-se como objeto de atenção do mesmo o tema das Emergências de Saúde Pública de importância internacional (ESPI).

O Marco de Hyogo e o RSI, ambos de 2005, já apontavam para a convergência no desenvolvimento de políticas de redução de riscos de desastres e o fortalecimento e ampliação da capacidade de vigilância e resposta às Emergências em Saúde Pública. O debate internacional contribuiu para o entendimento de que desastres não são eventos isolados nem em sua gênese nem em suas consequências. Esta compreensão da complexidade, e, conseqüentemente, da multidisciplinaridade desses eventos abre caminhos para aumentar nossa capacidade de preveni-los, e quando não, ao menos de mitigar suas consequências. A participação do setor saúde é crucial para o equacionamento dos problemas e na proposição das soluções, para este campo específico, e também o cerne dessa tese.

Para enfrentar este problema de Saúde e ambiente, nossas reflexões se dão na perspectiva do campo da Vigilância em Saúde Ambiental, que no Brasil foi semeada na constituição de 1988 e inserida na atuação do setor público de saúde com a lei do SUS 8080/90

³ A redução do risco de desastres abrange as atividades científicas, políticas e práticas que visam reduzir as perdas em vidas, meios de subsistência e saúde. Assegurar que a resposta emergencial aos desastres seja adequada e implemente os mais altos padrões de gestão clínica e de recursos para minimizar ferimentos, sofrimento e perda de vidas, requer prevenção e preparação em todo o ambiente de serviços de emergência em saúde e outros setores (AITSI-SELMÍ e MURRAY, 2016).

e se desenvolveu no final da década de 90. Inicialmente, o campo se dedicou aos desafios de elucidação do tratamento dos determinantes de saúde e ambiente, mas também incorporou diretrizes programáticas que já se colocava como tema central nas discussões emergentes.

De acordo com Tambellini e Camara (1998), a Saúde Ambiental, antes restrita ao debate de questões ligadas ao saneamento e a qualidade da água para consumo humano, reivindicou a incorporação de questões proveniente do modelo de desenvolvimento econômico brasileiro, como as que envolvem poluição química, pobreza, equidade e condições de vida. A discussão e a incorporação da temática associado ao binômio “*Saúde e Ambiente*” no campo do conhecimento e das práticas de intervenção em saúde coletiva implicaram no desenvolvimento de uma abordagem teórico conceitual com foco nas relações entre produção, ambiente e a saúde.

Inicialmente, a maior convergência entre as políticas de redução de riscos de desastres e o fortalecimento e ampliação da capacidade de vigilância e resposta às emergências em saúde pública, incluindo, os desastres ditos “naturais” como os “tecnológicos”, ocorreu no início do século XXI, com o Marco de Sendai (2015-2030) (UNISDR, 2015).

O Marco Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030 oferece um guia orientador que permite aos países signatários mecanismos de fortalecimento de seus processos de planejamento com vistas a alcançar soluções para ameaças que a exposição aos desastres e às emergências em saúde pública acarretam. Sem, contudo, deixar de oferecer uma crítica radical ao paradigma tecnocrático dominante, colocando em destaque os mecanismos que tornam certas comunidades inseguras e reconhece as vantagens e desvantagens que determinados grupos possuem frente aos riscos.

E, nesse processo, o Marco de Sendai torna-se de grande importância para orientar as políticas, as ações e estratégias de redução de riscos de emergências e desastres associadas às políticas, ações e estratégias de desenvolvimento sustentável. Buscou-se a ampliação da percepção dos temas correlacionados direta ou indiretamente a ocorrência de desastres, reafirmando que não é possível assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos sem que haja, tanto pelas instâncias públicas como privadas, gerenciamento dos riscos existentes, assim como a implantação de medidas de prevenção e preparação de resposta. Para que essa tendência seja efetivamente estruturada, ainda é necessário que haja implementação de processos de organização multidisciplinar, execução e monitoramento intra e interinstitucional, e ações de preparação das comunidades expostas, alerta precoce, e resposta de maneira integral dos processos de reabilitação, recuperação e reconstrução das condições de vida e saúde.

Apesar de grandes avanços terem sido conquistados nos últimos anos, as políticas, ações e estratégias de enfrentamento aos desastres e emergências em saúde com frequência são adotadas dissociadas dos objetivos de recuperação, de reabilitação e de reconstrução de longo prazo. Ao mesmo tempo, populações e comunidades, à medida que enfrentam esses eventos como ocorrências restritas a temporalidades específicas (de horas a anos, a depender do evento), necessitam muitas vezes que as respostas pontuais e focais específicas sejam acompanhadas de políticas que contribuam para reduzir suas condições de vulnerabilidade e exposição, o que demandam o desenvolvimento econômico e social de longo prazo, incluindo a necessidade de implementar meios de subsistência sustentáveis e equitativos (SILVA, XAVIER, ROCHA, 2020).

Considerando a experiência adquirida com a implementação do Marco de Ação de Hyogo e buscando resultados e objetivos esperados, o Marco de Sendai 2015-2030 requer mecanismos de governança multissetorial e transdisciplinar que apoie uma colaboração mais estreita entre os atores relevantes para prevenir, preparar e recuperar-se de desastres, bem como para responder de forma eficaz.

Os avanços obtidos no progresso da pesquisa sobre a redução de risco de desastres demonstram que o fenômeno natural ou o desenvolvimento tecnológico que determinam sua ocorrência e a magnitude dos eventos, mas a convergência de situações de condições de vulnerabilidade, diferentes formas e vias de exposição, bem como as capacidades institucionais de prevenção e respostas das sociedades, envolvendo desde a capacidade de antecipação e alerta, até os processos de recuperação e reconstrução, que se apresentam como fator “modulador” do evento.

Serão esses elementos que direcionarão esta tese, pois não se trata apenas de um exercício de sistematização sobre os casos de desastres que iremos apresentar. Objetiva, subsidiar a discussão de políticas de saúde voltadas a gestão de risco de desastres decorrentes da implantação de projetos minerários que se utilizam de barramentos para disposição de resíduos/rejeitos de mineração. Tendo em vista a riqueza e complexidade do debate julgou-se pertinente discutir no Capítulo 3- o porquê devemos ter, como sociedade e setor saúde, um olhar atento para este problema de saúde pública. Partiremos de uma conceituação sobre a natureza do *Risco* e o porquê a Saúde pública/ Coletiva deverá empenhar ações específicas para cessar ou reduzir os danos e risco, não só os de curto prazo. Mas também devemos estar atentos e preparados para que haja o correto contingenciamento de mecanismos de monitoramento, vigilância e atenção em saúde de médio e longo prazo.

No Capítulo 4, iremos destacar e discutir algumas das dimensões sociais, tecnológicas, culturais, institucionais, econômicas e políticas imbuídas nas origens desses desastres. Tomando como partida escritos de autores importantes, que são referência no campo da sociologia dos desastres tecnológicos-Chales Perrow, Jean-Christophe Le Coze e Michael Llory e René Montmayeut. Apresentaremos que desastres tecnológicos, como os rompimentos de barragens de mineração, revelam fraquezas institucionais das organizações sobre seus processos produtivos e de regulação; enraizados em fatores organizacionais (escolhas orçamentárias, destinação de recursos, etc.) e vulnerabilidades institucionais dos reguladores. Assim, neste Capítulo discutiremos alguns dos processos que favorecem o aparecimento de ações arriscadas e condutas degradadoras da segurança do sistema. Também, iremos apresentar o marco regulatório para esses processos produtivos e como a governança para o setor ainda se coloca de forma “fraca” na realidade Brasileira.

Discutiremos, ainda sobre a atuação das instituições brasileiras e sua real capacidade de regulação e redução dos riscos dos empreendimentos minerários, em particular a atuação da Agência Nacional de Mineração (ANM) e o estágio de implementação da Política Nacional de Segurança de Barragem, que, parafraseando C. Perrow, adianto ao leitor, a atuação desses atores no sistema de gestão de risco se demonstram de forma assustadora. Não que seja tão diferente da atuação de outras agências reguladoras. Não é! É assustador porque o potencial catastrófico desta indústria exigiria dos reguladores um perfeito recorde de desempenho: estamos longe de conseguir isso.

No Capítulo 5, iremos apresentar a complexa e falha estrutura de resposta e recuperação elaborada no Caso do Rompimento da Barragem da Samarco (2015), na bacia do Rio Doce, e a letárgica atuação institucional no caso Vale (2019), na bacia do Rio Paraopeba, seus estágios de recuperação e reconstrução, e a débil estrutura de governança desenvolvida.

No Capítulo 6, detalharemos, do ponto de vista da Saúde Coletiva, a importância de olharmos para as múltiplas consequências políticas, religiosas, sociais, econômicas e científica que desastres tecnológicos da mineração podem causar. Partiremos do paradigma preventivista onde o risco à saúde das populações afetadas não se encontra apenas no potencial de danos no curto prazo – óbitos e efeitos imediatos à saúde –, mas também na emergência de gestão de novos cenários de riscos, problemas ambientais, sociais e de saúde complexos, população exposta, condições de vulnerabilidade social e ambiental em um cenário onde o Estado apresenta baixa capacidade de redução de risco de doenças e agravos futuros. Estas condições estão intimamente relacionadas, pois acidentes dessa natureza envolvem contaminantes, riscos à saúde cercados por incertezas, ambiguidades de interpretação e ignorâncias, além de valores

e decisões urgentes para cessar ou diminuir as exposições e riscos, bem como, cuidar dos danos e doenças, não só as de curto prazo, mas também de médio e longo prazo. Considerando estes aspectos, apresentaremos a situação das populações expostas ao desastre da Samarco e as consequências de longo prazo, considerando 6 anos de sua ocorrência e as lições não aprendidas do caso estudado.

Concluiremos, sem a pretensão de exaurir a temática, no Capítulo 7, apresentando perspectivas de gestão de risco de desastres envolvendo aspectos da saúde. Objetivamos apresentar as ações setoriais, com ênfase na gestão da saúde dos desastres tecnológicos abordados, contribuindo para gerar informação para a formulação de estratégias orientadas à redução dos riscos e consolidação da resiliência das populações e do governo.

Dessa forma, a tese apresentará como resultado:

1- A identificação dos principais problema socioambiental nos casos estudados: seus processos de sobreposição de risco; e incertezas na análise da situação de saúde presente e futura.

2 – Uma compreensão dos processos de determinação sociais dos riscos relacionado ao desastre tecnológico de barragens de mineração;

3- Uma abordagem do papel e os limites de atuação do setor saúde e parceiros na preparação e resposta da gestão de risco dos desastres tecnológicos.

4- Proposição de mecanismos de governança e gestão de risco no âmbito da saúde ambiental incluindo ações integradas e participativas de preparação e respostas aos desastres de barragens de mineração.

Cabe ressaltar que esta tese foi concluída a partir de uma coletânea de artigos, capítulos de livros, notas técnicas, palestras e seminários produzido pelo autor, orientador e colegas que colaboraram de forma oportuna.

2 PROPOSTA METODOLÓGICA

A pesquisa utiliza o método de estudo de caso para analisar os dois desastres de rompimento de barragem de mineração ocorrido no Brasil: Desastre da Samarco (2015) e da Vale (2019). Estudos de caso não se trata de uma técnica específica, mas uma análise holística, a mais completa possível, que considera a unidade social estudada como um todo com o objetivo de compreendê-la sobre seus próprios termos. O estudo de caso reúne o maior número de informações detalhadas, por meio de diferentes técnicas de pesquisa, com o objetivo de compreender a totalidade de uma situação e descrever a complexidade de um caso concreto. São recomendados para examinar fenômenos complexos através de descrição exaustiva de um objeto delimitado (GOLDENBERG, 1998).

Esta pesquisa também se insere em um caráter de pesquisa em movimento e ação. Inserido simultaneamente ao processo de mudanças sociais em curso, perseguiu-se, dessa maneira, dois objetivos concomitantes: modificar uma realidade e adquirir novos conhecimentos específicos do caso estudado. Com alcance sociopolítico ampliados (quadro 1), buscou-se fortalecer ações relacionadas à teoria, à prática e à ação, permitindo gerar conhecimentos novos e originais e elevar a percepção social aos desastres tecnológicos.

O autor coletou dados primários em várias ocasiões no escopo do projeto (CAAE: 18721419.1.0000.5240) – “Compreender as ações do setor saúde nos desastres tecnológicos da Vale S.A, em Brumadinho, e da Samarco, em Mariana, contribuindo para gerar informação para a formulação de estratégias orientadas à redução dos riscos e aumento da resiliência das populações e do governo. Sob a orientação do Prof. Dr. Carlos Machado de Freitas, o autor organizou e participou de seminários ao longo do programa de formação de doutoramento; promoveu debates envolvendo pesquisadores, afetados, impactados e representantes de instituições públicas. Também visitou comunidades ao longo do Rio Doce e região do Rio Paraopeba.

Em cada uma dessas ocasiões, além de entrevistas formais e informais, foi possível coletar informações, principalmente em notas de campo, entrevistas gravadas, fotos e vídeos. O autor entrevistou formalmente trabalhadores do setor saúde, encaminhou discussões em seminários e conferências realizadas por diferentes atores institucionais; ainda integrou como convidado reuniões consultivas do sistema de governança do desastre da Samarco, compondo a Câmara Técnica de Saúde de 2017 a 2018.

Não obstante, em contínuo processo de pesquisa e divulgação de resultados, publicou artigos, capítulo de livro e notas técnicas sobre o objeto de estudo e temas correlatos à área de

desastre. Participou do programa de formação de recursos humano da escola Nacional de Saúde Pública da Fiocruz Rio de Janeiro (ENSP) na qualidade de docente do Curso Gestão de Risco de Emergências e Desastres em Saúde Pública. Prestou assistência de orientação na formação de especialistas voltadas a capacitação de profissionais do Sistema Único de Saúde em desastre. Participou do Programa de Mobilidade Acadêmica (edital 20190/2020) onde esteve no Instituto René Rachou (Fiocruz_MG) sobre os cuidados do docente Sérgio William Viana Peixoto, objetivando buscar contribuições na estruturação e na concepção do projeto de pesquisa. E, não menos importante, atuou na qualidade de pesquisador Centro de Estudos e Pesquisas em Emergências e Desastres em Saúde (CEPEDES) da Fiocruz Rio de Janeiro.

As informações secundárias foram obtidas em documentos oficiais, relatórios corporativos e meios de comunicação em geral. Todo esse material foi submetido à análise e sistematização de conteúdo e apresentado em formato de livro, compatível com as exigências do programa de formação de doutores da Escola Nacional de Saúde Pública.

Relacionamos aqui os principais materiais, produzidos em formatos ditos acadêmicos tradicionais (artigos, capítulos de livros e notas técnicas), fundamentais não apenas como recursos mediadores nas práticas comunicativas, como também de caráter norteador do trabalho de comissões de investigações, tais como, a Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI: ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE BRUMADINHO), de apropriação de conhecimentos e informações sobre e para o território.

Parte do acervo produzido permanece depositado no repositório institucional de acesso aberto da Fiocruz, nomeado de ARCA, onde poderão ser localizados pelos nomes dos materiais.

Quadro 1 -Produção e participação na comunidade acadêmica.

Produto	Descrição	ANO	Local/ Revista	Link/ Referências
Artigos	Sobreposição de riscos e impactos no desastre da Vale em Brumadinho	2020	CIÊNCIA CULTURA E	SILVA, M. A. et al Sobreposição de riscos e impactos no desastre da vale em brumadinho. Ciência e Cultura, Belo Horizonte, v. 72, n. 2, apr/june 2020. ISSN http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602020000200008 .
	Segurança de barragens e os riscos potenciais à saúde pública	2020	SAÚDE DEBATE	SILVA, E. L.; SILVA, M. A. Segurança de barragens e os riscos potenciais à saúde pública. Saúde em Debate, Rio de Janeiro, v. 44, n. ESPECIAL, p. 242, Julho 2020. ISSN DOI: 10.1590/0103-11042020E217.
	Do global ao local: desafios para redução de riscos à saúde relacionados com mudanças climáticas, desastre e Emergências em Saúde Pública	2020	SAÚDE DEBATE	SILVA, M. A.; XAVIER, S. R.; ROCHA, V. Do global ao local: desafios para redução de riscos à saúde relacionados com mudanças climáticas, desastre e Emergências em Saúde Pública. SAÚDE DEBATE, Rio de Janeiro, v. 44, n. 2, p. 38-57, Julho 2020. ISSN DOI: 10.1590/0103-11042020E2XX.
	Mudanças climáticas, redução de riscos de desastres e emergências em saúde pública nos níveis global e nacional.		ARCA	FREITAS, C. M. et al Mudanças climáticas, redução de riscos de desastres e emergências em saúde pública nos níveis global e nacional. FIOCRUZ. Rio de Janeiro, p. 119. 2019. (https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/40346).
	Acidentes de trabalho que se tornam desastres: os casos dos rompimentos em barragens de mineração no Brasil	2019	REVISTA BRASILEIRA DE MEDICINA DO TRABALHO	FREITAS, C. M.; SILVA, M.A. Acidentes de trabalho que se tornam casos dos rompimentos em barragens de mineração no Brasil. REVISTA BRASILEIRA DE MEDICINA DO TRABALHO, v. 17, p. 21-29, 2019
	Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva	2019	CADERNOS DE SAÚDE PÚBLICA	FREITAS, C. M.; BARCELLOS, C.; ASMUS, C.I.R.F.; SILVA, M. A.; XAVIER, D.R. Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva. CADERNOS DE SAÚDE PÚBLICA, v. 35, p. e00052519, 2019.
	Conquistas, limites e obstáculos à redução de riscos ambientais à saúde nos 30 anos do Sistema Único de Saúde	2018	CIÊNCIA & SAÚDE COLETIVA	FREITAS, C. M. ; ROCHA, V.; SILVA, E.L.; ALPINO, T.M. A.; SILVA, M.A.; MAZOTO, M.L. Conquistas, limites e obstáculos à redução de riscos ambientais à saúde nos 30 anos do Sistema Único de Saúde. Ciência & Saúde Coletiva, v. 23, p. 1981-1996, 2018.
	O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres	2016	CIÊNCIA CULTURA E	FREITAS, C. M.; SILVA, M.A.; MENEZES, F.C. O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. Ciência e Cultura, v. 68, p. 25-30, 2016.
Capítulo de Livros	Desastres tecnológicos em barramentos de rejeitos de mineração: impactos, danos e perspectivas de gestão de risco	2020	Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano. 2ed	SILVA, MARIANO ANDRADE DA; FREITAS, CARLOS MACHADO . DESASTRES TECNOLÓGICOS EM BARRAMENTOS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO: IMPACTOS, DANOS E PERSPECTIVAS DE GESTÃO DE RISCO. In: Lourenço Magnoni Junior, Carlos Machado de Freitas, Eymar Silva Sampaio Lopes, Gláucia Rachel Branco Castro, Humberto Alves Barbosa, Luciana Resende Londe, Maria da Graça Mello Magnoni, Rosicler Sasso Silva, Tabita Teixeira e Wellington dos Santos Figueir. (Org.). Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano. 2ed.São Paulo: Centro Paula Souza, 2020, v. 865, p. 326-358.

Autor de Livro	Guia de Preparação e Respostas do Setor Saúde aos Desastres.	2018		Carlos Machado de Freitas/ Eliane Lima e Silva / Isadora Vida de Maira Lopes Mazoto / Mariano Andrade da Silva / Tais de Mou Thamisir Cristina Carqueija Mello / Vânia da Rocha : Guia de Respostas do Setor Saúde aos Desastres. – Rio de Janeiro, RJ : F de Vigilância em Saúde, 2018
Nota técnica	A gestão de riscos e governança na pandemia por covid-19 no brasil	2020		FREITAS, CARLOS MACHADO ; CIDADE, N. C. ; SILVA, M. A. ; PI I. V. M. ; NUNES, F.S ; FREITAS, MD . A GESTÃO DE RISCOS E GC PANDEMIA POR COVID-19 NO BRASIL análise dos decretos esta mês.. 2020.
Organizações de eventos	Seminário "Desastre da Vale S.A, em Brumadinho: Balanço de Seis Meses de Impacto e Ações	2019	BRUMADINHO_MG	http://www.cpqrr.fiocruz.br/pg/6-meses-de-impactos-e-aco-es-do-sus-da-vale-s-a/
	Desastre da Vale S.A. em Brumadinho - Impactos sobre a saúde e desafios para a gestão de riscos	2019	LOCAL: PAVILHÃO ARTHUR NEIVA	https://portal.fiocruz.br/es/node/58747
	O desastre da Samarco: balanço de seis meses de impactos e ações	2016	MARIANA_MG	http://www.cpqrr.fiocruz.br/pg/o-desastre-da-samarco-balanco-de-se-impactos-e-aco-es/
Apresentação/ Palestras/ Seminários	Desastre em Barragem de Mineração: Danos intensivos; Risco extensivos	2021	UFG	
	Desastres em barragens de mineração e saúde coletiva	2020	FEIRA DIGITAL DE SOLUÇÕES PARA A SAÚDE	https://www.fiocruzbrasil.fiocruz.br/feira-digital-de-solucoes-para-a-saude-9-de-dezembro/
	Modelo de desenvolvimento, desastre em barragem de mineração e impactos sobre a saúde	2019	CÂMARA DE VEREADORES DE BRUMADINHO	https://portal.fiocruz.br/es/node/58747
	Acidentes ampliados e desastre de mineração	2019	WORKSHOP BARRAGEM DE REJEITO – IPT	
	Impactos ambientais e na saúde causados pelos rejeitos de minério da Samarco e da Vale S.A	2019	COMISSÃO INTERSETORIAL DE AMIANTO_BA	
	Desastre tecnológicos	2019	REDE DE EDUCAÇÃO PARA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRE RED	
	Desastre e emergência em saúde	2018	ESP_MG	
	Preparação e resposta do setor saúde ao rompimento de barragem de mineração	2019	SES_MG	
	Formação em saúde para fortalecimento da capacidade de preparação e respostas frente a desastres	2018	CONGRESSO BRASILEIRO DE SAÚDE COLETIVA	FREITAS, CARLOS MACHADO DE ; ROCHA, VÂNIA ; MAZOTO, MAÍRA LOPES ; SILVA, M. A. . FORMAÇÃO EM SAÚDE PARA FORTALECIMENTO DA CAPACIDADE DE PREPARAÇÃO E RESPOSTAS FRENTE A DESASTRES. In: ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE SAÚDE COLETIVA. In.: Anais do Congresso Brasileiro de Saúde Coletiva; Rio de Janeiro.Rio de Janeiro.Brasil.

2.1 SITUAÇÃO PROBLEMA E PRINCIPAIS INDAGAÇÕES

O presente estudo está baseado na necessidade de identificar evidências empíricas obtidas por meio de diferentes técnicas de coleta de dados. A finalidade é produzir análises explicativas para o fenômeno estudado e gerar subsídios ao setor saúde no enfrentamento dos cenários de risco (passados, presente e futuros). O objeto de pesquisa requer método investigativo e técnicas de coleta de dados que permita analisar os processos organizacionais do acidente; das situações de saúde das áreas afetadas; do processo de governança e a atuação dos atores na construção e gestão de risco: das ações de preparação, organização e resposta nos casos de rompimento de barragens de mineração estudados.

Considerando que desastres tecnológicos da mineração são acidentes originados nos processos de trabalho das mineradoras e influenciado pelo modelo de desenvolvimento brasileiro, ainda que sejam múltiplas as causas que levam a este desastre, torna-se relevante apresentar os fatores relacionados, assim como, fornecer subsídios para a organização do setor saúde no enfrentamento de eventos futuros.

Fundamental, em nossa proposta, é analisar o desastre em três diferentes dimensões: uma dimensão transversal, ou seja, comportamento com outros setores ou sistemas que atuem sobre a organização do sistema sócio técnico, sua inserção na economia global, práticas de licenciamento, legislação específicas, e os setores que respondem pelo monitoramento, fiscalização e resposta nos desastres tecnológicos (defesa civil, meio ambiente, setor saúde). Uma dimensão vertical, das práticas de gestão da empresa em seus níveis hierárquicos; das legislações do setor (global, nacional e estadual). E uma dimensão temporal, considerando que o rompimento da barragem não se inicia com o acidente e, tampouco, termina a partir de sua ocorrência.

A partir de uma perspectiva de governança, que deve ser compreendida como um conjunto de arranjos e processos estruturais através dos quais a tomada de decisões e ações coordenadas ocorrem (TIERNEY, 2012). Foi necessário albergar uma estrutura de pesquisa que abrangesse atores estatais e não estatais. Um fator de relevância, segundo esta perspectiva, é visibilizar o papel desempenhado pelos atores não estatais cada vez mais relevantes no cenário de gestão de risco; envolver simultaneamente distintas perspectivas, dinâmicas e visões de diferentes campos de conhecimento; combinar diferentes escalas espaciais, atores, organização e articulações intra e intersetorial; e seus fluxos nos diferentes níveis e escalas. No quadro 2, definimos os diferentes níveis e escalas de análise do tema a ser estudado.

Quadro 2 Níveis e escalas de análise - vertical e horizontal

Nível e atores	Construção Social do Risco atores Estatais e privados	Caso de estudo Samarco	Caso de estudo Vale S.A
Global/ Supranacional	Processos de determinação econômica; governança global do setor de mineração.	A inserção da Empresa Samarco nos processos econômicos globais.	A inserção da Empresa Vale S.A nos processos econômicos globais.
Nacional	Legislação do setor de mineração; setor ambiental; defesa civil; e setor saúde.	Modelo produtivo nacional; órgãos de regulação, fiscalização e legislativo.	Modelo produtivo nacional; órgãos de regulação, fiscalização e legislativo.
Estadual/Regional	Atores e legislação do setor ambiental; defesa civil; e setor saúde.	Licenciamento; Gestão de risco; fiscalização; preparação e resposta do setor ambiental; defesa civil; e setor saúde. Avaliação dos mecanismos de gestão e tomada de decisão em relação ao processo de recuperação e mitigação do desastre.	Licenciamento; Gestão de risco; fiscalização; preparação e resposta do setor ambiental; defesa civil; e setor saúde. Avaliação dos mecanismos de gestão e tomada de decisão em relação ao processo de recuperação e mitigação do desastre.
Local / Municipal	Danos e impactos às diferentes dimensões da saúde, vulnerabilidades e incertezas	Efeitos de curto, médio e longo prazo e necessidade de tomada de decisão em caráter de urgência e incertezas e	

Compreender o risco de desastres nas suas várias dimensões (perigos e ameaças, vulnerabilidades, capacidade de resposta, exposição de bens e pessoas e problemas ambientais) visa superar as concepções monocausais que limitam o aprendizado e a implementação de políticas e práticas de gestão do risco de desastres. Os conflitos identificados, como resultado das disputas entre os diferentes sujeitos sociais, que embora possam ser delimitados no tempo, em relação a sua ocorrência, apresentam como característica fronteiras espaciais e temporais relativamente difusas, exposição, riscos, danos e doenças que exigem abordagem sistêmicas e de ações de saúde pública (vigilância e atenção) integrais.

Assim, nossa proposta visa destacar as condições sociais e políticas que contribuíram para a ocorrência do desastre tecnológico da Samarco e da Vale S.A, caracterizar as falhas de natureza organizacional, bem como as diferentes estruturas e fases de preparação e resposta e mitigação, reabilitação e reconstrução existentes. Desse modo, é possível estabelecer as

diferentes vulnerabilidades (institucional, socioeconômica e ambiental); falhas nas ações de assistência e resposta e agravos à saúde relacionado aos desastres.

No quadro 3 listamos as principais técnicas e resultados obtidos ao longo do percurso metodológico que encaminhou na construção da tese.

Quadro 3 - Técnicas de coleta de dados, finalidades, fonte e resultados esperados

Objetivos	Técnica	Bases de dados	Fontes/atores	Resultados esperados	Resultados obtidos	Estrutura da tese
Compreender o problema socioambiental nos casos estudados: seus processos de sobreposição de risco e incertezas na análise da situação de saúde.	Análise analítica e descritiva; Revisão bibliográfica a partir de pesquisa de dados secundários; -Uso combinado de vários instrumentos de coleta – visa superar uma visão unilateral do objeto estudado.	Utilização de Bases de dados científicas; bancos de dados públicos e coleta de informações em bases de dados científicas; -Documentos oficiais;	--Agências reguladora; -Órgãos ambientais; -Defesa civil; -Setor saúde - Bases de dados do SUS (DataSUS).	Conhecer os cenários de risco e problemas enfrentados na preparação e resposta do desastre; Avaliação da capacidade de resposta; identificação dos (determinantes) e processos de resposta dos problemas identificados.	– SILVA, M. A. et al Sobreposição de riscos e impactos no desastre da vale em Brumadinho. Ciência e Cultura, Belo Horizonte, v. 72, n. 2, apr/june 2020. ISSN http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602020000200008 . – FREITAS, C. M.; BARCELLOS, C.; ASMUS, C.I.R.F.; SILVA, M. A.; XAVIER, D.R. Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva. CADERNOS DE SAÚDE PÚBLICA, v. 35, p. e00052519, 2019. – FREITAS, C. M.; SILVA, M.A.; MENEZES, F.C. O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. Ciência e Cultura, v. 68, p. 25-30, 2016.	Capítulo I, III e IV
Compreender os processos de determinação sociais dos riscos relacionado ao desastre tecnológico de barragens de mineração;	Revisão bibliográfica a partir de pesquisa de dados secundários; -Uso combinado de vários instrumentos de coleta – visa superar uma visão unilateral do objeto estudado.	- Bases de dados científicas; -Documentos oficiais; -Leis nacionais; - Documentos oficiais;	Governança global do setor de mineração; -Empresas Samarco e Vale; -Agências reguladora; -Órgãos ambientais; -Defesa civil; -Setor saúde	- Análise descritiva, explicativa das características, fatores ou variáveis que conduziram ao desastre. Analisar a dimensão transversal, vertical e temporais dos fatores de risco.	– SILVA, E. L.; SILVA, M. A. Segurança de barragens e os riscos potenciais à saúde pública. Saúde em Debate, Rio de Janeiro, v. 44, n. ESPECIAL, p. 242, Julho 2020. ISSN DOI: 10.1590/0103-11042020E217.3 – FREITAS, C. M.; SILVA, M.A. Acidentes de trabalho que se tornam desastres: os casos dos rompimentos em barragens de mineração no Brasil. REVISTA BRASILEIRA DE MEDICINA DO TRABALHO, v. 17, p. 21-29, 2019.	Capítulo II-
Identificar e reconhecer o papel e os limites de atuação do setor saúde, defesa civil e meio ambiente na preparação e resposta da gestão de risco dos desastres tecnológicos da Vale S.A, em Brumadinho e da Samarco, em Mariana	Pesquisa de dados secundários, entrevistas e observações de campo.	-Documentos oficiais do Setor saúde; -Bases de dados científicas; -Entrevistas semiestruturadas;	-Agências reguladora; -Órgãos ambientais; -Defesa Civil; -Setor saúde (federal, estadual e Municipal);	Descrever as ações e organizações do setor saúde na gestão de risco a desastres. Definir os limites de conhecimento e processos decisórios que envolvam o risco ambientais e a saúde humana nas diversas escalas de análise. -Caracterizar os discursos dos atores envolvidos no desastre.	– SILVA, M. A.; XAVIER, S. R.; ROCHA, V. Do global ao local: desafios para redução de riscos à saúde relacionados com mudanças climáticas, desastre e Emergências em Saúde Pública. SAÚDE DEBATE, Rio de Janeiro, v. 44, n. 2, p. 38-57, Julho 2020. ISSN DOI: 10.1590/0103-11042020E2XX. – FREITAS, C. M.; Barcelos C. Silva, MA., Mudanças climáticas, redução de riscos de desastres e emergências em saúde pública nos níveis global e nacional. FIOCRUZ. Rio de Janeiro, p. 119. 2019. (https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/40346).	Capítulo I e II-
Propor mecanismos de governança e gestão de risco no âmbito da saúde ambiental no âmbito incluindo ações integradas e participativas de preparação e respostas aos desastres de barragens de mineração.	Pesquisa de dados secundários, entrevistas semiestruturadas (anexo I) e observações de campo.	Estado da arte internacional e nacional no enfrentamento das emergências complexas	Aplicado ao setor saúde	Prepositiva à organização e enfrentamento do setor público de saúde durante episódios de desastre tecnológico envolvendo barragem de mineração, considerando os conceitos de vulnerabilidade, resiliência e adaptação.	– SILVA, MARIANO ANDRADE DA; FREITAS, CARLOS MACHADO . DESASTRES TECNOLÓGICOS EM BARRAMENTOS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO: IMPACTOS, DANOS E PERSPECTIVAS DE GESTÃO DE RISCO. In: Lourenço Magnoni Junior et al (Org.). Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano. 2ed.São Paulo.: Centro Paula Souza, 2020, v. 865, p. 326-358. – FREITAS, C. M. ; ROCHA, V.; SILVA, E.L.; ALPINO, T.M. A.; SILVA, M.A.; MAZOTO, M.L. Conquistas, limites e obstáculos à redução de riscos ambientais à saúde nos 30 anos do Sistema Único de Saúde. Ciência & Saúde Coletiva, v. 23, p. 1981-1996, 2018. – Carlos Machado de Freitas/ Eliane Lima e Silva / Isadora Vida de Mefano e Silva / Maira Lopes Mazoto / Mariano Andrade da Silva / Tais de Moura Ariza Alpino / Thamiris Cristina Carqueija Mello / Vânia da Rocha : Guia de Preparação e Respostas do Setor Saúde aos Desastres. – Rio de Janeiro, RJ : Fiocruz/Secretaria de Vigilância em Saúde, 2018	Capítulo III, IV e V

2.2 ASPECTOS ÉTICOS

Forão adotados os princípios éticos da autonomia, não maleficência, justiça e equidade, bem como o respeito aos participantes/interessados em sua dignidade, assegurando sua vontade de contribuir.

Os indivíduos convidados a participar do estudo foram informados da não obrigatoriedade de sua participação, ou seja, todos tiveram autonomia para escolher se querem ou não participar e também a opção de desistir durante a entrevista, caso seja de sua vontade. Aqueles que concordaram em participar, assinaram o Termo De Consentimento Livre e Esclarecido.

A abordagem, por parte do entrevistador, foi feita a todos os entrevistados com garantia de privacidade e sigilo. Caso não tivessem interesse em participar, não houve nenhum tipo de problema ou constrangimento pelo não aceite. A participação nas entrevistas se deu de forma voluntária e os participantes não receberam qualquer remuneração, e tiveram a liberdade para não responder a quaisquer perguntas e retirar seu consentimento a qualquer momento durante a sessão de coleta de dados ou posteriormente.

3 DESASTRES EM BARRAGENS DE MINERAÇÃO, AMBIENTE E SAÚDE: ASPECTOS TEÓRICO E METODOLÓGICO.

Entre o fim de 2015 e o início de 2019, o Brasil registrou os dois mais graves desastres envolvendo barragens de mineração do século XXI. O primeiro, o desastre da Samarco ocorreram no município de Mariana e o segundo, o desastre da Vale S.A, ocorreu em Brumadinho, ambos no estado de Minas Gerais.

As barragens que se romperam (Samarco 2015 e Vale 2019) eram classificadas pela Agência Nacional de Mineração (ANM) como de baixo risco (situação quando a documentação da barragem está dentro do preconizado pela legislação, o que remeteria a uma percepção de boa administração e baixa probabilidade de acidente) e dano potencial associado (DPA) alto (considerando a proximidade de concentração populacional e integridade ecológica adjacente a estrutura, apresentando risco de grandes consequências, no caso de rompimento). O Modelo tecnológico de construção de barragem - alteamento a montante,- utilizado por ambas as mineradoras, é o mais vantajoso economicamente, porém o menos seguro, como iremos demonstrar.

Nos dois casos registrados chama a atenção a ausência de fiscalização e monitoramento dos empreendimentos; miopias em relação aos sinais e indicativos de má gestão em segurança; cultura de segurança reversa (impondo ritmo de produção não preconizado no projeto inicial); modificação de projeto ao longo da vida útil; falhas nas atividades de gestão e ausência de ações de remediação; cenário de opacidade e miopia da gestão de risco, assim como, gerenciamento artificial do risco (LLORY, MONTMAYEUT, 2014; FREITAS, PORTO, GOMEZ, 1995).

Diferentemente dos pequenos acidentes e incidentes que são registrados anualmente pelas autoridades públicas nacionais, rompimentos de barragens de mineração apresentam potencial de danos e efeitos que se ampliam no tempo e no espaço; envolvem múltiplas substâncias químicas e elementos geofísicos; resultam em exposições diretas e indiretas de populações; impactos sobre o meio ambiente; rupturas econômicas; e sobre a saúde (física e mental) dos afetados (FREITAS, BARCELLOS, ET AL 2019). Ao terem suas origens nos processos produtivos de uma corporação empresarial, acidentes envolvendo barragens de mineração são primariamente acidentes de trabalho, e, por combinar o potencial de dano descritos, são denominados como “acidentes químicos ampliados” que se caracterizam como:

“os eventos agudos, tais como explosões, incêndios e emissões, individualmente ou combinados, envolvendo uma ou mais substâncias perigosas com potencial de causar simultaneamente múltiplos danos ao meio ambiente e à saúde dos seres humanos expostos. O que caracteriza os acidentes químicos ampliados não é somente sua capacidade de causar grande número de óbitos, embora sejam frequentemente conhecidos exatamente por isto. É também o potencial da gravidade e extensão dos

seus efeitos ultrapassarem os seus limites espaciais - de bairros, cidades e países - e temporais - como a teratogênese, carcinogênese, mutagênese e danos a órgãos alvos específicos” (FREITAS, PORTO, GOMEZ, 1995).

Ao mesmo tempo, ao sobreporem as capacidades de respostas dos órgãos públicos e das localidades mais diretamente atingidas constituem-se também como “desastres”. Tendo como referência a definição da Organização Pan-Americana da Saúde, desastres são eventos que apresentam, ao menos, duas características importantes, que podem ser concomitantes ou não, quais sejam:

...em uma séria interrupção do funcionamento normal de uma comunidade ou sociedade, afetando seu cotidiano. Esta interrupção envolve simultaneamente, perdas materiais e econômicas, assim como danos ambientais e à saúde das populações, através de agravos e doenças que podem resultar em óbitos imediatos e posteriores...”. E também, alguns excedem: “...a capacidade de uma comunidade ou sociedade afetada em lidar com a situação utilizando seus próprios recursos, podendo resultar na ampliação das perdas e danos ambientais e na saúde para além dos limites do lugar em que o evento ocorreu”. (OPAS, 2014, p. 9).

Esses acidentes de trabalho constituíram-se em desastres à medida que, ao produzirem interrupções e rupturas no cotidiano dos territórios onde as plantas minerárias estão sediadas, envolveram de forma direta e indireta perdas e danos (de vidas materiais, econômicos e ambientais) e impactos na saúde das populações; sobrepuseram as capacidades de respostas das comunidades, municípios e regiões mais diretamente atingidas; e modificaram o percurso de vidas de comunidades que historicamente ali se estabeleciam e, para efeito desse texto, iremos adotar a definição de Desastres Tecnológicos para caracterizar eventos advindos da indústria minerária.

Em 2015, foram 19 óbitos, em 2019, 270. Além de vítimas imediatas, os desastres promoveram impactos socioambientais negativos às bacias hidrográficas do rio Doce e Paraopeba, acarretando em liberação de grande quantidade de rejeitos de mineração e elevados níveis de contaminação por metais e metaloides, afetando as condições de vida e trabalho de milhões de pessoas ao longo dos mananciais afetados. São inúmeras as ameaças aos serviços ecossistêmicos e aos modos de sobrevivência das futuras gerações.

A partir da análise de ambos os desastres e tendo como referências dados globais de desastre tecnológicos de mineração, procuramos caracterizar alguns elementos comuns, que serão detalhados, assim como as tendências atuais da indústria minerária, no segundo Capítulo. Por ora, consideramos importante identificar e discutir algumas das características e tendências demonstradas com os eventos que se perpetuam com certa regularidade em nossa sociedade.

Os desastres não ocorrem de forma desconexa, mas sim a partir do acúmulo de situações e cenários de riscos que levam sua viabilização. Devemos ter clareza, portanto, que, para que

tenhamos o desagradável registro de eventos dessa magnitude, é necessário que uma série de “anormalidades” que ocorriam no interior desses sistemas sociotécnicos tenham sido sistematicamente negligenciadas e tornadas como rotina nas organizações promotoras (PERROW, 2011). Tais situações são favorecidas por múltiplas causas, sejam pressões econômicas, políticas, ou mesmo, ausência de legislação específica para este tipo de empreendimento e fiscalização adequada pelos órgãos responsáveis.

Em maior ou menor grau, desastres tecnológicos resultam de ambiente e setores empresariais que se desenvolvem sem que haja o devido controle regulatório. Constituindo o que Freitas e col. (2000) cunharam como “gerenciamento artificial de riscos”

- universo de gestão de risco onde tudo parecia sob controle e seguro-, mas à medida que ocorre o evento, reverberam negativamente sobre a confiança de instituições que deveriam monitorar, fiscalizar e regular as operações perigosas em nossa sociedade (FREITAS, PORTO e GOMEZ, 1995, p. 17).

São riscos tecnológicos mediados, viabilizados e operacionalizados por um conjunto de instituições públicas (mineração, águas, meio ambiente, segurança e saúde, entre tantos outros) e privadas (empresas nacionais e multinacionais globais de consultoria que produzem laudos) com seus “peritos”, cujo papel é propiciar para trabalhadores e comunidades expostas aos riscos de desastres uma sensação de segurança.

Em ambos os desastres houve falhas nos sistemas de monitoramento e de alerta. No caso da Vale S.A. (2019) em Brumadinho, a escolha da localização do refeitório (com capacidade para atender até 200 pessoas) e do prédio administrativo, a cerca de um quilômetro a jusante da barragem, sem alternativas para evacuações em caso de rompimento, denota miopias e negligências das políticas de segurança de barragem. Combinou, por um lado, falhas graves de projeto e operação, miopias gerenciais e organizacionais e negligências empresariais para com a vida dos trabalhadores, das populações expostas e com o meio ambiente. Por outro, constitui um tipo de prática de gestão de segurança e riscos que combina um conjunto de ações e processos que ocorrem quando órgãos públicos e privados visam construir uma imagem de que há um efetivo controle e prevenção de acidentes.

Se por um lado, a sociedade foi superexposta a uma cobertura midiática dos desastres — uma tragédia assistida por milhões de maneira síncrona — por outro, procurou-se tornar cada vez mais opaca a visão desse universo, calando as vozes dissonantes dos atingidos, trabalhadores e sindicatos que insistiam em dizer que havia algo de errado no processo produtivo minerário e suas barragens (BRASIL, 2016) (BRASIL, 2019), assim, como iremos demonstrar nos capítulos subsequentes.

Para o Sociólogo britânico Anthony Giddens (1990), estas situações são expressões do “normal” funcionamento da sociedade moderna;

“edificadas e erguidas baseadas na confiança e no escopo transformativo da ação humana, levado a cabo pelo caráter dinâmico das instituições sociais modernas, basicamente vinculada à credibilidade em face de resultados contingentes, digam estes respeito as ações dos indivíduos ou à operação de sistemas” (GIDDENS, 1990, p. 36).

Giddens ainda defende que a confiança em “fichas simbólicas”⁴ ou “sistemas peritos”⁵ se baseia na fé e na racionalidade desenvolvimentista da sociedade atual. Suas consequências estão sendo experimentadas e se tornando mais radicalizadas e universalizadas do que antes e, com isso, engendrando uma nova e diferente ordem (GIDDENS, 1990).

A constatação de que o mundo em que vivemos hoje é carregado de perigos enfraquece nossa crença nos sistemas de proteção e regulação dos riscos sociais. Abala a confiança de que exista um real e efetivo sistema estatal e corporativo para reduzir a ocorrência de desastres, e de enfrentamento do processo de reparação e reconstrução dos territórios mais diretamente afetados. Giddens (1990) pressupõe que “o risco é precisamente o perigo” (não necessariamente a consciência do perigo), mas qualquer um que assuma um ‘risco calculado’ está consciente da ameaça que uma linha de ação específica pode pôr em jogo. Todavia, o risco não é simplesmente sinônimo de perigo, como iremos aprofundar mais adiante nos próximos parágrafos.

Nesse sentido, chamamos atenção para os riscos de alta-consequência e baixa probabilidade, como os que orbitam os sistemas sociotécnicos complexos – causadores dos desastres tecnológicos- que não desaparecerão do mundo moderno, mesmo entre as melhores práticas gerenciais, embora num cenário otimista eles possam ser minimizados. Contudo, as coisas são diferentes com a maioria os perigos catastróficos que nos ameaçam hoje. Quanto maior for o perigo, mensurado não em termos de probabilidade de ocorrência, mas em termos de sua ameaça generalizada à vida humana, mais inteiramente contratual ele é (GIDDENS,

4 Fichas Simbólicas: “meios de intercâmbios que podem ser traduzidos sem terem em vistas as características específicas de sua origem, favorecendo distopias de legitimações políticas de grupos que lidam com eles sem qualquer conjuntura particular (GIDDENS, 1990).

5 Sistemas peritos são sistemas de excelências técnicas ou competências profissionais que organizam grandes áreas e ambientes material e social em que vivemos hoje (GIDDENS, 1990).

1990). Os riscos envolvidos são necessariamente "irreais". Só poderíamos ter uma clara demonstração deles se ocorressem eventos que são demasiado terríveis para se antever.

Apesar de tal situação nos remeter a uma distopia teórica profunda, imaginária e pouco provável de ocorrência: um desastre civilizacional com resultados globais – desencadeados por um ato divino – supervírus, explosões vulcânicas, meteoros, tempestades solar – ou por uma boa guerra nuclear, como nos velhos tempos (como diria “Stenger” (2015)) - não é essa nossa intenção e, certamente, não será a direção que tomaremos. E, tampouco, seguiremos pelo caminho de que desastre é mais realisticamente descrito em uma sequência de efeitos perversos de retroalimentação que empurrariam paulatinamente a humanidade em um processo de “violência lenta” (NIXON, 2011) ou para uma existência material e politicamente sórdida – “a barbárie por vir” (STENGERS, 2015), e que será, ao que tudo indica, tanto mais bárbara quanto o sistema tecno-econômico dominante continuar a sua “*Fuite em avant*”.

Apesar de assustadora e extremamente remota, tal “floração disfórica” nos é útil à medida que se coloca como um contraponto do otimismo “humanista” - predominante nos últimos três ou quatro séculos da história ocidental. Nosso ponto de partida é o de uma sociedade que produz risco à saúde e ao meio ambiente como premissa de sua continuidade e sobrevivência. Ao mesmo tempo que assistimos consternados à repetição de tragédias cotidianas, tal comportamento e o inabalável direcionamento social de que nada deve mudar em prol do crescimento econômico e a geração do emprego. Revelamos, como sociedade, uma crença imutável na racionalidade humana, expressas nos modos de produção, seus sistemas técnicos normativos e na própria produção científica. Aqui, cabe demonstrar que instituições destinadas a controlar os riscos que, simultaneamente, fracassam e não fracassam. FRACASSAM, por não terem ideia ou resposta para quando, com qual frequência e intensidade enfrentaremos esses riscos. E NÃO FRACASSAM, porque suas políticas da invisibilidade tornam nebuloso esses riscos para o público em geral.

Uma questão a se pensar é a inexistência de separação institucional entre aqueles que produzem os riscos tecnológicos e os que diagnosticam e gerenciam os riscos. No caso do desastre da Vale (2019), em Brumadinho, como exemplo, a barragem B1 não recebia rejeitos desde 2014 e possuía declarações de estabilidade física e hidráulica emitidas pela empresa TÜV SÜD do Brasil. Segundo este “sistema perito” de consultoria, todas as inspeções realizadas não foram capazes de detectar quaisquer alterações no estado de conservação da estrutura que pudessem ter influenciado o seu rompimento. Porém, relatórios publicizados posteriormente, constataram a existência de operações não preconizadas no seu projeto de instalação e

rachaduras na barragem, retratando falhas no processo de autovistoria da empresa e pressões empresariais para emissão do laudo (SERRA, 2018; RAGAZZI, ROCHA, 2019).

Questões a esse respeito são reiteradas no cotidiano dos desastres tecnológicos, pautado na racionalidade científica e a irracionalidade dos interesses em jogo, que é característica distintiva do julgamento especializado. Um universo nebuloso, onde o Estado tem normas e regulamentos, mas pouco ou nada regula. E que empresas do universo de avaliações de riscos, como a TÜV SÜD, contratadas pelos criadores dos riscos, atestam a segurança do empreendimento ao escrutínio público. Esse universo, fomenta a percepção de que os riscos apesar de serem controláveis, envolvem uma série de condicionantes que não permitem seu total controle, como sugeriram Giddens, Beck, Lash (1997).

A recorrência de diagnósticos e relatórios produzidos por instituições que deveriam nos proteger, porém sem a efetiva e real capacidade de regular e mudar o rumo dos processos, tem como resultado a manutenção das práticas organizacionais que favorecem a ocorrência desses desastres; sugerindo que ambos os fatores que elevam a frequência de ocorrência de desastres possam estar ligados em uma mesma lógica.

Chama atenção que os sistemas de gestão de risco formalmente estabelecidos não possibilitam, per si, a visão real dos perigos presentes. Seja pelo silêncio que impera quanto ao risco de certas técnicas e tecnologias, e quanto a concentração desses riscos sobre territórios específicos e desprovidos de poder, e, quanto à desinformação sistemática disseminada por um bloco de interesses que diz considerar desastres um tipo de eventos fortuitos - “um mal necessário do desenvolvimento” (ACSELRAD, HERCULANO, PÁDUA, 2004, p. 81).

Este cenário de “irresponsabilidade organizada”⁶ - uma sociedade sustentada por legislações, normativas, e instituições garantidoras da segurança, que parecem serem efetivas, mas na verdade não o são -pode ser comparado à metáfora do “carro de Jagrená”, descrito por Giddens como:

6 - É nesse contexto que que o sociólogo Ulrich Beck insere a ideia da existência de riscos incapazes de serem contidos, porém, devemos entender que admitir isso levaria a um colapso de legitimação generalizado. Por conseguinte, a partir da experiência vivenciadas e a constatação dos frágeis padrões de segurança que estes sistemas estão submetidos; submissão sistemática dos poderes públicos aos interesses dos privados; e a forte dependência no uso de tecnologias perigosas e intensivas em espaços e recursos naturais: é o que o sociólogo denominou de uma “irresponsabilidade organizada”.

- uma máquina em movimento de enorme potência que, coletivamente como seres humanos, podemos guiar até certo ponto mas que também ameaça escapar de nosso controle e poderia se espatifar. O carro de Jagrená esmaga os que lhe resistem, e embora ele às vezes pareça ter um rumo determinado, há momentos em que ele guina erráticamente para direções que não podemos prever. A viagem não é de modo algum inteiramente desagradável ou sem recompensas; ela pode com frequência ser estimulante e dotada de esperançosa antecipação. Mas, até onde durarem as instituições da modernidade, nunca seremos capazes de controlar completamente nem o caminho nem o ritmo da viagem. E nunca seremos capazes de nos sentir inteiramente seguros, porque o terreno por onde viajamos está repleto de riscos de alta-consequência. Sentimentos de segurança ontológica e ansiedade existencial podem coexistir em ambivalência. (GIDDENS, 1990, p. 124)

Anthony Giddens, com a alusão de Jagrená, busca retratar as atitudes normais da sociedade que deslocam a mesma de causadora à vítima de suas próprias ações, sofrendo as consequências econômicas, ambientais e sociais decorrente do acúmulo de fatores que influenciam no funcionamento errático da “modernidade⁷”. Mostrando que a falta de rumo e controle que muitos de nós sentimos em relação a certas circunstâncias de nossas vidas é real. Pois, estaríamos à mercê dos azares e sortilégios dos riscos diante da perda do domínio sobre nossos caminhos, afetando o meio ambiente e as condições de vida de muitos, em detrimento dos interesses de poucos.

Não é nosso objetivo a análise do mundo social contemporâneo e como estas dinâmicas influenciam em maior ou menor grau a ocorrência de desastres no território brasileiro. Mas, sim designar uma fase no desenvolvimento da sociedade moderna, em que os riscos sociais, políticos, econômicos e individuais tendem cada vez mais a escapar das instituições para o controle e proteção (BECK, GIDDENS, LASH, 1997). Levantando questões que facilitam a compreensão do risco em sua complexidade e abrangência, entendendo que tais influências ocorrem em um contexto maior e se somam, nos países em desenvolvimento e vulnerável, com falhas em seu modelo produtivo, assim como os condutores da locomotiva de “Jagrená”, guinando erráticamente para direções que não podemos prever.

Esta será a nossa primeira etapa de construção do arcabouço teórico que utilizaremos nas análises dos Capítulos subsequentes. Iniciaremos com a breve apresentação do conceito de risco; aspectos pertinentes para campo da Saúde Coletiva e Ambiental e concluiremos esta etapa apresentando nosso ponto de análise para avaliação da situação socioambiental e de saúde.

7- Modernidade refere-se ao estilo, costume de vida ou organização social que emergiram na Europa a partir do século XVII e que se tornaram mais ou menos mundiais em sua influência.

Retornaremos parte da discussão no Capítulo 4, apresentando como que a expansão e intensificação da produção no setor minerário influencia as escolhas tecnológicas utilizadas e reduz alternativas de controle e gerenciamento dos riscos dos sistemas sociotécnicos complexos, como as barragens de mineração. Apresentaremos como é praticado o gerenciamento de risco desses empreendimentos e sua estrutura de governança.

3.1. DESASTRES EM BARRAGENS DE MINERAÇÃO, AMBIENTE E SAÚDE: RELAÇÃO COMPLEXA E DURADORA

A dificuldade de caracterização do campo de estudo, bem como os métodos e ferramentas para a produção do conhecimento e ação prática de intervenção tem sido tema de discussão entre pesquisadores e profissionais que atuam nesta área e tem o “risco” em sua centralidade.

Neste sentido, discutiremos aspectos relacionados ao risco a partir da abordagem da Vigilância em Saúde Ambiental, tratando dos seus aspectos históricos e teóricos, sua prática, as dimensões e desafios inerentes às questões sócio-políticas e ambientais que articulam elementos complexos como o desenvolvimento, o ambiente e a recuperação dos territórios afetados -que determinam a saúde humana em sua expressão coletiva, buscando contribuir para difusão de conhecimentos para o enfrentamento dos desastres no âmbito da Saúde Coletiva, em especial o da Vigilância em Saúde Ambiental.

3.2. O QUE É RISCO?

Risco é um termo do período moderno. Surge em um momento histórico onde o futuro passava a ser pensado como passível de controle por meio de acúmulo de experiências; possibilitando prever determinadas situações ou eventos futuros (FREITAS, PORTO e GOMEZ, 1995; SPINK, 2001). Ou na compreensão de que consequências negativas são “resultados inesperados de nossas próprias atividades ou decisões, ao invés de exprimirem significados ocultos da natureza ou intenções inefáveis da Deidade” (GIDDENS, 1990, p. 33).

Importante ressaltar aqui que a noção de risco é polissêmica em sua origem e, no senso comum, risco se apresenta de forma ambivalente e ambígua (CASTIEL, 2002). Há um consenso de que a emergência do termo ocorre para expressar possibilidade de ocorrência de eventos (mórbido ou fatal) vindouros que incluem medidas de probabilidade quanto aos possíveis

desfechos desfavoráveis, dado que seu significado está mais próximo da ideia de ‘suposição’ do que de ‘certezas’ (GONDIM, 2007).

Lieber e Romano-Lieber (2002) defendem que o conceito passa a ser utilizado no português em meados do século XV, havendo registro do francês *risque* (século XVI), provavelmente tomado do italiano *risco*, variação de *rischio* (século XIII). Derivando-se da palavra italiana *Riscare*, cujo significado original, possivelmente, proveria da palavra *resicare* (cortar, cercear) e do espanhol “risco”. Seu emprego se deu na interpretação das ameaças a que estariam submetidas as embarcações mercantis de danificar seus cascos por perigos marítimos ocultos.

O termo *risco* passa, gradualmente, a representar uma forma de quantificar probabilisticamente a chance de que algum perigo venha acontecer, constituindo-se dessa forma como uma das alternativas presentes de descrição do futuro, aproximando o passado ao futuro. Dessa forma “Risco” substitui em grande parte o que antes era pensado como fortuna (fortuna ou destino) e torna-se radicalmente separado das cosmologias” (Giddens 1991, pag.38), pressupondo que seríamos capazes de regular o futuro e normatizá-lo sob nosso controle. E que os perigos (um acontecimento natural tal como as tempestades, as cheias ou a epidemias) seriam passíveis de gerenciamento, sem deixá-los à mercê do destino (Lupton, 1999).

Para Freitas e Sá (2003), o termo passa a se vulgarizar a partir das intensas transformações sociais e culturais associadas ao fim do Renascimento e início das revoluções científicas, quando ocorreram fortes impulsos nas ciências e nas técnicas, às grandes navegações e à ampliação e fortalecimento do espaço de decisão político e econômico da classe burguesa. Gondim (2007) sugere que houve uma sucessão gradual do emprego do conceito, simultaneamente, com relação aos aspectos positivos como também para aspectos negativos, - da fatalidade à fortuna -, passando progressivamente aos vocábulos *harzard* (século XII), perigo (século XIII), sorte e chance (século XV), chegando, por fim, à palavra *risco* no século XVI.

Freitas e Sá (2003) defenderam que o conceito de ‘risco’ que se conhece atualmente provém da teoria das probabilidades, sistema axiomático oriundo da teoria dos jogos na França do século XVII, se aproximando da perspectiva de Lieber e Romano-Lieber (2002), que sugere que a quantificação do risco, ou o seu tratamento analítico, só foi possível com a invenção do cálculo de probabilidades por Pascal (1623-1662) no século XVII. Pascal voltou-se para o passado, assumindo que o presente é sua continuidade.

Em tempos mais recentes, o termo ganha predominância de uso referido a possíveis desfechos negativos, associado ao potencial de perdas e danos à sociedade (FREITAS e SÁ, 2003). Segundo o dicionário Houaiss, risco é definido como:

1- probabilidade de perigo – com ameaças física para o homem e/ou meio ambiente; 2- probabilidade de insucesso de determinados empreendimento, em função de acontecimentos eventual, incerto, cuja a ocorrência não depende exclusivamente da vontade dos interessados; 3- em contratos de seguro, incidentes que acarreta indenização (...) (Houaiss, 2009, p 1671)

Segundo Spink (2018), de forma geral, estão embutidas, mesmo que ocultamente, três tradições do discurso do risco, a partir de definições que são específicas aos riscos: na primeira definição - o senso comum, que o vincula de maneira linear à iminência de um perigo; a segunda, relacionado a perspectiva de controle e disciplina; e a terceira vinculado à perspectiva de aventura. Spink defende que a partir da internalização do conceito no cerne da sociedade moderna desenham-se formas de linguagens e usos, que estão empregadas nas três tradições apresentadas.

Na primeira, traz-se à tona a fala do senso comum sobre perigo, que engloba às experiências de infortúnios imprevisíveis, que fogem da possibilidade de cálculo, porém nos denotam uma resignificação desses perigos sobre uma perspectiva de dominação do futuro, mesmo que etimologicamente, suscitem mais hipótese do que certeza.

A segunda tradição – a perspectiva de controle e disciplina, remete à trajetória histórica dos discursos sobre risco na perspectiva de Foucault de governamentalidade. Refere-se, portanto, às medidas coletivas destinadas a gerenciar relações espaciais - a distribuição e o movimento de pessoas nos espaços físicos e sociais, vinculado ao movimento higienista do final do século XX e à moral da prevenção relacionada à higiene pessoal, higiene do lar e higiene moral. Tal perspectiva apresenta-se com grande reverberação nos tempos atuais, em grande parte vinculada ao processo de disciplinarização e reflexividade, onde cada pessoa, mediante ao maior acesso à informação, passa a ser responsável pelo autogerenciamento de sua saúde, estilos de vida e moral.

E uma terceira tradição que se aproxima do campo da economia e dos esportes radicais e, herda o preceito de dominação humana dos riscos de forma positivista. Apresentando uma resignificação do ato de correr riscos como práticas necessárias para alcançar determinados ganhos. A incorporação da satisfação subjetiva dos “riscos desejados” traz como relevante potenciais consequências desejáveis (ganhos), e não uma lista infinita de efeitos predefinidos como indesejáveis.

Para entender melhor os deslocamentos mais recentemente ocorridos no conceito de risco é fundamental que tenhamos em mente as transformações que o termo tem sofrido e sendo aprimorado pela sociologia, bem como, teorias mais genéricas de mudança social.

Para Giddens e Sutton (2017), correr risco ou se envolver em comportamento confortavelmente arriscado, como a perspectiva de “risco aventura”, é parte corriqueira da vida moderna e engloba ações imbuídas de perigo. A maioria dessas atividades são riscos calculados, pois foram feitos todos os tratamentos possíveis para deixá-las o mais seguro possível. Por exemplo: manter atividades financeiras de alto risco como uma alternativa de engordar os ganhos anuais ou mesmo tornar o hábito de fumar uma rotina são ameaças potenciais de dano. Daí, quanto maior o vigor do vício ao tabaco ou mesmo o retorno financeiro prometido no menor tempo possível, traz consigo o perigo associado de perder por completo os investimentos de uma vida ou mesmo adoecer.

Segundo o sociólogo Ulrich Beck (1992), referência fundamental nas discussões sobre risco. Para o autor, à medida que as sociedades industriais se desenvolveram, o homem (sociedade) passa a ser responsável pela geração e remediação de seus próprios males. Beck (1992) e Giddens (1991), entre outros influenciadores das teorias de risco, afirmam que no projeto da modernidade está implícita a gestão dos riscos e não mais a gestão da vida, como na sociedade clássica dos séculos XVII e XVIII, através da lógica de governamentalidade. No entanto, devemos considerar que os riscos de hoje são completamente diferentes dos riscos, outrora imprevisíveis e fora do controle, que as sociedades enfrentaram. Beck introduz o conceito de ‘sociedade de risco’ para especificar as transformações dos perigos de hoje (aquecimento global, risco nuclear ou industrial) que são “riscos fabricados”, criados pelo próprio homem por meio do impacto de seu conhecimento e suas tecnologias, que inclui três características principais: a globalização, a individualização e a reflexividade⁸

8 ,A ‘globalização’ se refere à ausência e presença – junção de fatos e relações que ocorrem fora dos contextos locais. É o processo que separa as relações no tempo e espaço, cuja principal consequência é a desterritorialização. A ‘individualização’ está relacionada com o processo de destradicionalização – resulta das transformações que ocorrem nas instituições tradicionais (trabalho, educação e família) onde cada indivíduo constrói sua biografia por projetos reflexivos fundamentais na constituição da subjetividade contemporânea. A ‘reflexividade’ pode ser entendida como a abertura à revisão permanente dos aspectos da vida social e das relações com a natureza, à luz de novas informações, possibilitando pensar e dizer coisas sobre o mundo de forma particular, mas, sobretudo, dizê-las de maneira alternativa (Spink, 2001).

Na atualidade a gestão/ análise de risco é aplicada as empresas, governos e indivíduos para avaliar os prós e contras de um curso de ação; as possibilidades de sucesso; e as maneiras de minimizar os perigos atrelados. Gerenciamento de risco é um aspecto fundamental na modernidade, porém alguns críticos veem a teoria como inadequada ou mesmo pragmática, uma vez que aquilo que se define como risco em uma sociedade pode não ser considerado como tal em outras. Por exemplo, aspectos ambientais, tais como a poluição industrial, podem ser vistos por sociedades industrializadas como situações não desejáveis e, portanto, cabíveis de gestão e regulação/redução. Enquanto, em sociedades em desenvolvimento, a poluição pode ser um “sinal positivo” e resultado de uma “economia saudável”.

O conceito de risco, tal como é predominantemente compreendido na atualidade, resulta da busca do próprio homem e sua atribuição de desenvolver, por meio de metodologias baseadas na ciência e tecnologia, a capacidade de priorizá-lo, interpretá-lo e analisá-lo para um melhor controle e remediação (FREITAS, SÁ, 2003). Por exemplo, atualmente, no campo da engenharia, o conceito tem seu uso embutido na necessidade de estimar danos decorrentes do manuseio de materiais perigosos. Já para a biomedicina, visa dimensionar os possíveis risco da utilização de tecnologias inovadoras e procedimentos da clínica médica (CASTIEL, 2002).

Na Saúde Pública, as situações de risco remetem a probabilidades absolutas ou relativas de ocorrência de doença, morte ou outras situações deletérias para a saúde, sendo, portanto, quase que automática a vinculação entre a noção de risco e a ideia de agravos negativos. Esta acepção está calcada a utilização de marcadores que visam a predição de morbimortalidade futura, visando, dessa forma, comparar indivíduos, grupos familiares ou comunidade em relações a exposição aos “fatores de risco” e proporcionar intervenções preditivas em situações cujas implicações e efeitos nem sempre estão claramente evidenciados.

3.2.1. A instituição- gerenciamento de risco

Embora as sociedades do passado tenham enfrentados risco e perigos, os riscos atuais devem ser vistos qualitativamente diferentes dos perigos imprevisíveis e fora do controle humano de outrora.

Muitos dos riscos contemporâneos que enfrentamos em dimensões globais são complexos, graves e com relevantes impactos sobre a saúde que devem ser considerados, mesmo para as sociedades mais desenvolvidas e com forte padrões regulatórios estabelecido.

Os “riscos fabricados” apresentam uma dialética entre produção e danos à sociedade: se por um lado, trouxeram ao ser humano um estado de conforto não assistido nos tempos

passados, com nítidas capacidades de prolongamento da vida e significativa redução de doenças infectos contagiosas, por exemplo; por outro, contribuem para a criação de novos riscos ocupacionais e ambientais- de origens tecnológicas, industriais ou mesmo sociais (FREITAS, SÁ, 2003), que são proporcionalmente desiguais nas distintas sociedades, populações, escalas temporais e espaciais (PORTO, 2007) e serão melhor suscitadas no Capítulo 4.

Atualmente, a globalização se tornou mais dinâmica e complexa. Um mundo cada vez mais conectado, com população crescente e ambientalmente degradado, como pano de fundo, apresenta-se um cenário de relação proporcionalmente inversa entre os países, populações e grupos sociais que sofrem de modo mais amplo e intenso os riscos e danos provocados pelo desenvolvimento (BERLINGUER, 1999). Como consequência, muitos destes danos e eventos reverberam negativamente sobre à saúde dos trabalhadores e das populações expostas, sobre o meio ambiente e as gerações futuras, repercutindo os limites e incertezas do conhecimento científico, como também, os limites da ciência sobre o controle dos riscos.

Ao longo dos anos, na atualização e implementação de regulamentos ambientais, visando o estabelecimento de limites de emissões de poluentes nos compartimentos ambientais (ar, água, solo e outras), por exemplo. Se por um lado, este processo desencadeou o desenvolvimento de novas metodologias laboratoriais, epidemiológicas, ambientais, simulações em computadores e avaliações de riscos na engenharia, por outro, possibilitou o incremento na identificação e mensuração dos riscos, em que o agente causal é isolado das variáveis intervenientes ou *confounders*⁹⁹ realizando-se cálculos de dose e efeito em ambientes controlados, sem as devidas translação de conhecimento referentes a tempos e espaços específicos e utilizando-se frequências relativas para poder especificar as probabilidades (FREITAS, SÁ, 2003). Embora essa abordagem tenha sido eficaz no controle de algumas exposições, ela não leva em conta vários poluentes de várias fontes e não incorpora estressores não químicos e vulnerabilidades à saúde e das sociedades.

⁹⁹ Variáveis intervenientes ou confundimento (confounding) são reduções, representações operacionais de condições, fenômenos ou elementos que estão simultaneamente associados ou vinculados tanto a um ‘desfecho’ (agravo ou evento de saúde) quanto a um ‘preditor’ (causa). Por essa dupla vinculação, essas variáveis podem confundir a análise de risco, impossibilitando a compreensão da cadeia causal e a identificação dos fatores riscos que de fato estão associados e colaboram para a ocorrência do agravo ou evento de saúde observado (GONDIM, 2007).

Nesse tipo de abordagem linear e quantitativa, o risco para saúde e o meio ambiente é reduzido a uma única dimensão: expressa em números, representando uma média sobre espaços, tempos e contextos sociais, ambientais e tecnológicos estáveis e/ou estáticos. Não obstante, resultam no aumento das incertezas, que foram em muitas situações não reconhecidas de forma adequada pelas instituições de análise tecno-científicas. Com isso, como sugere Porto (2007), as incertezas tornaram-se parte do jogo político e objeto de manipulação pelos poderosos interesses corporativos em detrimentos do bem estar das populações mais vulneráveis.

Porto (2007) defende que um dos resultados dessa confrontação foi o crescente reconhecimento dos limites da ciência moderna na compreensão da atual realidade, que se apresenta de forma complexa e envolve sobreposição de riscos.

Na atualidade, a avaliação de riscos tem-se constituído em um importante instrumento tecno-político, com o objetivo de subsidiar os processos decisórios para o controle e a prevenção da exposição de populações e indivíduos aos agentes perigosos à saúde presentes no meio ambiente. Tratando-se de um conjunto de procedimentos empregados na avaliação e estimativa do potencial de danos a partir da exposição a determinados agentes (FREITAS, SÁ, 2003), deslocando o gerenciamento e análise de riscos às arenas políticas contemporâneas.

A ideia principal que norteou o desenvolvimento dos métodos científicos de avaliação e gerenciamento de riscos refletiu tanto uma tendência para prever, planejar e alertar sobre os riscos, em vez de dar respostas ad hoc às crises geradas por eles (FREITAS, SÁ, 2003). Tais respostas acabam por serem problemáticas, principalmente em contextos vulneráveis, pois os riscos não deveriam ser vistos de forma simples e linear, apenas como produtos de uma razão probabilística de um dado evento, mas, sim, ter em consideração a magnitude provável de seu resultado, tendo em vista que tudo depende do valor atribuído as variáveis.

Segundo Porto (2007), o discurso reducionista sobre os problemas atuais da sociedade não beneficia as soluções integradas entre as dimensões técnicas, institucionais e sociais na compreensão e interpretação dos riscos e, tampouco, contribuem para a inclusão dos principais interessados na avaliação: as populações a eles sujeitas. O autor apresenta dois principais pontos de reflexão críticas sobre a análise e gerenciamento de risco tradicional: 1- Existe forte fragmentação e alienação do trabalho dos técnicos e das instituições responsáveis, pois recortam a realidade sem que apresentem métodos capazes de análise das diversas dimensões sobrepostas e deixam de lado aquilo que não conseguem compreender ou medir, apesar de serem variáveis essenciais aos problemas que buscam resolver. 2- Apresentam três diferentes tipos de discursos reducionistas. (a) os excessivamente simplistas, desprezam dimensões importantes do

problema; (b) os excessivamente complicados, no sentido de serem compreendidos apenas pelos especialistas no assunto, e; (c) os excessivamente ideológicos, que concentram toda a análise do problema a partir de convicções não científicas, envolto em crenças ou convicções filosóficas, sociais e políticas.

A avaliação de risco concerne à tomada de decisão a partir de um inventário de consequências em potencial, para certos tipos de eventos, e tem sua serventia no gerenciamento de risco. A estimativa de risco depende da identificação dos possíveis resultados esperados, considerando sua magnitude e estimativa de dano. Dessa forma, por meio da avaliação da probabilidade de ocorrência ou frequência, a análise de risco tem por base a expectativa de quantificar ou prever determinadas situações ou eventos por meio do conhecimento ou, pelo menos, da possibilidade de conhecimento dos parâmetros de uma distribuição de probabilidades de acontecimentos futuros, através da computação matemáticas das expectativas de resultados esperados (FREITAS, SÁ, 2003).

Estes fatores devem ser considerados a fim de garantir que conhecimento científico utilizados para solucionar os problemas complexos, tais como os problemas socioambientais, tenham o tratamento adequado e todas as partes consideradas. É esse o regime científico que se encontra no centro da toma de decisão da dita “ciência normal”, ao distinguir o que existe a partir de seu particular ponto de vista, pautado por provas empíricas justamente do que não se conhece em sua completude e complexidade.

Em adição, existem duas características sobre o risco que são importantes para que possamos compreender seu comportamento em sistemas abertos e complexos. Bryan Wynne, um dos mais relevantes autores das ciências sociais na temática dos riscos tecnológicos, defende que a raiz dos limites e incertezas encontra-se na própria origem dos modelos de análise de riscos. Para ele, parte da origem intelectual e metodológica estão estruturadas sobre uma ótica relacionadas aos sistemas de riscos *intensivos*, em que os problemas poderiam ser relativamente bem estruturados, como os riscos à segurança de sistemas tecnológicos complexos, tais como as, plantas industriais químicas e nucleares, por exemplo. A lógica das análises técnicas de riscos nesses sistemas considera que os processos tecnológicos e os parâmetros podem, de certo modo, ser bem definidos, e a confiabilidade dos componentes isolados, testada e relativamente controlada. Entretanto, mesmo nesses sistemas de riscos *intensivos*, os problemas têm-se mostrado bem mais complexos e exibem propriedades sistêmicas e não previstas, assim como defendeu Perrow (2011). O que indica serem bem menos determinados pelas forças de controle técnico e científico do que os analistas de riscos e projetistas de tecnologias reconhecem (WYNNE, 1992)

Se já encontramos grande complexidade, limites e incertezas quanto às análises técnicas de riscos de sistemas de riscos *intensivos*, não é difícil imaginar que as incertezas se ampliam quando abordados os problemas *extensivos*, como os riscos ambientais e à saúde, nos níveis global e local, provocados pelas emissões, acidentais ou contínuas, de substâncias químicas. Para este último grupo de problemas, verifica-se a mesma complexidade dos sistemas tecnológicos, ou seja, interações não-lineares de partes que são altamente acopladas, possibilitando múltiplas e inesperadas interações que se tornam, muitas vezes, incompreensíveis e invisíveis aos seres humanos no curto prazo. As limitações do conhecimento científico disponível são, nesses sistemas complexos e abertos, potencialmente mais sérias, pois, como observa Wynne (1992), os sistemas em questão, não sendo artefatos tecnológicos, não podem ser projetados, manipulados e reduzidos dentro dos limites do conhecimento analítico existente.

Deve-se considerar, além disso, que os problemas ambientais estão intimamente correlacionados às vulnerabilidades preexistentes sobre estes territórios, modulando os efeitos e intensificando os processos individuais e coletivos de modo mais amplo, contribuindo para agravar ou atenuar seus impactos. Assim como registrado nos rompimentos de barragens, as consequências do desastre não ocorrem de modo isolado. Suas interações, muitas vezes se sobrepõem por anos e de forma complexa, contribuem para agravar ou atenuar os problemas *extensivos*; *fato que demanda* uma capacidade de análise e compreensão que ultrapasse os limites impostos pelas áreas tradicionalmente envolvidas, como a engenharia, a toxicologia e a epidemiologia, incorporando outras dimensões de análise e diferentes aportes teóricos como a sociologia, antropologia e psicologia, entre outras.

Nos problemas extensivos, como os desastres que envolvem barragens de rejeitos de mineração, apesar de apresentarem uma fonte de emissão bem definida, devemos considerar que a exposição e o risco gerado, extrapolam as fronteiras predefinidas ao evento e se coaduna com outros cenários de risco ambiental passados, presente ou futuro. Problemas extensivos apresentam vários mecanismos de exposição e geração de risco que funcionam como via de transmissão, atingindo populações e ecossistemas no curto, médio e longo prazo não diretamente próximo às barragens.

Se pensarmos sob a ótica da teoria dos sistemas complexos, equivalente as questões ambientais, os produtos dos processos decorrentes do desastre têm a potencialidade de exercer retroalimentação sobre os próprios processos, modificando suas propriedades, características e atributos (CASTIEL, 2002). Esses novos cenários de risco apresentam não só danos diretos e imediatos sobre pessoas e organizações sociais, historicamente construídas nesses territórios,

mas trazem consigo efeitos ambientais, sociais e econômicos, mas também estão associados à exposição a certos fatores de risco e efeitos à saúde de populações e territórios espacialmente e temporalmente distantes, ampliando as incertezas e ocorrência de eventos ao acaso ou de maneira não controláveis.

Reconhecer a incerteza tem suas implicações; tornando mandatório a adoção de prudência e monitoramento constante, principalmente quando existe a ausência de conhecimento. Nesse sentido, (Gondin, 2007, p. 94) faz ressalvas à análise de problemas ambientais extensivos com relação escala do conhecimento existente - onde deve-se aceitar o que se sabe e o que não se sabe para avançar em novo conhecimento; nas mudanças dos processos decisórios quanto às estratégias de controle e prevenção de riscos; no reconhecimento do papel fundamental do saber técnico-científico para a tomada de decisão; nas políticas para o implemento de medidas preventivas e incentivo ao desenvolvimento tecnológico e científico com responsabilização sobre novos riscos e danos; e na percepção dos riscos pelo conjunto da sociedade que deve entendê-los como produções sociais, cujo enfrentamento é de responsabilidade de todos, mas principalmente das empresas produtoras dos riscos.

3.3 CENÁRIOS COMPLEXOS, INCERTEZAS E SAÚDE: OS LIMITES DAS ANÁLISES EPIDEMIOLÓGICAS

O setor saúde vem historicamente trabalhando com duas grandes áreas para determinar os agentes causais entre a exposição a determinado perigo e os desfechos negativos à saúde dos seres humanos: são elas a Toxicologia, fundamentada na biologia experimental laboratorial em animais e indicadores biológicos, e a Epidemiologia, que visa comparar populações/indivíduos/localidades expostas aos agentes perigosos com populações não expostas (FRÓES-ASMUS, 2020). Tradicionalmente, ambas as áreas, enquanto resposta técnica, subsidiam a avaliação e o gerenciamento de risco. Sendo que a avaliação de riscos em seu formato mais conservador, se constitui como uma etapa intermediária entre a pesquisa e o gerenciamento de riscos, compondo-se, usualmente, das seguintes etapas: 1) identificação de perigo ou é risco; 2) avaliação da relação dose resposta; 3) avaliação de exposição; 4) caracterização de riscos (FREITAS, SÁ, 2003).

Apesar do campo da avaliação de risco estar conceitualmente estruturado, algumas críticas devem ser postuladas em relação a rotina de avaliação tradicionalmente realizado. Segundo Chevassus-Au Louis, o modelo "padrão" para a análise de riscos, baseado em opções

teóricas ou operacionais, precisa ser tomado com certo conservadorismo para que possamos entender melhor sua natureza contingente, segundo (CHEVASSUS-AU-LOUIS, 2000).

- A primeira crítica a respeito da avaliação de riscos está relacionada a sua capacidade de análise: por mais adequado que seja sua aplicação, seus resultados apresentam uma visão limitada de caso a caso, de modo que cada compartimento/ dimensão ou situação espacial é examinada separadamente, tendo como pressuposição que os efeitos, uma vez identificados, serão adicionais uns aos outros, sendo o efeito total o resultado da soma dos diversos efeitos individuais identificados. Sem considerar, contudo, que os efeitos interativos (bioacumulativos, sinérgicos, etc) sejam considerados, como salienta Freitas e Sá (2003). Esta abordagem funciona bem no caso de riscos diretos, simples (ou seja, limitados quanto ao número de causas possíveis claramente identificadas) e independentes. A vantagem de se realizar avaliações reducionistas se justifica pois permite que os especialistas trabalhem de forma "contínua", já que o aparecimento de um novo fator ou dano não significa que todo o sistema tenha que ser reconsiderado.

- A segunda crítica é considerar apenas os perigos comprovados, ou seja, aqueles cuja relação causal com os efeitos adversos tenha sido cientificamente demonstrada e aceita pela comunidade científica como um todo. Assim, os riscos de concretização de tais perigos são avaliados exclusivamente por cientistas, que levam em consideração apenas os vínculos que foram cientificamente examinados e demonstrados como existentes. Uma vez que a lista de riscos é alcançada por consenso, o debate tende a se concentrar principalmente na probabilidade de ocorrência de dano em relação a exposição unicausal. A "medida" de um risco é, portanto, geralmente expressa como uma quantidade (número de mortes, perdas financeiras, ou dose recebida) resultante de uma análise de probabilidades. Para Freitas e Sá (2003), tal perspectiva amplia a problemática e resulta em estratégias de gerenciamento que acabam sendo definidas em termos de danos existentes, desconsiderando a multiplicidade e multidimensionalidade do problema e seus possíveis efeitos sinérgicos futuros.

- A terceira crítica é tecida em relação a separação radical entre as etapas de avaliação de risco e da gestão de risco. Uma das consequências é que as avaliações são muitas vezes baseadas no pressuposto de que quaisquer medidas de gerenciamento e controle resultantes serão implementadas sem falhas.

- Finalmente, em termos de comunicação sobre os riscos, a avaliação de risco está centrada na comunicação entre especialistas e, estes têm como prática apenas avaliar os riscos "reais", enquanto a sociedade opera com os riscos percebidos, sendo tal percepção,

inevitavelmente, afetada por fatores subjetivos. Não obstante, existe um distanciamento entre os especialistas e instituições e o público em geral, seja pela dificuldade de interpretação das informações técnicas sobre riscos, dificultando seu uso para tomada de decisão na esfera administrativa. Seja na distorção das informações utilizadas e traduzidas ao público em geral, dificultando a criação de consciência dos riscos.

Outra crítica, essa em relação a associação causal de origem química, diz respeito às metodologias e tecnologias utilizadas para avaliar a exposição e os efeitos e, muito mais grave, a ausência ou a precariedade dos conhecimentos toxicológicos específicos para um contaminante em especial, ou mesmo, a múltipla exposição a diversos contaminantes. Impossibilitando definir métodos e técnicas mais sensíveis para esta caracterização (CÂMARA, TAMBELLINI, 2003).

Mesmo quando o conhecimento toxicológico está bem estabelecido, as técnicas utilizadas para monitoramentos ambiental e biológico normalmente não apresentam equivalências relativas às populações atingidas ou se encontra de forma escassa e desatualizada. Adicionalmente, muitas vezes as avaliações não abordam os prejuízos difusos desses eventos sociais ligados ao domínio dos conceitos de qualidade de vida e saúde, à ausência no trabalho e desligamento das atividades laborais, à desestruturação comunitária, das doenças na coletividade (estrutura e dinâmica dos agravos; perfis, distribuição e gravidade das doenças) dentro da cadeia de contaminação indireta (FREITAS, SÁ, 2003; CÂMARA, TAMBELLINI, 2003; FREITAS, BARCELLOS ET AL 2019).

Diferentemente dos sistemas simples, objeto de análise confiável das metodologias apresentadas, os sistemas complexos como os socioambientais não são passíveis de compreensão por uma única perspectiva apenas, sem que haja perdas de informação em relação aos problemas analisados (PORTO, 2007). Em relação a complexidade dos sistemas em análise, (PORTO, 2011, p. 16) enfatiza que se deve distinguir a complexidade entre dois diferentes tipos: a ordinária e a emergente.

- Complexidade ordinária, característica dos sistemas biológicos e ecológicos, existiria na ausência da autoconsciência e de propósitos mais completos, com um padrão mais natural de organização e equilíbrio voltado à complementaridade de competências e de cooperação, como a predação, o parasitismo e a simbiose existentes nos ecossistemas; tanto por meio de competição como de cooperação, por exemplo, pode-se esperar um padrão de complementaridade nas relações entre os elementos e subsistemas presentes.

- Por outro lado, a complexidade emergente, característica dos sistemas sociais, técnicos ou mistos que incluem os seres humanos, apresenta um padrão de comportamento oscilante entre hegemonia e fragmentação, ou, melhor, uma disputa entre possíveis hegemonias. Ressalta-se que as complexidades emergentes não podem ser explicadas de forma mecanicista ou funcionalista e possui características como “individualidade em conjunto com algum grau de intencionalidade, consciência, prospectiva, propósito, representações simbólicas e moralidade”.

Uma das conclusões que autor assume é que quanto maior o nível de complexidade do cenário de risco apresentado, maior será a relevância das dimensões qualitativas sobre as quantitativas (ainda que estas últimas possam estar sempre presentes), assim como maior será o nível de indeterminação e menor a capacidade de controle e previsibilidade. Dessa forma a complexidade do mundo dos humanos, ou seja, a complexidade emergente e reflexiva, é essencialmente qualitativa, dialética, histórica, autopoietica e plural, e a existência de leis atemporais ou independentes do contexto que regem os fenômenos físicaista, e em parte os biológicos, não se aplica da mesma forma aos fenômenos sociais (PORTO, 2011).

Tal reconhecimento torna claros que a avaliação de risco em seu modelo clássico pode, portanto, ser descrito como: positivista, já que se baseia inteira e exclusivamente em informações científicas indiscutíveis; semiquantitativo, uma vez que sua avaliação de risco é expressa como uma ordem de grandeza; redutora, já que se limita a medir o risco técnico na ausência de erro humano (riscos assintóticos) e, ao mesmo tempo, assume que os riscos podem ser somados, desconsiderando os efeitos da interação entre eles; tecnocrática, uma vez que se baseia essencialmente em avaliações técnicas, enquanto o público em geral tem direito apenas a receber informações, sem que haja discussão e participação dos interessados (CHEVASSUS-AU-LOUIS, 2000). Tornando-se limitado metodologias não inclusivas, baseado particularmente em uma visão científica, voltado a uma ciência dita normal, para compreender e lidar com problemas de maior complexidade no mundo da vida, em especial dos humanos, pois diversidade e hegemonia estão presentes tanto em sistemas complexos ordinários como nos emergentes (PORTO, 2011).

FREITAS e SÁ relacionam três considerações a respeito das implicações no uso do modelo padrão de avaliações de riscos na análise de impactos sistêmicos e interativos. Dizem respeito às seguintes limitações:

- 1) A desconsideração dos aspectos de longo prazo – a teoria dos sistemas dinâmicos não-lineares vem demonstrando que mudanças de longo prazo em tais sistemas são absolutamente imprevisíveis para além de um dado horizonte de

tempo, já que uma pequena mudança nas condições iniciais pode mudar a situação final radicalmente; 2) A desatenção para com a variabilidade – determinados processos não podem ser antecipados utilizando-se simples parâmetros estatísticos (densidade média etc), a partir do isolamento do agente causal das variáveis intervenientes ou confounders, realizando-se cálculos que têm como referência tempos e espaços delimitados e utilizando-se frequências relativas para poder especificar as probabilidades sobre média sobre espaços, tempos e contextos sociais, ambientais e tecnológicos estáveis e/ou estáticos, exigindo estudos empíricos no mundo real; 3) Problemas de extrapolação – a limitada abordagem de se avaliar o impacto sobre humanos a partir de pequenas doses de agentes químicos ou orgânicos tendo por referência evidências somente baseadas em pesquisa com animais de laboratório e poucas exposições acidentais a altas doses vivenciadas por seres humanos. (FREITAS, SÁ, 2003, p. 225).

Por ora, salientamos que os conflitos metodológicos identificados, embora possam ser delimitados no tempo, em relação a sua realização, apresentam como característica a avaliação de fronteiras espaciais e temporais relativamente difusas, exposição, riscos, danos e doenças que exigem abordagens sistêmicas e de ações de saúde pública integrais de longo prazo.

Concluindo, os riscos sistêmicos, como os que estamos tratando, exigem gerenciamento de riscos coeso e participativo. Necessitam de análise de causa e consequência de múltiplas dimensões. Muitos dos riscos envolvidos nos rompimentos de barragem de mineração não são simples e não podem ser calculados como uma função linear de probabilidades e efeitos. Envolvem problemas que não se limitam às fronteiras territoriais ou a um único setor ou organização, são complexos (multicausais) e cercados de incerteza, ambiguidades e ignorâncias.

3.4 DIFICULDADES E DESAFIOS PARA INVESTIGAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO RISCO POTENCIAL E EXPOSIÇÃO À SAÚDE NO CONTEXTO DE ROMPIMENTO DE BARRAGEM DE MINERAÇÃO

Determinantes social da saúde (DSS), segundo a Comissão Nacional sobre os Determinantes Sociais da Saúde (CNDSS), estão relacionados com os fatores de risco¹⁰ que

10 Fator de risco ou de exposição é algum fenômeno de natureza física, química, orgânica, psicológica ou social no genótipo ou fenótipo, o qual está referido à ocorrência de um determinado agravo ou evento de saúde. Pode ter diferentes intensidades (alto, médio, baixo) e estar em múltiplas dimensões da vida (biológica, ambiental, social, tecnológica). Um fator de risco, na modelagem ou análise de risco, é operacionalizado como uma variável – ‘preditora’, ou seja, é uma condição especial, que, pela variabilidade de sua presença ou ausência, está associada à ocorrência de um agravo ou evento observado e pode estimar o risco de ocorrer com maior ou menor intensidade (GONDIM, 2007)

podem ser percebidos através de dimensões sociais, econômicas, culturais, étnico/raciais, psicológicas e comportamentais que influenciam a ocorrência de problemas de saúde e seus fatores de risco na população. A Organização Mundial de Saúde define os DSS segundo a interface entre as condições de vida e trabalho dos indivíduos com a sua situação de saúde, sugerindo uma perspectiva de preservação do “corpo” como modelo enquanto força produtiva (ROCHA, DAVID, 2015). Neste sentido, o nível de saúde reflete características da estratificação social, em tempo e espaço específico, da desigualdade econômica, caracterizada pela posição que o indivíduo ocupa, entre outros fatores que influenciam a boa forma ou má saúde.

Risco é um conceito fundamental para a saúde e busca explicar as múltiplas dimensões do “processo saúde-doença”. A abordagem da saúde como um processo vai de encontro com a crítica ao enfoque biomédico, que é unicamente pautado na doença. Saúde deve ser entendida em sua dimensão global, cujo enfoque é o da pluralidade. Reconhecendo-se que os elementos bio-socioambientais e produtivos se relacionam de maneira interdependente e interdefinível, conferindo-lhe um caráter complexo, tornando parcelas dessas dimensões não tangíveis e cabíveis de serem quantificados (AUGUSTO, FREITAS, TORRES, 2002).

O modelo explicativo da determinação social da saúde se apresenta como um instrumental conceitual mais diversificado do que a ideia de causalidade posta na teoria dos determinantes sociais de saúde. A abordagem teórica foca a análise sobre a necessidade de observação sobre as causas produtoras e reprodutoras das formas, tanto de adoecimento, quanto de vitalidade. Esta proposta enxerga a doença como expressões dos processos sociais históricos de produção e organização societal. Estudos de determinação estabelecem as relações do adoecimento humano em âmbito tanto coletivo como individual, uma vez que os processos que ocorrem de forma coletiva determinam as características básicas sobre as quais apresentam as diferentes expressões fenomênicas e biológicas individuais (GARBOIS, SODRÉ, DALBELLO-ARAUJO, 2014).

A proposta de Determinação social da saúde transcende o emprego de esquemas de causalidade biológica e não deve ser confundido com uma associação empírica entre condição de saúde e fatores sociais. A teoria envolve uma reformulação da visão sobre o conceito de adoecimento – o foco é o modo como o processo biológico se expressa coletivamente - caracterizando a saúde e doença mediante a fenômenos que são próprios dos modos de convivência do homem em sociedade. Diferentemente, os determinantes sociais de saúde padecem de pobreza teórica, pois raramente as teorias sociais e políticas cruciais são

explicitadas para a compreensão do significado dos conceitos relacionados às diferenças na saúde e doença.

Na estruturação do campo, o risco aparece como elemento básico necessário para a tomada de decisões, levando em consideração os limites e incertezas inerentes à utilização das medidas de avaliação, com a finalidade de atender à necessidade e demanda dos problemas e estratégias de intervenção. (CZERESNIA, 2001).

As avaliações epidemiológicas visam descrever a ocorrência dos efeitos adversos para a saúde, analisar a associação ou relação de causalidade entre exposição a fatores de risco ambiental com índices de morbidade e mortalidade e contribuir para ações/intervenções com o intuito de mitigar ou prevenir estes efeitos adversos, e desta forma sugerem a identificação de possibilidades, perigo potencial ou ameaça de dano ou agravo (CÂMARA, TAMBELLINI, 2003).

Dessa forma, o problema em questão e seu risco são analisados e determinados considerando-se populações expostas, suscetíveis e vulneráveis, potencialidade/probabilidade e severidade dos efeitos adversos para a saúde dos seres humanos e o meio ambiente (FREITAS, PORTO, GOMEZ, 1995).

Uma questão sensível é que as análises quantitativas de risco frequentemente são apresentadas de forma simplificada, por meio de um único indicador, como um número de mortes esperadas ou excesso de casos de certas doenças dentro da população exposta quando comparado com população não exposta. Apesar de muitos desses estudos produzirem boas análises de risco, esses números costumam aparentar um ar de cientificidade e precisão, quando na verdade omitem grande parte das incertezas envolvidas e não conseguem retratar o caráter complexo do cenário de risco analisado, tendo uma perspectiva utilitarista dos processos que envolvem o processo de saúde e doença das populações estudadas (PORTO, 2007).

O conceito epidemiológico de risco é parte de um sistema perito, cujo conhecimento está pautado nos avanços de técnicas estatísticas, que possibilitam seu monitoramento e a definição de medidas de regulação no campo da saúde (GONDIM, 2007). Segundo a autora, vários métodos e técnicas sofisticadas são utilizados para estimar a probabilidade de ocorrência de eventos de saúde e doença associados a determinadas situações de exposição.

Essencialmente o que a epidemiologia faz é verificar a existência de associação entre exposição e certos fatores de risco à saúde, contribuindo para a implementação de medidas de prevenção e controle. Em relação a “Exposição”, é necessário diferenciá-la da “Intoxicação” relacionadas a substâncias químicas, pois são conceitos distintos. Exposição é uma medida de contato entre o organismo e a substância química que pode apresentar temporalidade variável,

sendo caracterizada como aguda, subcrônica ou crônica. Intoxicação é um conjunto de sinais e sintomas decorrentes da interação entre a substância química e o organismo. A expressão clínica desta interação pode ser imediata, caracterizando uma intoxicação aguda ou subaguda, ou esta interação pode se configurar como um processo, cuja manifestação clínica será tardia (FRÓES-ASMUS, 2020).

É interessante ressaltar que as boas práticas preventivas da saúde pública relacionada a contexto de risco e exposição ambiental nos remete a ter como foco os possíveis efeitos negativos da exposição sobre o “processo saúde-doença” e não somente ter a doença como o principal desfecho analisado. Emergências ambientais envolvem inúmeros problemas ambientais e contaminantes, exigem decisões rápidas em caráter de urgência visando cessar e reduzir exposições e riscos, bem como, ofertar serviços públicos de saúde de forma integral e oportunamente, não só no momento do evento, mas também ao decorrer do tempo.

Segundo Fróes-Asmus (2020), para que ocorra algum efeito sobre a saúde decorrente da exposição a uma substância química é necessário que este químico penetre no organismo e interaja com os sistemas orgânicos, isto é, seja absorvido, sofrendo biotransformação, distribuído pelos sistemas e, acumulado ou excretado. De acordo com a dinâmica deste processo, e com a toxicidade da substância química, ou seja, a sua capacidade de produzir lesão no organismo, poderá sobrevir uma intoxicação.

Havendo uma intoxicação aguda, podemos esperar que a pessoa exposta evolua para a cura, ou alguma forma mais grave, que poderá até levar ao óbito. Todavia, a intoxicação pelos poluentes ambientais é geralmente insidiosa, crônica e difusa, fato que dificulta o diagnóstico e quantificação da exposição às substâncias químicas (FRÓES-ASMUS, 2020). Estes efeitos adversos, sua severidade, sua reversibilidade ou possibilidade de prevenção, assim como a possibilidade de efeitos múltiplos deve ser compreendida antes que estimativas complexas da magnitude dos riscos e de suas incertezas sejam apresentadas. Os efeitos cumulativos e indiretos associados aos problemas relacionados também devem ser considerados.

O processo de intoxicação e possivelmente seu dano relativo à saúde podem acontecer no local da absorção ou, através da corrente sanguínea, ou mesmo apresentar efeitos sistêmicos no organismo humano decorrente da exposição. Apresentam-se de forma reversíveis ou irreversíveis e os de maior gravidade podem gerar lesões neurotóxicológicas, teratogênicas, mutagênicas e efeitos carcinogênicos (FRÓES-ASMUS, 2020).

A exposição ambiental dificilmente se configura como a exposição a uma única substância. Geralmente, várias substâncias interagem com o meio e penetram no organismo humano por diferentes vias, podendo ocorrer múltiplas formas de interação, sinergismo ou

potencialização dos seus mecanismos de ação e biotransformação. Exposição simultânea a múltiplos químicos tem implicações toxicológicas importantes Zota, Achley, Woodruff, mesmo que a dose recebida seja baixa.

Nas situações de exposição humana a múltiplas substâncias (FRÓES-ASMUS, 2020, p. 09):

“é admitida a possibilidade de ocorrência de interação entre as substâncias, favorecendo: - efeitos aditivos – consequentes a exposição a duas ou mais substâncias, as quais atuam conjuntamente, mas não interagem, sendo geralmente o efeito total a soma simples dos efeitos decorrentes da exposição separada às substâncias sob as mesmas condições; - efeitos combinados ou efeitos sucessivos ou simultâneos de dois ou mais compostos no organismo pela mesma rota de exposição; - efeitos sinérgicos – efeito biológico decorrente da exposição simultânea a duas ou mais substâncias que é maior do que a simples soma dos efeitos que ocorrem seguinte a exposição separadamente a estas substâncias; ou mesmo, - o fenômeno de potencialização, onde uma substância em uma concentração ou dose que por si não tem um efeito adverso acentua o dano causado por outra substância (IPCS, 2000).

FRÓES-ASMUS (2020, p. 10) ainda acrescenta que “para que exista o reconhecimento da relação exposição a poluentes químicos e doença nas populações expostas, procura-se estabelecer onexo causal, ou seja, a associação entre a ocorrência da doença e a intoxicação pelo composto químico. Porém, as mais graves manifestações associadas à exposição substâncias químicas, como o desenvolvimento de câncer, as alterações mutagênicas ou teratogênicas, são resultados da interação de diferentes fatores para os quais a exposição a esses agentes representa um “**risco adicional**” para o seu desenvolvimento”. Sob estas condições, a confirmação do nexo causal, a relação inequívoca entre causa e efeito, pode não ser possível. Assim, a questão fundamental em relação ao estabelecimento do nexo causal não é provar que a doença seja causada pela substância química, mas provar que não o é, ou seja, excluir qualquer possibilidade de ação lesiva do mesmo sobre o organismo e contributiva para o processo de adoecimento.

A existência de exposição não pode ser estabelecida apenas a partir da determinação dos compostos ou seus metabólitos no organismo. Em exposições passadas, dependendo do intervalo de tempo decorrido entre a dosagem dos compostos e a interrupção da exposição, e das características do processo metabólico das substâncias e do organismo dos indivíduos, estes podem não ser mais “dosáveis” nos indivíduos, ou estarem dentro dos valores de referência aceitáveis. Sob esta condição, o estabelecimento da relação causa/efeito, a relação entre os efeitos encontrados na população com os níveis de exposição, pode ser difícil de ser realizada (FRÓES-ASMUS, 2020).

Mesmo diante de todo esse desafio, a avaliação dos compostos químicos deve ser entendida como uma ferramenta para processos decisórios, na perspectiva de prever, planejar e alertar sobre o risco e suas consequências (FREITAS, PORTO, ET AL 2002). Para os autores, uma questão importante é que as decisões regulatórias sobre riscos devem ser tomadas tendo por base o rigor técnico-científico ancorado em fortes evidências factuais. No entanto, a exposição a múltiplos contaminantes, mesmo que em dosagem reduzida ou baixa, apresenta o potencial de apresentar um amplo espectro de efeitos lesivos sobre o organismo humano, cujo tipo de manifestação clínica a ser observado dependerá das características do composto (formulação, toxicocinética, toxicodinâmica), da exposição (tempo, dose) e do indivíduo. A interação entre estes fatores determinará a ocorrência de um determinado tipo de efeito, que pode ser imediato ou tardio, podendo manifestar-se anos após a exposição e apresentando manifestações clínicas inespecíficas (FRÓES-ASMUS, 2020), como já mencionado.

Uma questão a ser destacada na avaliação de risco é a incorporação da incerteza como um dado relevante. Isto porque, ainda que, inicialmente se conheça o comportamento do problema e as possibilidades de ocorrerem diferentes resultados possam ser definidas e quantificadas através de cálculos estatísticos estruturados e probabilidades, não se conhece a distribuição destas probabilidades (GONDIM, 2007) quando os resultados são aplicados fora dos ambientes laboratoriais controlados.

Os danos à saúde humana podem ocorrer por diferentes vias e intensidades, especialmente aos mais vulneráveis: gestantes e crianças- estágio de grande replicação celular-, idosos e pessoas com problemas crônicos de saúde. Desfechos negativos poderão ser avaliados mesmo decorrente a exposição por um curto período de tempo ou doses menores, determinando a maior risco potencial de ocorrência de desfechos negativos (FRÓES-ASMUS, 2020).

Algumas das situações de exposição ocorrem de forma direta e imediata. No entanto, na maior parte das vezes, esse impacto é indireto, sendo mediado por situações sociais e ambientais degradadas. Butler, Corvalan, Koren (2005) suscitam como a perda dos serviços ecossistêmicos impactam a saúde humana e promovem mudanças ecológicas adversas. Favorecendo interações e retroalimentação de respostas sociais disfuncionais, levando ao desenvolvimento de estados que denominaram como falha de mediação e de sistema.

É importante destacar que os impactos dessas mudanças sobre a saúde são extremamente diferenciados, variam dependendo da vulnerabilidade dos grupos populacionais, não só com relação às suas características biológicas, mas também devido as suas capacidades de adaptação e resiliência. Certamente, diferentes populações vivendo em espaços diferenciados apresentam distintas configurações e vulnerabilidades particulares, deflagrando

multivariadas influências sobre o processos saúde-doença. Portanto, a vulnerabilidade destas populações está associada aos territórios de vida cotidiana. A caracterização dos danos não pode prescindir de uma visão ecológica e social. Pois, são as situações precárias de vida, ambientes degradados e contaminados que irão determinar o maior ou menor nível de exposição aos riscos dos diferentes grupos sociais ou populacionais. Neste sentido a vulnerabilidade se configura como um mecanismo de mediação ou modulação da exposição.

A abordagem tradicional da epidemiologia e toxicologia, enquanto abordagem dominante da ciência do risco e saúde, é mais do que um método. Torna-se com constância uma prática que oculta a ignorância, cegando os riscos associados até que eles estejam sobre nós. Forçando respostas, ações reparatórias e mitigatórias, por vezes tardios, como tentamos retratar nos parágrafos anteriores. Estes aspectos são bastante relevantes para a questão acerca dos critérios para as tomadas de decisões sobre os territórios contaminados, como ocorre decorrente aos desastres tecnológicos, uma vez que, a depender do resultado desta etapa a gestão do risco poderá apresentar maior ou menos efetividade sobre os problemas identificados.

Segundo Fróes-Asmur (2020),

“Os métodos tradicionais de avaliação da exposição humana envolvem medição de concentrações de exposição no meio ambiente e extrapolação para pontos potenciais de contato humano, bem como a medição da concentração dos compostos e seus metabolitos em amostras biológicas (biomonitoramento). No entanto, ambos os métodos têm limitações: as medidas no ambiente representam estimativas aproximadas das exposições de um indivíduo, e o biomonitoramento fornece apenas estimativas de exposição temporária. Os dados do biomonitoramento no indivíduo indicam que os contaminantes ambientais foram absorvidos pelo organismo, mas persiste a incerteza quanto à existência de efeitos tóxicos, bem como quais são as concentrações nas quais esses contaminantes podem causar, ou não, o dano à saúde” (FRÓES-ASMUR, 2020, pág. 12).

Como resultado disto, acaba-se dando maior importância para os achados científicos e os limites do conhecimento (incertezas) que são cabíveis de definição, ou seja, os que são tratáveis/remediáveis, a partir de escolhas, ocultando muitas outras incertezas e ambiguidades (WYNNE, 1992). Fato que ocorre em detrimento do Princípio da Precaução, permitindo uma aceitabilidade maior para certas situações, principalmente quando a ausência de provas científicas completas do dano.

Entretanto, isto ainda sugere que a prova científica ainda é esperada para tais decisões, sendo isto uma visão limitada e confusa do problema. Por exemplo, “o biomonitoramento em material biológico (sangue, urina, leite materno etc.) é uma ferramenta útil para identificar populações expostas a poluentes químicos. Os dados subsidiam a identificação de prioridades para a investigação clínica, toxicológica e epidemiológica que resultam em ações para controlar

e/ou evitar a exposição da população” (FRÓES-ASMUS, 2020, p. 13). No entanto, para a autora, na possibilidade de ocorrência de um dano grave e irreversível à saúde, a falta de certeza científica absoluta não pode ser o fator impeditivo para que sejam adotadas medidas eficazes de prevenção. Populações expostas a poluentes químicos ambientais apresentam um risco adicional de adoecimento. A forma como este vai manifestar-se é fruto das diferentes histórias de vida e da multiplicidade de interações dos compostos químicos com o organismo humano. A justificativa para o acompanhamento de saúde destas populações não deve ser baseada na presença da doença, mas, sim, na prevenção de sua ocorrência.

Portanto, a proteção à saúde deve resultar da seleção e implementação de estratégias mais apropriadas, envolvendo a regulamentação, a disponibilidade de tecnologias de controle, a análise de custos e benefícios, a aceitabilidade de riscos, a análise de seus impactos nas políticas públicas e em diversos outros fatores sociais e políticos. Para populações mais vulneráveis do ponto de vista social, os impactos serão intensos, as respostas mais lentas e a distribuição dos problemas de saúde se darão em tempos diferenciados, tanto no espaço como sobre as diferentes populações. A exposição ocorrerá em um contexto espacial (país, estado, município, bairro, setor censitário, assentamento rural, distrito sanitário, etc.) e os impactos sobre a saúde podem ocorrer em escalas temporais particulares, em períodos que variam entre dias, semanas, meses, anos (OPAS, 2014). Assim, apesar do risco de ser atingido por desastre ocorra indistintamente, a condição social particulariza seus efeitos, em especial nos grupos populacionais de maior vulnerabilidade, como gestantes, crianças e idosos, podendo resultar em desfechos negativos à saúde, não necessariamente de caráter agudo, e com possíveis repercussões clínicas tardias (BRASIL, 2011).

É exatamente nesse contexto que as políticas de gestão e segurança de barragens devem reconhecer a necessidade urgente de reduzir os riscos de desastre. Do ponto de vista da Saúde Coletiva, a importância de se compreender os mesmos está na identificação da emergência de novos problemas e necessidades de saúde ao longo do tempo, de modo que mobilizem quase toda estrutura de Saúde Pública para reduzir ou cessar situações de exposição e riscos. Além disso, os desastres tecnológicos, por envolverem contaminantes, exigem decisões em condições de urgência, bem como cuidar dos danos e doenças, não só as de curto prazo, mas também as de médio e longo prazos.

As recentes falhas nas barragens de rejeitos no Brasil fornecem evidências de que as instalações de armazenamento de rejeitos devem ser reguladas e geridas com responsabilidade pois resultam em danos intensivos e problemas extensivo no tempo e no espaço. Considerando que, mediante a ocorrência de desastres em barragens de mineração os cenários gerados

favorecem riscos múltiplos e sobrepostos sobre os processos sociais, econômicos, ambientais, culturais e sanitários, cujas fronteiras espaciais e temporais são difusas a depender dos cenários de variabilidades e alterações (degradações) ambientais, exposições, riscos, danos e doenças, há o desafio de se produzir contingências nas áreas de vigilância e atenção em saúde que considerem a natureza complexa e dinâmica de seus riscos.

3.5. CONCLUSÕES E ASPECTOS DE GESTÃO DE RISCO DE DESASTRE

Situações ou eventos de riscos como os desastres da Samarco (2015), em Mariana, e da Vale S.A (2019), em Brumadinho, representam mudanças dos cenários de riscos passados. Isso inclui tanto os relacionados aos sistemas de risco intensivos, ligados ao projeto e operações das atividades tecnológicas de mineração e suas barragens, assim como todos os procedimentos de controle e gestão de risco, mas também à situação de saúde, condições de vida, riscos ambientais, e processos de produção e reprodução social constituídos nos territórios afetados.

Por outro lado, a partir do momento em que os desastres ocorrem, produzem novos cenários de riscos (NARVÁEZ, ORTEGA, LAVELL, 2009) e problemas extensivos (WYNNE, 1988), como os problemas ambientais e à saúde, que se estendem no espaço, e em unidades interescares (local, regional ou mesmo global), assim como no tempo, produzindo uma multiplicidade e sobreposição de situações de exposições, riscos e efeitos sobre a saúde, que vão dos imediatos aos de longo prazo.

Os novos cenários de risco envolvem impactos além dos dados oficiais dos órgãos de defesa civil, incluem contaminação e alterações ambientais (impactos sobre a biodiversidade e alterações dos ciclos de vetores, hospedeiros e reservatórios de doenças), como também a alteração abrupta da organização social e dos modos de viver e trabalhar historicamente constituídos nos territórios, com efeitos e riscos adicionais à saúde. Dessa forma, é imperativo que tenhamos um olhar que envolva diferentes dimensões do impacto, assim como um olhar atento aos fatores de risco que possam influenciar o processo de saúde e doença do curto ao longo prazo.

Dessa forma, os desastres tecnológicos interferem nas relações humanas com os ecossistemas, determinando e contribuindo para a existência de condições ou situações de riscos que influenciam o padrão de saúde das populações - causam alteração do perfil de morbimortalidade, em função da exposição desses grupos a diferentes fatores de risco ambientais. Decorre assim, segundo a Organização Panamericana de Saúde, que “A exposição é central e estabelece as possíveis inter-relações entre a população presentes em um

determinado lugar e as situações ambientais alteradas pelos eventos físicos ou por condições latentes de degradação ambiental” (OPAS, 2014, p. 14).

Esses tipos de desastres colocam o desafio à saúde pública na compreensão dos mesmos, mas também na emergência de identificação e gestão de novos problemas e necessidades de saúde, pois nem sempre é possível estabelecer uma relação direta entre a exposição da população aos eventos e seus efeitos sobre a saúde (OPAS, 2014). Nesse tocante, os modelos simples e linear de causa e efeito são inadequados para definição e gestão do risco, onde nem a suposta causa nem o efeito esperado são facilmente detectáveis ou imagináveis. As limitações do conhecimento científico disponível estão, como sugere Wynner (1992), na própria aplicabilidade das técnicas analíticas existente. Assim, reduzir a análise aos componentes isolados do problema implicaria tanto no aumento da incerteza como na restrita compreensão do problema, resultando em estratégias limitadas de prevenção e controle do risco (FUNTOWICZ, RAVETZ, 2003).

Funtowicz e Ravetz (2003) relacionam três níveis de incertezas que devem ser consideradas quando estudamos sistemas abertos: técnicas, metodológicas e epistemológicas. As incertezas técnicas são aquelas relacionadas ao próprio limite do conhecimento, à incapacidade de exatidão e as rotinas de análise. Este nível de incerteza pode ser reduzido por meio de rotinas de análises suplementares e padronizadas desenvolvidas por campos científicos particulares; as incertezas metodológicas, dizem respeito à ausência de confiabilidade dos dados e que envolvem aspectos mais complexos e relevantes da informação, como valores e confiabilidade, e; as incertezas epistemológicas, são aquelas relacionadas às fronteiras da ignorância, daquilo que não se pode medir por limitação do próprio conhecimento científico.

A complexidade dos desastres tecnológicos está na forte relação dos diversos níveis de indeterminância e nossa ínfima capacidade de controle e previsibilidade da situação, pois envolvem problemas extensivos com grande variedade de interações que são inerentes aos sistemas abertos e suas relações de causa e efeito indeterminados (WYNNE, 1992).

Para além das características do desastre magnitude e da probabilidade dessas consequências, reconhecer que grupos estão expostos de forma diferenciada frente ao risco ou a um mesmo problema é ainda um desafio ao setor público. Nesse sentido, as soluções de enfrentamento da situação devem envolver, simultaneamente, distintas perspectivas, dinâmicas e visões de conhecimento, não podendo limitar-se a mentalidade científica tradicional. Como observam De Marchi, Ravetz (1999), quaisquer decisões sobre os riscos envolvem vários tipos de incerteza e compromissos de valores e, por isso, o lado científico de qualquer análise deve ser complementado por outra vertente de análise derivadas, principalmente, mas não

exclusivamente, os aspectos políticos. Muitos dos novos riscos, como os gerados pelos desastres em barragem de mineração, combinam incertezas e ignorância e tomada de decisão sobre os problemas extensivos e irreversíveis, exigindo novas formas de processos decisórios.

É importante destacar que gestão de risco não é o mesmo que gestão de desastre. A gestão de risco é um processo contínuo que busca identificar os riscos, evitá-los e remediar suas consequências. Requer a definição de estruturas de governança e sistemáticas de monitoração e reavaliação contínuas. Não se restringe ao momento do acidente e envolve um processo técnico para a tomada de decisão em busca de remediar ou cessar a exposição a um objeto específico. Enquanto a gestão de desastre contempla as ações de gestão no momento do evento, no curto, médio e longo prazo, com a finalidade de responder aos impactos iniciais e retornar à sociedade a um nível de normalidade funcional.

Gestão de Risco de Desastre¹¹ pode ser definida como um processo cuja finalidade é a previsão, redução e controle dos fatores de risco na sociedade, minimizando as perdas e danos associados à ocorrência destes eventos. Envolve o conjunto de decisões administrativas, de organização e de conhecimentos operacionais desenvolvidos por sociedades e comunidades para implementar políticas, estratégias e fortalecer suas capacidades de enfrentamento, a fim de reduzir os impactos de ameaças, sejam elas naturais como tecnológicas (OPAS, 2014).

A redução de riscos envolve medidas estruturais (como as de engenharia, por exemplo, relacionadas à proteção de estruturas e infraestruturas para reduzir ou evitar o possível impacto de ameaças) e não estruturais (como as políticas públicas, o planejamento territorial, a geração de informações como mapas de riscos que auxiliem nas tomadas de decisões preventivas, conscientização dos gestores à população, desenvolvimento de conhecimento científico, métodos ou práticas operativas) (NARVÁEZ, ORTEGA, LAVELL, 2009).

Segundo os autores Narváez, Ortega, Lavell (2009), a gestão de riscos pode ser classificada em quatro tipos:

¹¹ Conjunto de decisões administrativas, organizacionais e operacionais desenvolvidas pelos órgãos de governo, em conjunto com a sociedade organizada, para a implementação de políticas e estratégias que visam o fortalecimento de suas capacidades para a redução do impacto dos desastres (OPAS, 2014).

1. **Gestão de risco reativa:** É o conjunto de ações e medidas destinadas a enfrentar um evento adverso, seja por uma ameaça iminente ou pela materialização do risco em função de um desastre ou uma emergência em saúde pública.

2. **Gestão de risco corretiva:** Atividades de gestão que abordam e buscam corrigir ou reduzir o risco já existente sem necessariamente atuar sobre os fatores de riscos estruturais.

3. **Gestão de risco compensatória:** Atividades de gestão dirigidas ao fortalecimento da capacidade de recuperação, particularmente no que se refere à resiliência social e financeira, sem necessariamente atuar sobre os fatores de riscos estruturais.

4. **Gestão de risco prospectiva:** Atividades de gestão que abordam e buscam evitar o aumento ou desenvolvimento de novos riscos. Têm como alvo de suas políticas e ações os fatores de riscos estruturais e são orientadas para o desenvolvimento sustentável

O processo de gestão do risco contempla, em todo o ciclo do desastre, 3 etapas, com componentes e subprocessos. Esse processo envolve a atuação desde antes de um desastre acontecer até depois do período imediato de resposta e se divide em três etapas: prevenção; manejo do desastre; e recuperação.

As etapas de gestão do risco são:

- Redução do risco futuro

Esta etapa envolve 3 componentes: Prevenção, Mitigação e Preparação.

As atividades desenvolvidas nesta etapa destinam-se a eliminar ou mitigar os riscos existentes, prevenir os riscos futuros e preparar as respostas aos desastres, visando a redução do impacto destes eventos. São atividades que devem ser realizadas antes do desastre. Diante deste contexto, o tema deve ser abordado intersetorialmente e de uma maneira pró-ativa e integral, envolvendo a participação comunitária no estabelecimento de metas de redução dos riscos.

- Manejo do desastre

Esta etapa contempla 2 componentes, a saber: Alerta e Resposta.

As atividades desenvolvidas nesta etapa destinam-se ao momento em que uma ameaça natural ou tecnológica pode se converter em um desastre. Nela são realizadas atividades que têm como objetivo o enfrentamento do desastre para reduzir ao máximo suas consequências

sobre a saúde, envolvendo também a execução das ações necessárias para uma resposta oportuna.

- Recuperação.

Esta etapa contempla 2 componentes, a saber: Reabilitação e Reconstrução.

Nesta etapa implantam-se as medidas que iniciam o processo de restabelecimento das condições de vida da comunidade afetada. Engloba 2 aspectos: um que tende a restabelecer os serviços básicos indispensáveis (abastecimento de água, esgotamento sanitário, energia elétrica, sistema de comunicação), num curto prazo e de forma transitória, e em um segundo momento, direcionam-se às soluções permanentes e de longo prazo.

A recuperação pode ser entendida, portanto, como uma oportunidade para se desenvolver e aplicar as medidas de redução de risco de desastres futuros.

É importante destacar que a atuação em desastre envolve um trabalho permanente e contínuo, com planejamento definido, de forma que as instituições estejam preparadas para manejar uma ocorrência de forma adequada (NARVÁEZ, ORTEGA, LAVELL, 2009). A antecipação à ocorrência dos eventos propicia a minimização dos danos através do desenvolvimento de ações no momento oportuno e com a capacidade necessária, evitando-se que um desastre gere novos cenários de riscos.

A gestão prospectiva de riscos, por sua vez, objetiva antecipar-se aos processos que podem gerar novos desastres e, com estes, novos riscos. A antecipação e a prevenção atuam assim nos processos que estão na raiz das causas: a dinâmica da natureza e os processos políticos, sociais e econômicos.

Ainda há necessidade explícita de “aumentar a resiliência dos sistemas nacionais de saúde, integrando a gestão de riscos de emergências e desastres aos cuidados primários, secundários e terciários, desenvolvendo a capacidade dos profissionais de saúde de entender o risco de desastres e aplicar abordagens de Redução do Risco de Desastre na rotina de trabalho do setor” (SILVA, XAVIER, ROCHA, 2020). Assim, autoridades e trabalhadores do setor da saúde são identificados como atores chaves na gestão do risco de desastres e na construção da resiliência da comunidade.

Salientamos que ao longo da história, o setor saúde teve um papel central nas respostas imediatas às necessidades de saúde durante emergências e desastres. No entanto, nas últimas duas décadas, uma mudança conceitual vem ocorrendo, e é dentro deste contexto que deve ser compreendida a necessidade de olhar os desastres de maneira prospectiva- evitando a concretização dos riscos e reduzindo as vulnerabilidades em detrimento de ações corretivas e

compensatórias. Tais capacidades são necessárias a todos os setores da sociedade, inclusive o setor saúde, para a implementação de medidas para o alerta precoce, redução de riscos e gerenciamento de riscos nacionais e globais. Essa mudança significa não mais se restringir somente aos processos de preparação e resposta em Saúde Pública, mas ampliar para uma abordagem de Gestão de Riscos de Emergências e Desastres em Saúde Pública, incluindo os processos relacionados desde a prevenção até a recuperação, reabilitação e reconstrução pós-eventos.

3.5.1 Efeitos gerais dos desastres na saúde

Os impactos de um desastre sobre uma região ou comunidade dependem diretamente de suas condições de vulnerabilidade, provocando efeitos diferenciados em cada área atingida, como visto anteriormente. O mesmo se aplica aos efeitos sobre a saúde.

Existe uma relação direta entre o tipo de evento adverso e os efeitos que ele provoca sobre a saúde da população atingida. Alguns efeitos são mais potenciais que reais e, em geral, podem ser reduzidos e até mesmo evitados mediante ações de prevenção e preparação eficazes que levem informação, educação e capacitação aos serviços de saúde e às comunidades.

No entanto, é importante lembrar que, na maioria dos eventos adversos, a maior demanda pelos serviços de saúde se produz nas primeiras 24 a 48 horas. Depois das primeiras 72 horas podem surgir doenças causadas derivadas das mudanças ambientais no local, favorecendo impactos à saúde devido ao consumo de água contaminada, pela aglomeração de pessoas, pela exposição climática, pelo aumento de vetores, entre outros.

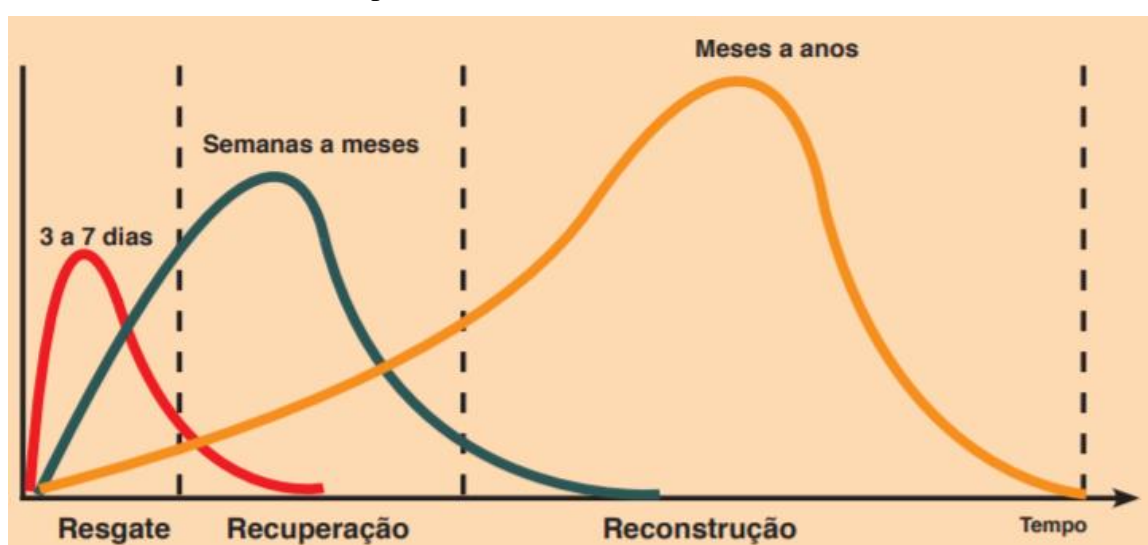
Após a ocorrência de um desastre, podem ocorrer problemas específicos que necessitam de atuação do setor saúde em diferentes momentos. As lesões graves ou traumas, que necessitam de atenção imediata, normalmente ocorrem no momento e no lugar de ocorrência do evento intensivos (são mais comuns em casos de terremotos, enxurradas e deslizamentos), enquanto que o risco de transmissão de doenças podem aparecer e se ampliar ao longo do tempo, sendo as áreas mais vulneráveis aquelas onde há aglomeração de pessoas e condições higiênico-sanitárias deficientes.

Os impactos dos desastres e emergências sobre a saúde podem ocorrer em tempos diferentes, caracterizando-se em períodos que variam entre horas e anos (gráfico 1). Em um curto espaço de tempo, considerando-se um período entre horas e alguns dias, se produz a maior parte dos registros de feridos leves e graves, e mortalidade, incluindo como resposta as ações de resgate e urgência.

Um segundo momento se dá no período entre dias e meses, caracterizando-se pela ocorrência de doenças transmissíveis. Mas as doenças não transmissíveis, especialmente a hipertensão, podem se intensificar em pacientes já acometidos por elas. Nessa fase, é importante iniciar ações de vigilância, controle e prevenção de doenças, assim como a reabilitação dos serviços necessários à assistência à saúde e outros serviços essenciais, como o abastecimento de água e alimentos, por exemplo.

Em um espaço maior de tempo, entre meses e anos, os impactos na saúde se relacionam às doenças não transmissíveis, especialmente os transtornos psicossociais e comportamentais, as doenças cardiovasculares, a desnutrição e a intensificação de doenças crônicas. A reconstrução das infraestruturas físicas da cidade, principalmente dos estabelecimentos de saúde e das residências da população, também pode ocorrer nesse período de tempo.

Gráfico 1 – Temporalidade dos efeitos dos desastres à sociedade.



Fonte: (OPAS, 2014)

Dessa forma, os desastres interferem nas relações humanas com os ecossistemas, determinando e contribuindo para a existência de condições ou situações de riscos que influenciam o padrão de saúde das populações - causam alteração do perfil de morbimortalidade, em função da exposição desses grupos a diferentes fatores de risco ambientais.

A resposta efetiva do Setor Saúde a esses problemas depende essencialmente do conhecimento da região e da antecipação das ações de prevenção e preparação proporcionando o desenvolvimento de intervenções apropriadas no momento e no lugar mais necessitado.

Observando os efeitos dos desastres na saúde fica clara a necessidade de conhecer os cenários locais e os perfis epidemiológicos para o desenvolvimento de planejamento adequado às necessidades regionais e locais. Para isso é necessário fazer o levantamento das ameaças e das vulnerabilidades e trabalhar para atender as situações específicas da localidade. Com isso, é possível a identificação ou até a mensuração do risco e uma atuação voltada para a sua gestão, reduzindo-o, manejando-o e, principalmente, preparando para fazer frente aos impactos dos desastres sobre a saúde.

No marco de proposição das Funções Essenciais da Saúde Pública (FESP), sistematizado pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), a Redução do Impacto das Emergências e Desastres em Saúde é a décima primeira de todas as 11 FESP (OPAS, 2002).

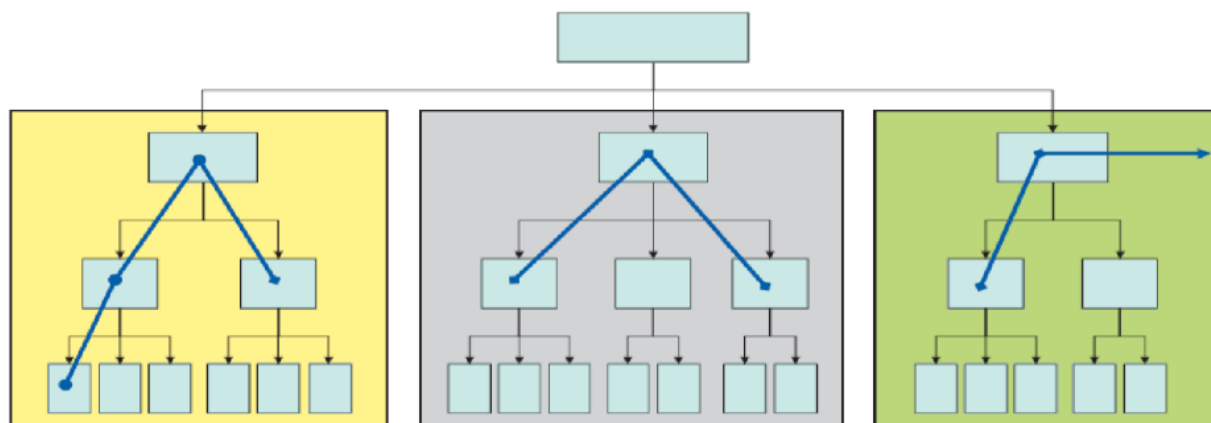
Ao assumirmos que a Redução do Impacto das Emergências e Desastres em Saúde é uma função essencial da saúde pública, torna-se necessária a participação de todo o sistema de saúde nas ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e reabilitação, o que requer, antes de tudo, a integralidade das ações de saúde, envolvendo todas as suas áreas

O setor saúde pouco pode contribuir nas questões estruturais, como distribuição de renda, condições de moradia, ocupação do solo, desenvolvimento socioeconômico e ambiental. Por outro lado, é na saúde das populações que se expressam os efeitos mais perversos dos desastres. Assim, cabe ao setor saúde assumir a responsabilidade por esses danos e buscar reduzi-los, além de atuar em todas as etapas da gestão de risco de desastres.

É importante ressaltar que as ações de atenção à saúde devem fazer parte do planejamento do SUS no processo de prevenção, preparação, resposta e reconstrução em situações de desastres, sendo uma das áreas mais importantes no restabelecimento da normalidade das comunidades atingidas por desastres.

Dessa forma, diante do exposto, há necessidade de propor mudanças efetivas na forma de atuação dos setores e serviços para atuação nos eventos de desastres. De modo geral, as ações de resposta e recuperação ainda ocorrem baseados na prestação de serviços envolvendo um sistema de organização tradicional, estruturado por funções entre setores, composto por áreas específicas de atuação com objetivos e metas a serem cumpridas. Cada serviço, atuando separadamente entre si, contingência seu empenho de forma que não há comunicação entre os demais setores, mas quase sempre se articula com os demais setores e áreas de um mesmo serviço de forma vertical, de acordo com o organograma tradicional segmentado por especificidades de sua atuação pretérita (figura 1).

Figura 1 - Organização tradicional setorial.



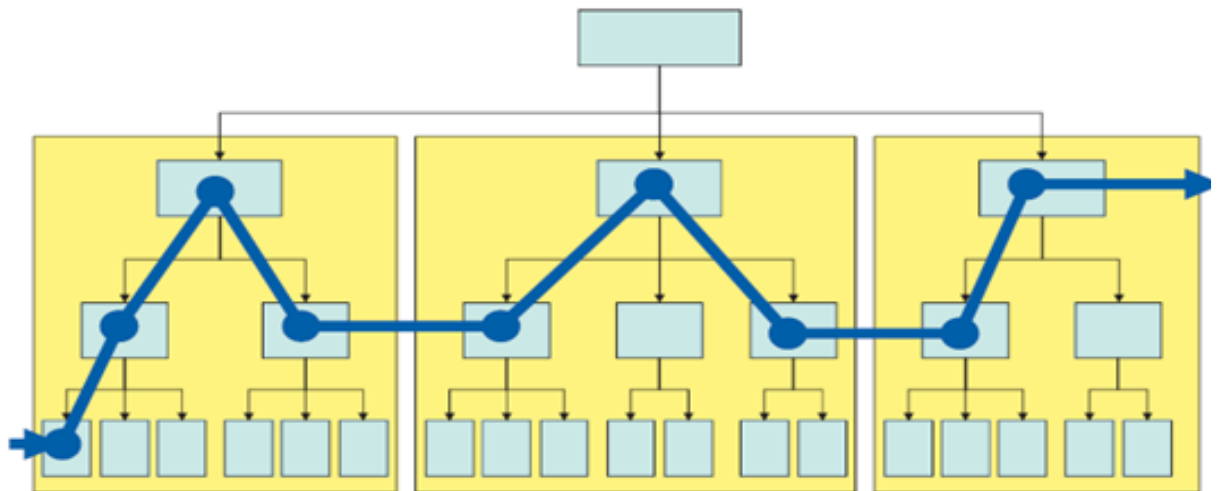
Fonte: (NARVÁEZ, ORTEGA e LAVELL, 2009)

Na figura 1, representamos cada organização setorial (setor saúde, corpo de bombeiro e defesas civil) como normalmente ocorre, de forma hierarquizada sem que haja interação entre os esforços de prevenção, preparação e resposta. E de forma hipotética, como exemplificado na caixa de tonalidade verde, por vezes não há comunicação mesmo entre os esforços setoriais de uma mesma organização.

Na figura 2, apresentamos um esquema de funcionalidade que é esperado, caracterizado como gestão integrada de risco de desastre. Neste esquema é esperado que o planejamento e a ação ocorra de forma intra e intersetorial para que ao final do processo tenhamos obtidos resultados satisfatórios. Cada setor tem responsabilidades, no entanto o processo de gestão somente será concluído quando todos cumprirem a contento seu papel.

NARVÁEZ, ORTEGA e LAVELL (2009) propõem um sistema de gestão de risco por processo, quebrando a lógica setorializada de atuação e promovendo uma articulação horizontal entre diferentes setores e áreas visando a integração das ações. Nesta perspectiva, o foco das ações está no processo que desejado (por exemplo, melhorar as condições de planejamento e resposta a um evento específico) e somente quando todos os setores e áreas cumprem seu papel neste processo é que a meta pode ser considerada cumprida (figura 2).

Figura 2 - Organização com enfoque em processo.



Fonte: (NARVÁEZ, ORTEGA, LAVELL, 2009)

É importante destacar que cada setor deve reconhecer seu papel diante da redução de riscos e ser reconhecido pelos seus pares numa verdadeira gestão por processo, uma boa estratégia para que haja esta interação é organizar uma matriz de risco com cada objetivo a ser alcançado.

Esta mudança de perspectiva pode contribuir na gestão de risco, principalmente nos cenários de risco complexos de gestão pós desastre que devem envolver ações que exigem maior integração entre diferentes setores e atores do processo de gestão, não somente na fase de resposta, incluindo também na redução de risco, remediação e prevenção.

No Capítulo subsequente a este, iremos apresentar o rol de atores Estatais que tem participação direta no sistema de gestão de risco e desastre envolvendo rompimento de barragens de mineração; apresentaremos a frequência dessa ocorrência; e os principais fatores para sua ocorrência.

4 DESASTRES EM BARRAGENS DE MINERAÇÃO: INFLUÊNCIAS, HISTÓRICO, PADRÃO ANALISADO E FREQUÊNCIA

Dois desastres com barragens de mineração serão objeto de discussão neste Capítulo. Apresentaremos os casos de rompimento de barragem de mineração, cujo objetivo é discutir as questões de gestão de risco considerando os fatores que favorecem a ocorrência de desastres, mas também enfatizar mecanismos institucionais de fiscalização e monitoramento das atividades minerárias. Dessa forma, esperamos compreender os processos de determinação sociais dos riscos relacionado ao desastre tecnológico de barragens de mineração; e o papel e os limites de atuação do setor saúde e parceiros na preparação e resposta da gestão de risco dos desastres tecnológicos.

O primeiro desastre - 5 de novembro de 2015: o rompimento da barragem de rejeito de fundão (BRF), controlada pela mineradora Samarco, uma joint-venture da companhia Vale S.A e a anglo-australiana BHP Billiton, liberou ao ambiente um volume estimado de 34 milhões de metros cúbicos (m³) de lama (BRASIL, 2016). Esta barragem, que se destinava a armazenar rejeitos da extração de minério de ferro, estava passando por obras de ampliação e apresentava 106 metros de altura e volume armazenado estimado em 55 milhões de m³ de rejeito (BRASIL, 2016).

Este foi o maior desastre registrado envolvendo barragens de rejeito de mineração no mundo, quando considerado o volume de rejeito liberado, extensão geográfica atingida (mais de 600 km atingindo 39 municípios limítrofes até a foz da Bacia do Rio doce) e custos econômicos associados (PIMENTEL, 2016; FREITAS, SILVA, MENEZES, 2016). O evento, ocorrido no município de Mariana (MG), levou 18 pessoas a óbito e deixou 1 desaparecido, sendo que 14 (74%) eram trabalhadores diretos ou indiretos da empresa (MPF, 2016).

O segundo desastre. Passados três anos, o Brasil voltou a registrar, em Brumadinho (MG), no dia 25 de janeiro de 2019, o rompimento da barragem de rejeito (B1), do complexo minerário do córrego do Feijão, mais um empreendimento da mineradora Vale S.A. A B1 tinha 86 metros de altura, e estimou-se que 13 milhões de m³ de rejeito de mineração de ferro foram liberados no meio ambiente. O evento vitimou 270 pessoas, e 11 pessoas ainda permaneciam desaparecidas em 14/04/2021 (FREITAS, SILVA, 2019).

No próximo Capítulo discutiremos com mais detalhes as múltiplas repercussões dos acidentes ampliados envolvendo barragens de mineração, considerando os possíveis cenários de risco de desastres, seus impactos ambientais, sanitários, socioeconômicos, ocupacionais e sobre as condições de vida das comunidades atingidas. Ou seja, os impactos sistêmicos

provocado nas condições de vida e trabalho de forma direta e indireta, podendo se prolongar por meses a anos em diferentes magnitudes, assim como outros fatores que impactam de diferentes maneiras as formas de reprodução social historicamente concebidas

Neste Capítulo, abordaremos os seguintes temas: 1) a análise e compreensão do universo da gestão: os processos globais que influenciam de forma direta e indireta a segurança de barragens no Brasil; os processos de licenciamento; a fiscalização e os aspectos relacionados à segurança; 2) o papel e a participação de diferentes atores institucionais na gestão em cenários de risco que envolvem a segurança de barramentos de mineração; 3) a análise e compreensão das falhas identificadas nos acidentes ampliados no caso Samarco, em Mariana e da Vale, em Brumadinho, em que a sequência de falhas transformadas em normalidades (“**anormalidades normais**”), revelam um universo em que a segurança é falha (“**sistemas abstratos de segurança e confiança**”).

4.1. DESASTRE TECNOLÓGICO DE BARRAGEM DE MINERAÇÃO

Tendo como referência a definição da Estratégia das Nações Unidas para Redução de Risco de Desastres (UNDRR, 2018, pág. 5), desastres tecnológicos são definidos como: "qualquer evento não planejado envolvendo substâncias perigosas que causem ou possam causar danos à saúde, ao meio ambiente ou à propriedade, como a fuga ou vazamento de substâncias perigosas, explosões e incêndios". Os efeitos desses eventos podem ser significativos para a comunidade do entorno e causar contaminação e impacto no meio ambiente de longo prazo, afetando direta ou indiretamente os recursos e serviços ecossistêmicos. Independentes da causalidade imediata que forem atribuídas, desastres evidenciam situações ou eventos de riscos que traduzem a acumulação de falhas organizacionais e gerenciais, fragilidades das políticas e despreparo das instituições encarregadas pela gestão e redução do risco.

Em ambos os casos apresentados (Samarco 2015 e Vale S.A 2019), constrangimentos econômicos e “pressões de fundo” foram exercidas por poderosos atores institucionais, privados e públicos, que moldaram práticas operacionais desses sistemas sociotécnicos complexos. Segundo Llory e Montmayeut (2014), desastres tecnológicos revelam fraquezas institucionais das organizações sobre seus processos, enraizadas em fatores organizacionais (escolhas orçamentárias, destinação de recursos, etc.), levando ao aparecimento de ações operacionais arriscadas, degradando a segurança do sistema.

4.1.1. Segurança de barragens no contexto da globalização econômica

Se por um lado os desastres e os acidentes de trabalho não ocorrem em um vácuo, por outro não são raros. Apresentam heterogeneidade em seu padrão de ocorrência e parece tornar-se rotina quando encontram um ambiente empresarial e governamental favorável (BANKOFF, 2004). Constituindo um cenário de gestão de riscos que demonstra ausência de um efetivo controle e prevenção de acidentes, ao mesmo tempo que os interesses dos grupos socialmente dominantes procuram tornar cada vez mais opaca a visão do seu universo.

Rompimentos de barragens são sintomas das sociedades globalizadas. E à medida que aumentam em frequência e intensidade permite-nos vislumbrar um universo de anormalidades transformadas em normalidades no cotidiano da gestão dos riscos da mineração. Tema esse que discutiremos adiante, mas de que se deve em grande parte, pela omissão do o Estado, que embora tenha instrumentos regulatórios disponíveis, pouco ou nada regula.

Cabe assinalar o modo como vem ocorrendo o desmonte do papel do Estado em suas capacidades de regulação e fiscalização de atividades produtivas. A partir de década de 90 este processo vem se intensificando e corroendo o cenário produtivo mundial, modificando os estados nação por meio de maior influência dos interesses das empresas multinacionais e geopolíticos dos países. A globalização econômica coloca em xeque as funções e funcionamento do aparato estatal, inclusive o sistema de monitoramento e vigilância dos parques tecnológicos. Soma-se a este cenário, o processo de privatização da Vale do Rio Doce no final dos anos 1990, de modo que a combinação desses fatores parece ter contribuído para a elevação de desastres e a precarização do sistema de gestão de risco e fiscalização em barragens de mineração no país, tornando-os uma quase rotina e tendo como desfecho o mais grave acidente de trabalho já registrado no país (FREITAS, ROCHA, ET AL 2018).

Embora ambos os casos tratados aqui tenham ocorrido em tempos históricos dispares e envolvendo empresas com dinâmicas organizacionais independentes, esses acidentes seguem padrões amplamente semelhantes e familiares entre si.

Fundamental pontuar que existe um padrão de fatores que incidem sobre o comportamento organizacional das mineradoras. Estes fatores são regulados ou influenciados por uma série de atores públicos e privados (sistema financeiro, agencias de regulação, defesa civil, meio ambiente, setor saúde).

A globalização tem sido um tema chave no discurso das ciências sociais para conceituar as mudanças social nas últimas duas a três décadas. A temática está no centro de muitos dos nossos desafios sociais, econômicos, políticos e ecológicos e nos remete a necessidade de

produzir lentes interpretativas adequadas para entender essas transformações globais, apesar da complexidade e da ambiguidade do fenômeno. Nos anos 1980, a ciência social não dera muita atenção à temática. No entanto esta percepção se alterou, com diversos pensadores apresentando proeminência na temática já no início da década de 1990, por exemplo, Giddens (1991), Morin, (1994), Robertson (1990) e Santos (1993), são importantes intelectuais que colocaram a globalização como questão central para compreender as transformações da sociedade.

A globalização é discutida, segundo as categorias tempo/espço, no âmbito do sistema-mundo, na pós-modernidade e à luz dos conceitos de nação, mercado mundial e lugar. Giddens e Sutton (2017), defendem que globalização responde aos “diversos processos pelos quais populações humanas geograficamente dispersas são levadas ao contato mais próximo e imediato entre si, criando uma comunidade única ou sociedade global”. Le Coze (2017) correlaciona a globalização a um aumento de interconectividade e fluxos de vários tipos (por exemplo, dinheiro, pessoas, bens ou informações) como resultado da liberalização do comércio e finanças, privatização, desregulamentação, TIC (tecnologia da informação e comunicação) e revolução dos transportes. No entanto, é a sua manifestação concreta para o funcionamento dos sistemas de alto risco que estamos interessados, e não a declaração genérica de aumento de fluxos.

Um importante precursor do pensamento sobre o fenômeno da globalização é o sociólogo Immanuel Wallerstein, propondo a teoria do “sistema-mundo”. Sua tese mostra que o sistema econômico capitalista funciona em níveis transnacional, constituindo um capitalismo mundial cujo cerne (países de industrialização avançadas) reproduz forças determinantes para sua periferia. A teoria do "sistema-mundo", como é denominada, baseia-se na divisão regional e transnacional do trabalho e sua reprodução se dá através do complexo sistema de troca e agregação de valor, resultando na divisão mundial em países centrais, semiperiféricos e periféricos. Os países centrais concentram a produção altamente especializada e capital-intensiva, enquanto o resto do mundo se dedica à produção trabalho-intensiva e não especializada e à extração de matérias-primas.

Tornado paradigma para a ação, a globalização reflete preocupações com o declínio da autonomia e funcionamento dos Estados-nação (LE COZE, 2017). Mesmo que essa ideia seja contestável, verifica-se uma aceleração da globalização a partir da década de 1970, provocada pelo aumento do poder e abrangência das corporações com atuação multinacional, as ascensões de blocos comerciais supranacionais, entidades econômicas e políticas regionais, além da maior mobilidade de migrantes.

O que temos de concreto é que hoje em dia as ações cotidianas produzem consequências globais, seja na geração de empregos ou na deterioração ecológica, e seus reflexos são percebidos em todas as partes do planeta. É a concretização do teorema da borboleta: "O bater das asas de uma borboleta pode provocar um furacão do outro lado do mundo" aludindo a percepção do fator globalizante que vivemos (PERROW, 2011).

A ideia de que algo de um tipo diferente do que aconteceu em épocas anteriores, considerando a intensidade de sua dinâmica, é agora evidente. Esse fenômeno se manifesta no campo da segurança impactando em dimensões não aferidas outrora, resultando em riscos sistêmicos. Resulta do atual estado de interconectividade e complexidade criado pelos processos globalizados (LE COZE, 2017). Segundo Le Coze, cinco diferentes padrões na estrutura global contemporânea merecem nossa atenção e, derivada do contexto da globalização, apresentam forte influência na segurança dos sistemas sociotécnicos de alto risco e à segurança industrial, são eles:

- Terceirização e Multi-organizações - aspecto central da globalização, resulta do produto de uma nova mentalidade gerencial que abraçou a ideia de que a flexibilidade organizacional depende de princípios modulares ou em rede em uma divisão do trabalho e do valor em mercados globalizados. Consiste em coleções flexíveis de unidades pequenas, independentes, porém inter-relacionadas. São organizações "empresas" autônomas ou equipes horizontais, multifuncionais e, às vezes, até intraorganizacionais. Neste modelo, os processos ou projetos são organizados em torno de unidades independentes - um sistema flexível - de acordo com as demandas do mercado, clientes e manobras dos concorrentes. Isto implica na segurança à medida que essas organizações periféricas sofrem pressões econômicas, desorganização, diluição de competência e apresentam diferenças organizacionais que não seriam aceitas na empresa "mãe", resultando em desequilíbrio de poder e insegurança entre os trabalhadores.
- Padronização (ou estandardização) e Burocratização - resultado de normas que visam facilitar a coordenação e cooperação em escala global. Favorece a homogeneidade entre profissionais e organizações distantes uma das outras. Ao racionalizar e normalizar os sistemas de gerenciamento de segurança, estrutura-se novas relações de poder entre os atores. A evolução da regulamentação e o aumento da dependência de firmas de consultoria combinam-se para moldar essa evolução: os auditores e os órgãos de certificação desempenham um papel considerável na formulação de expectativas em

termos de segurança, porém a demasiada estrutura burocrática é menos eficiente na prevenção de eventos indesejáveis.

- Financeirização -. Resulta, de certa forma, do aumento da influência dos agentes financeiros na reformulação de estruturas de Estado e sociedades. Neste novo contexto em que os negócios se desdobraram nas últimas três décadas, os processos de tomada de decisões das empresas apresentam alteração de formato e incluem novos atores, com forte incentivos dados aos CEOs para aumentar o retorno sobre o investimento e, por conseguinte, dos acionistas no menor prazo possível. O uso generalizado de incentivos é uma tendência relativamente recente, derivada diretamente de uma filosofia do neoliberalismo, podendo direcionar decisões de um ativo ou empresa em detrimento de interesses estatais de longo prazo.
- Digitalização – substituição progressiva da atividade humana por uma combinação de sistemas de Tecnologia da Informação e mecanização executando tarefas manuais e cognitivas, que antes eram realizadas no local de produção, e agora ocorrem de forma independente e operados remotamente. Um dos problemas é que esse desacoplamento é potencialmente propenso a erros, pois combina múltiplas organizações (terceirização) e seus desafios de comunicação, incluindo uma dimensão multicultural entre a matriz operadora e seus homens de fábrica.
- Auto regulação - resultado do processo de desregulamentação e esvaziamento do papel do Estado. A auto regulação é a prática industrial de autogestão de produção seguindo padrões de controles e normativas operacionais baseadas em critérios específicos. Confrontado com a necessidade de redução dos custos de operação e a competição econômica global, as empresas fazem pressões sobre os Estados para favorecer a política de desregulamentação, com base na ideologia neoliberal de “menos Estado”. Tal regime autorregulatório é defendido pelas grandes corporações transnacionais, no contexto da cadeia de agregação de valor global. Como resultado, podemos esperar, com o tempo, a "erosão do conhecimento técnico subjacente" em muitas agências de regulação. Assim como uma modificação do rigor regulatório de sistemas de segurança para um foco mais superficial, com maior empenho em auditoria e avaliação de conformidade com padrões que, em muitos casos, não foram sujeitos a validação detalhada (com o uso de normas e certificações estandardizadas ou padronizadas).

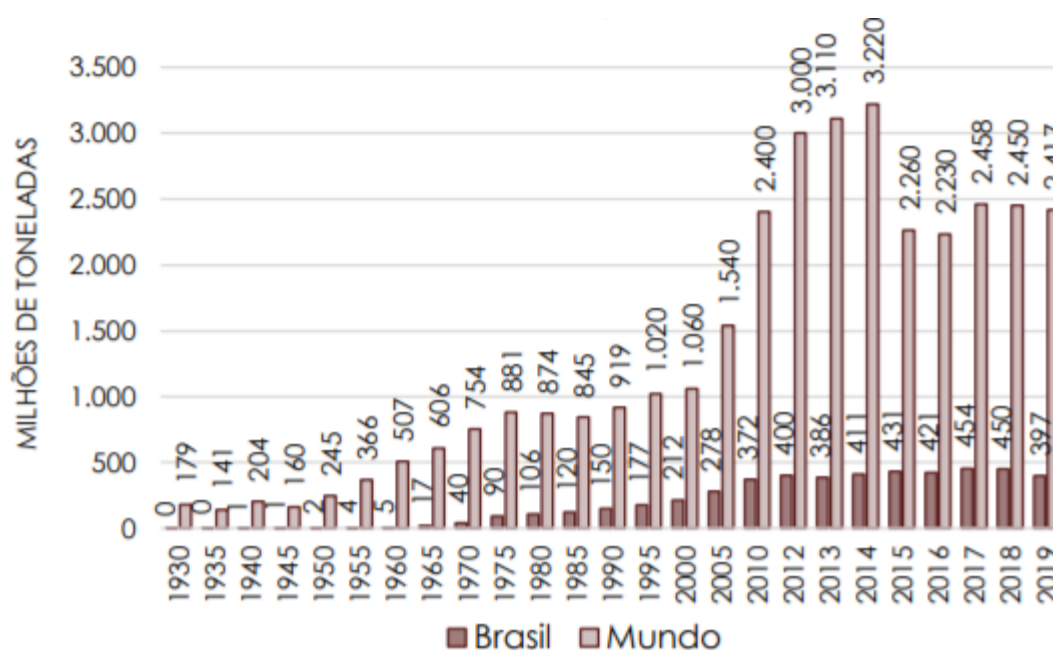
4.1.2. Características e seguranças dos desastres em barragens de mineração como um tema de preocupação internacional.

Em escala global, os produtos e insumos da indústria minerária são componentes vitais para o funcionamento da sociedade. Na escala local, a indústria ainda carece de meios economicamente eficientes e ambientalmente seguro para lidar com a crescente produção simultânea de rejeito: resíduos associado à extração da matéria de interesse (KOSSOFF, 2014; BOWKER e CHAMBERS, 2015; ARMSTRONG, PETTER, PETTER, 2019).

Atualmente, a tecnologia aplicada à extração viabiliza a mineração em solos de baixa riqueza mineral (BOWKER, CHAMBERS, 2015), aumentando ainda mais a carga global de rejeito (KOSSOFF, 2014). Em média, para cada tonelada de minério comercializado são gerados, cerca de, 200 toneladas de rejeitos, a depender das características locais (KOSSOFF, 2014).

Na figura 3 apresentamos a demanda em milhões de toneladas de minério de Ferro no Brasil e no Mundo, para o período de 1930 a 2019. Assistimos três momentos proeminentes na demanda mineral. O primeiro de 1930 à 1945; o Segundo, subsequente ao período pós guerra mundial, dos anos 1950 aos anos 2000. O período seguinte, de 2000 a 2019, com pelo menos 3 vezes a demanda média prospectada no período anterior, apresenta-se como o mais proeminente.

Figura 3 - Produção Nacional e Mundial de Minério de Ferro



Reproduzido de MME (2020)

Em função do tipo de minério processado e dos tratamentos adotados podem ser encontrados rejeitos com variadas características geotécnicas, físico-químicas e mineralógicas. Estes resíduos, de modo geral, podem ser compostos por pilhas de minérios pobres, estéreis, rochas, sedimentos, solos, aparas, lamas e granito, as polpas de decantação de efluentes e finos e ultrafinos não aproveitados no beneficiamento (IBRAM, 2016).

Barragem é uma das alternativas para a disposição de resíduo e utilizada em larga escala no território brasileiro (SILVA, SILVA, 2020). Apesar de seu baixo custo associado, esta solução se apresenta com reduzida segurança estrutural mediante a ausência de regulamentação sobre os critérios de projetos específicos (FREITAS, SILVA, MENEZES, 2016). Combinada com políticas frágeis e instituições públicas de controle e prevenção desestruturadas, constitui cenário fértil para a ocorrência de desastres (FREITAS, SILVA, 2019).

Segundo IBRAM (2016), é possível afirmar que os rejeitos podem ser dispostos em:

- i. minas subterrâneas,
- ii. em cavas exauridas de minas,
- iii. em pilhas,
- iv. por empilhamento a seco (método “dry stacking”),
- v. por disposição em pasta, e
- vi. em barragens de contenção de rejeitos.

A seleção de um método ou outro para a disposição dos rejeitos depende:

- i. da natureza do processo de mineração,
- ii. das condições geológicas e topográficas da região,
- iii. das propriedades mecânicas dos materiais,
- iv. do poder de impacto ambiental de contaminantes dos rejeitos, e
- v. das condições climáticas da região.

Entre os métodos de disposição, as barragens de contenção de rejeitos ainda são as mais usadas no território brasileiro (SILVA, SILVA, 2020). As barragens de contenção de rejeitos são estruturas construídas por meio de alteamentos sucessivos. através de três métodos: i) montante; ii) jusante, e; iii) linha de centro.

De acordo com Davies & Martin (2000), esta predileção pelo uso de barragens para disposição pode ser reflexo do grande volume de rejeitos gerados pelas mineradoras e os custos associado a utilização de outras técnicas que não as barragens. À medida que estas estruturas

são construídas com o próprio rejeito e material sem valor comercial retirado da mina, faz com que sejam economicamente mais atrativas.

Nos períodos de elevação da demanda mineral e/ou valorização desta *commodity* no mercado financeiro, assiste-se aumento, proporcional, de acidentes e incidentes entre 24 e 36 meses após a ocorrência da pressão para maior produção (DAVIES, MARTIN, 2009). Segundo Davies e Martin, ao longo do período de elevação do valor e demanda mineral constata-se um maior empenho em flexibilizar as legislações nacionais visando o aumento imediato da produção/ extração mineral.

Chambers e Higman (2011) corroboram as análises de Davies e Martin, ao observar uma taxa significativamente mais elevadas de falhas, acidentes e incidentes registrados em barramentos de rejeito de mineração quando comparada com a frequência de falhas envolvendo os demais tipos de reservatórios. Segundo os autores, as causas para a maior incidência de falhas nas barragens de rejeitos, provavelmente, são devidas a: (1) a utilização de material de baixa qualidade na construção nas barragens de rejeitos; e, (2) utilização de barragens de rejeitos com técnicas de alteamento são mais vulneráveis estruturalmente.

Frequentemente os empreendimentos minerários se utilizam de barragens que são construídas em "etapas" sequenciais ao longo de vários anos, fato que torna o controle de qualidade mais desafiador, quando comparados aos métodos de alteamento utilizados nas barragens de armazenamento de água, que são construídas de uma só vez e utilizam insumos para sua construção de melhor qualidade (DAVIES, MARTIN, 2009). Rico *ET AL* (2008) acrescentam que: (1) existe comumente falta de regulamentação sobre critérios específicos de construção; (2) ausência de monitoramento contínuo e controle durante construção e operação; e (3) o alto custo econômico de remediação/ recomposição pós encerramento das atividades de mineração.

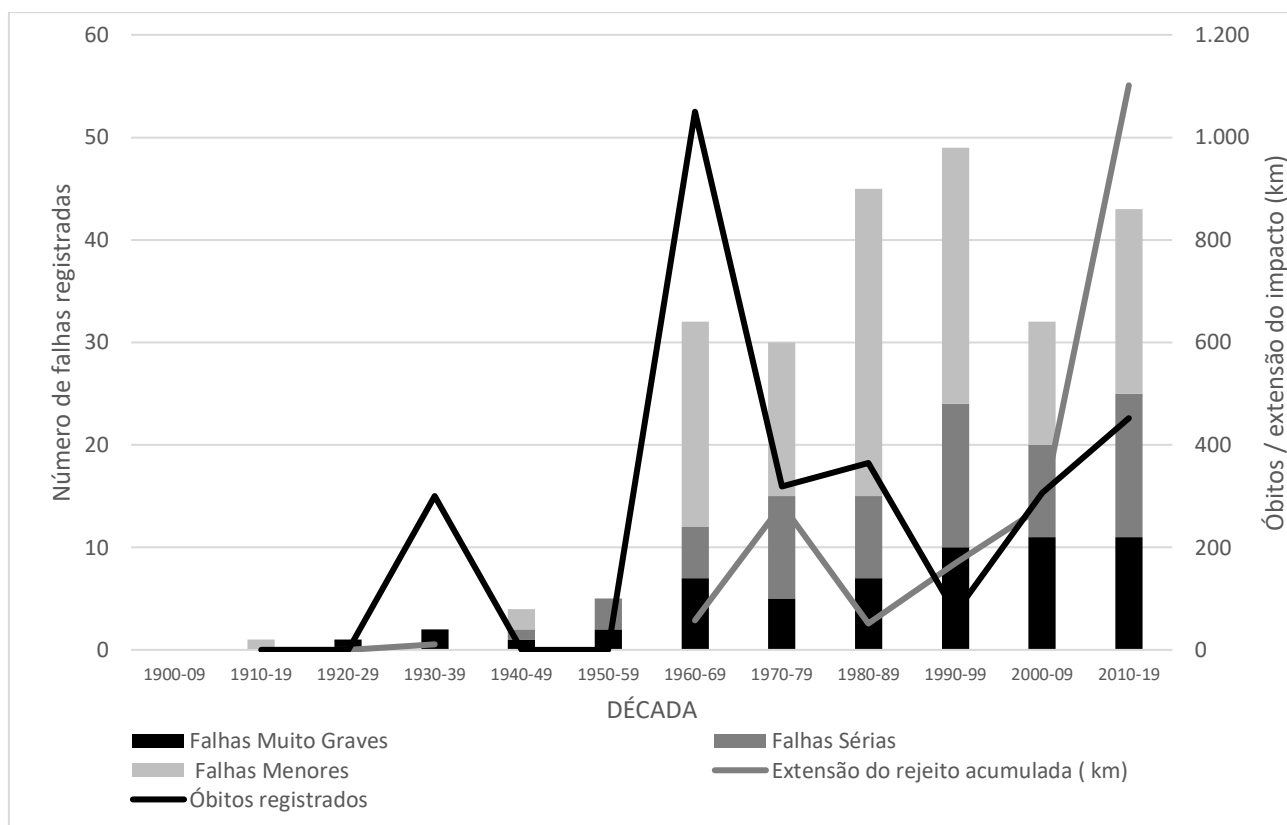
David e Martin defendem que durante períodos de valorização das *comodities* minerais no mercado, existe, de forma geral, o uso de tecnologias e escolha de locais não adequados para a instalação dos projetos minerários; pressão sobre as agências ambientais pela celeridade no licenciamento, favorecendo avaliações incompletas ou inadequadas; contratos de prestação de serviços técnicos de engenharia a preços mais elevados (aumentando o endividamento das firmas), ou utilização de profissionais menos experientes ou sobrecarregando os mais experientes (comprometendo a qualidade dos projetos ou a execução das obras); intensificação da produção e redução nos custos de produção, à medida que os preços da *comodities* retornam aos patamares anteriores (DAVIES, MARTIN, 2009).

Rico *ET AL* (2008), ao analisarem 147 incidentes em barragens de mineração, apontam que 74% das falhas envolvendo barragens foram registrados nos EUA (39%), Europa (18%), Chile (12%) e Filipinas (5%). Quando considerado a altura do barramento, 55,9% dos casos ocorreram em barragens com mais de 15 metros de altura e apenas 22% ocorreram envolvendo barragens com alturas superiores a 30 metros. Do número total de falhas, 83% ocorreram quando a barragem estava ativa, 15% em barragens inativas e abandonadas e apenas 2% das falhas ocorreram em barragens inativas, mas com manutenção. O método de construção de barragens que representa o maior número de incidentes está associado as estruturas à montante (*upstream method*), representando 76% dos casos. As barragens de rejeitos à jusante e à linha central representam 15% e 5% dos casos globais, respectivamente.

A questão do armazenamento seguro de rejeitos pode se tornar ainda mais desafiadora nos próximos anos, uma vez que o volume de resíduos da extração mineral tende a aumentar em razão dos menores teores de minério encontrado nos solos explorados, e também devido a elevada demanda mundial dessa matéria prima. Entre 2003 e 2013, houve um aumento de 630% nas importações globais de minérios, no entanto, a maior parte dessa demanda esteve concentradas em poucos países produtores (WANDERLEY, 2016; BREDOW, LÉLIS, CUNHA, 2016). Com a ampliação da demanda, no decorrer do tempo, observou-se que ocorrências de acidentes diminuíram em barragens de pequeno a médio porte e aumentaram nas de grande porte (RICO, BENITO, ET AL 2008). E, por sua vez, projeções apontam que o risco associado está aumentando em 20 vezes a cada 33 anos (ROBERTSON, 2012).

Embora os desastres graves em barragens de mineração pareçam uma excepcionalidade, são mais frequentes do que se imagina. Na base de dados *World Mine Tailings Failures* (WMTF), que cobre um período de pouco mais de 100 anos (1915 a 2019) há o total de 356 registros. No Gráfico 2, são mostrados os eventos de maior gravidade distribuídos pelo grau de severidade das falhas e acidentes. Verifica-se que há um crescimento dos eventos principalmente a partir da década de 1960 e aumento das falhas graves e muito graves a partir dos anos 1980.

Gráfico 2 - Falhas registradas em barragens de mineração entre os anos 1910-2019



Fonte: adaptado de (FREITAS, SILVA, 2019)

Estes dados reiteram apontamentos realizados por Bowker e Chambers (2015), que analisaram 214 falhas em sistemas de barramento de rejeito de mineração entre os anos 1940 e 2010. Durante o período do estudo ocorreram 67 (31%) falhas graves (>100 mil m³ e envolvendo óbitos) e muito graves (>1 milhão de m³, extensão de 20 km ou mais e >20 óbitos). Quando considerados o período entre os anos 1990 e 2010, ocorreram 52 falhas em barragens, sendo 17 graves e 16 muito graves, respondendo por 63% (33/52) do total de registros. Os dados apresentados demonstram uma elevação em frequência e gravidade dos desastres quando comparado o primeiro período analisado (média de 0,9 acidente por ano e 1/3 das ocorrências graves ou muito graves) em relação ao segundo período (média de 2,5 acidente por ano e cerca de 2/3 dos registros graves ou muito graves).

Ainda considerando o gráfico I, também é possível aferir que esta tendência é acompanhada pelo aumento nos registros de óbitos e extensão geográfica do impacto registrado, notando-se crescimento ao longo dos anos 1960 com redução nas décadas seguintes. A partir dos anos 1990 essa tendência volta a ser ascendente. Ambos refletem uma tendência observada e ainda não explorada pela literatura ligada à temática, que diz respeito ao volume de rejeito

externalizados ao meio ambiente; extensão geográfica impactada, o número de óbito e, conseqüentemente, complexidade dos processos regulatórios e de governança das ações de recuperação e resposta dos danos associados.

Azam e Li (2010) ao analisarem a distribuição espaço-temporal de 218 falhas de barragens de rejeitos no mundo, ocorridas entre os anos 1910 e 2009, identificaram que as décadas de 1960, 1970 e 1980 registraram cerca de 50 eventos, respectivamente. Em relação as regiões afetadas, a América do Norte (36%) foi a recordista, seguida da Europa (26%) e América do Sul (19%). Ao comparar acidentes registrados antes dos anos 2000 e após este período, observa-se que falhas em barragens de até 15m de altura aumentaram em frequência de 28% para 30% das ocorrências, enquanto falhas em barragens de 15 a 30m aumentaram de 21% para 60% das ocorrências. Outro aspecto relevante apontado é que geograficamente, os acidentes antes registrados com maior frequência nos países centrais, e após os anos 2000, este padrão modificou-se, elevando-se nos países periféricos à economia global.

No Quadro 4, mostramos os maiores acidentes de trabalhos envolvendo barragens de mineração registrados nos anos 1915-2019, destacando aqueles que consideramos os mais graves do ponto de vista dos impactos humanos (acima de dez óbitos), tendo como referência a base de dados do WMTF. Podemos verificar que ao longo dos últimos anos, esse tipo de evento é relativamente recorrente, tendo sido registrados 27 rompimentos de barragens de mineração considerados muito graves. Verifica-se que a China foi o país com o maior número de eventos desde os anos 1960. Só outros dois países tiveram mais de um registro, a África do Sul nos anos 1970 e 1990 e o Brasil em 2015 e 2019, e esse último foi o maior dos últimos 40 anos e o segundo em termos de vítimas fatais imediatas. Do total de 27 eventos, apenas dois ocorreram em países centrais (Reino Unido e Estados Unidos) nos anos 1960/70, todos os outros ocorreram em países periféricos e semiperiféricos da economia global.

Quadro 4 - Maiores acidentes de Trabalhos envolvendo barragens de mineração registrados nos anos 1915-2019.

Mineradora/ localização	Pais	Minério Lavrado	Método de Construção	Óbitos Registrados	RUNOUT (km)	Ano de Ocorrência
Mina Córrego do Feijão, Barragem I, Vale, Minas Gerais	Brasil	FE	Montante	270	300	2019
Hpakant, Kachin state	Myanmar	Jade	N/I	115	-	2015
Barragem de Fundão, Samarco mineradora (Vale & BHP), Minas Gerais	Brasil	Fe	Montante	19	660	2015
Zijin Mining, Xinyi Yinyan Tin Mine, Guangdong Province.	China	Sn	N/I	22	-	2010
Ajka Alumina Plant, Kolontár (MAL Magyar Aluminum) #2	Hungria	Al	Jusante	10	-	2010
Lixi Tailings, Taoshi, Linfen City, Shanxi, China (Tahsan Mining Co.)	China	Fe	Montante	254	3	2008
Miliang, Zhen'an County, Shangluo, Shaanxi Province	China	Au	N/I	17	5	2006
Nandan Tin mine, Dachang, Guangxi	China	Sn	N/I	28	-	2000
Surigao del Norte Placer, (Manila Mining Corp) 2nd event	Filipina	Au	Retenção de água	12	50.000	1995
Longjiaoshan, Daye Iron Ore mine, Hubei	China	Fe	N/I	31		1994
Merriespruit, near Virginia, (Harmony) - No 4A Tailings Complex	África do Sul	Au	Montante	17	4	1994
Jinduicheng, Shaanxi Province.	China	Mo	Montante	20	-	1988
Huangmeishan, China	China	Fe	N/I	19	-	1986
Prestavel Mine - Stava, North Italy	Itália	Fe	Montante	269	8	1985

Niujiaolong, Shizhuyuan Non-ferrous Metals Co., Hunan	China	P	N/I	49	8	1985
Bafokeng, Morensky Tailings dam	África do Sul	Pt	Montante	13	4	1974
Buffalo Creek, West Virginia, USA (Pittson Coal Co.)	Estados Unidos da América	Coal	N/I	125	64	1972
Certej gold mine, Romania	Romênia	Au	N/I	89	-	1971
Mufulira, Roan Consolidated Mines	Zâmbia	Cu	N/I	89	-	1970
Iwiny Tailings Dam	Polônia		N/I	18	-	1967
Mir Mine, (Placalnica) Sgorigrad	Bulgária	Pb Zn	Montante	488	8	1966
Aberfan, South Wales Colliery	Reino Unido	Carvão	N/I	144	-	1966
El Cobre Old Dam	Chile	Cu	Montante	200	12	1965
Huogudu, Yunnan Tin Group Co., Yunnan	China	Sn	Montante	171	5	1962
Jupille	Bélgica	Carvão	N/I	11	-	1961
Luciana Tailings Failure Satanna.	Espanha	N/I	N/I	18	0,5	1960
Los Cedros, Talpujagua, Michoacán	México	Au Ag	Montante	300	11	1937

Legenda: N/I – não informado.

Fonte: Reproduzido de (FREITAS, SILVA, 2019)

No Brasil, nos dois casos (Samarco 2015 e Vale 2019), o modelo tecnológico de construção de barragem era realizado por alteamento a montante, utilizado por ambas as mineradoras, que é o mais barato, porém o menos seguro, conforme já observamos anteriormente. Este pode ser um importante fator relacionado aos recentes eventos registrados, pois barragens de pequeno porte que antes eram projetadas para armazenagem de rejeito ao longo de sua vida útil, passaram a dispor de rejeito em quantidade e em tempo não preconizado no projeto inicial (FREITAS, SILVA, 2019), como demonstraremos nas próximas seções do texto.

4.2 SEGURANÇA DE BARRAGENS – UM OLHAR PARA O CENÁRIO REGULATÓRIO NACIONAL

No Brasil existe regulação específica sobre barragens para armazenamento de rejeito minerário.

Destacam-se a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PRS) e a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 que estabeleceu “a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)” e criou “o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB)”. Outros dispositivos legais estão dispostos no quadro 5.

Quadro 5 - Dispositivos legais relacionados à gestão da segurança de barragens de rejeitos.

ÂMBITO FEDERAL	
Lei Federal nº 12.305/2010 – 02/08/2010	institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências, que apresenta o rejeito da mineração como uma categoria de resíduo (art. 13, inciso I, “k”).
Lei Federal nº 12.334/2010 – 20/09/2010	estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.
Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional de Recursos Hídricos – Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012:	estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.
Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional de Recursos Hídricos – Resolução nº 144, de 10 de julho de 2012	estabelece diretrizes para implantação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.
Portaria DNPM nº 416, de 03 de setembro de 2012	cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e dispõe sobre o Plano de Segurança, Revisão Periódica de Segurança e Inspeções Regulares e Especiais de Segurança das Barragens de Mineração conforme a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens.
ÂMBITO ESTADUAL (MG)	
Estado de Minas Gerais	define os requisitos legais da Deliberação Normativa COPAM nº 62, de 17 de dezembro de 2002 e da Deliberação Normativa COPAM nº 87, de 17 de junho de 2005 e Deliberação Normativa COPAM nº 124, de 09 de outubro de 2008 que dispõem sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração.
Decreto nº 46.933, de 2 de maio de 2016	institui a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem e dá outras providências.
Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2372, de 06 de maio de 2016	estabelece diretrizes para realização da auditoria extraordinária de segurança de barragens de rejeito com alteamento para montante e para a emissão da

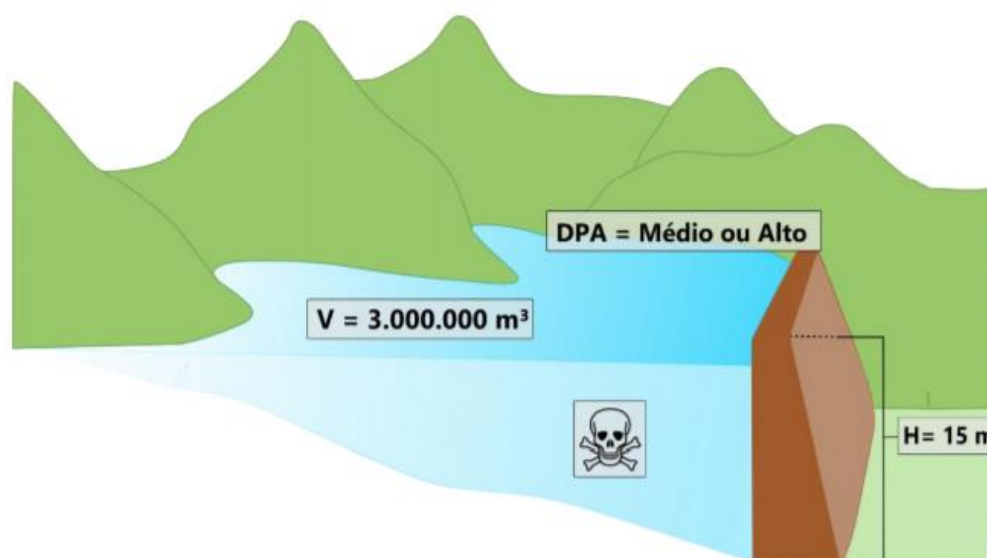
	correspondente Declaração Extraordinária de Condição de Estabilidade de que trata o Decreto nº 46.993 de 02 de maio de 2016 e dá outras providências.
OUTROS REQUISITOS	
ABNT NBR 13028:2006	Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água.
ABNT NBR 13029:2006	Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril em pilha.

Fonte: (IBRAM, 2016)

4.2.1. Política Nacional de Segurança de Barragens

A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), instituída pela Lei nº 12.334/2010, é aplicada às barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais. Na figura 4, ilustramos as barragens que são submetidas à PNSB, são elas: as que possuam altura do maciço maior ou igual a 15 metros, contados do ponto mais baixo da fundação à crista; capacidade total de armazenamento maior ou igual a 3 milhões de metros cúbicos; reservatório com resíduos perigosos; e categoria de dano potencial (DPA) (econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas) associado médio ou alto.

Figura 4 - Modalidades de barragens submetidas à PNSB



Fonte: (NEVES, 2018)

A PNSB é estruturada por sete instrumentos: a) Categoria de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA); b) Plano de Segurança; c) Snisb; d) Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente – Sisnama; e) Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de

Defesa Ambiental; f) Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais; g) Relatório de Segurança de Barragens (RSB).

A lei nº 12.334/2010 estabelece que a PNSB legisla sobre as barragens desde a concepção até seu descomissionamento e usos futuros (planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação) e que ações preventivas e emergências devem prever envolvimento direto ou indireto da população.

Destaca-se ainda que o empreendedor é o responsável pela segurança, e são obrigações suas:

- empenhar mecanismos de controle social e executar ações específicas com a finalidade de prover os recursos necessários para tal (inciso I);
- providenciar o projeto final “as built”, organizar e manter em bom estado de conservação as informações e a documentação referentes à barragem (inciso III);
- informar ao respectivo órgão fiscalizador qualquer alteração que possa comprometer sua segurança (inciso IV);
- manter serviço especializado em segurança de barragem (inciso V);
- providenciar Plano de Segurança de Barragem, incluindo o Plano de Ação de Emergência (incisos VII e X), quando necessário;
- realizar as inspeções de segurança (inciso VIII) e as revisões periódicas de segurança (inciso IX),
- implementar os mecanismos de acesso à informação.

Para a implementação da PNSB, diversos são os atores envolvidos, com destaque para os órgãos fiscalizadores e os empreendedores. Atualmente, podemos identificar 31 órgãos efetivamente fiscalizadores de barragens, que, quando somados aos órgãos potencialmente fiscalizadores, resultam em 43 instituições com essa atribuição (quadro 6). Esses atores têm a responsabilidade, guardadas as devidas competências, de realizar a coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre barragem, devendo ser contempladas as barragens em construção e àquelas em operação ou desativadas (SILVA, SILVA, 2020).

Quadro 6 - Órgãos fiscalizadores e potencialmente fiscalizadores de barragens no Brasil.

UF	Órgão Fiscalizador	Fiscalizador Potencial
Âmbito Federal		
União	Agência Nacional das Águas: Fiscaliza a segurança das barragens de usos múltiplos localizadas em rios federais Agência Nacional de Energia Elétrica: Fiscaliza a segurança das barragens de usinas hidrelétricas Agência Nacional de Mineração: Fiscaliza a segurança das barragens de rejeitos de mineração	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis: Fiscaliza a segurança das barragens de resíduos industriais em rios federais
Âmbito Estadual		
AC	Instituto de Meio Ambiente do Acre – Imac/AC	
AL	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH/AL	Instituto do Meio Ambiente do Estado do Alagoas – IMA/AL
AM	Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas – Ipaam/AM	
AP	Instituto do Meio Ambiente e de Ordenamento Territorial do Estado do Amapá – Imap/AP	
BA	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Inema/BA	
CE	Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH/CE	Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará – Semace/CE
DF	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – Adasa/DF	Instituto Brasília Ambiental – Ibram/DF
ES	Agência Estadual de Recursos Hídricos – AGERH/ES	Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Iema/ES
GO	Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos – Secima-GO	
MA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão – Sema/MA	
MG	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Semad/MG	
MT	Secretaria de Estado do Meio Ambiente – Sema/MT	
MS	Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul – Imasul/MS	
PA	Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade – Semas/PA	
PB	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – Aesa/PB	Superintendência de Administração do Meio Ambiente – Sudema/PB
PE	Agência Pernambucana de Águas e Clima – Apac/PE	Agência Estadual do Meio Ambiente – CPRH/PE
PI	Secretaria estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Semar/PI	
PR	Instituto das Águas do Paraná – Águas Paraná/PR	Instituto Ambiental do Paraná – IAP/PR
RJ	Instituto Estadual do Ambiente – Inea/RJ	
RN	Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte – Igarn/RN	Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente – Idema/RN
RO	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – Sedam/RO	

RR	Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FEMARH/RR	
RS	Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – DRH-Sema/RS	Fundação Estadual de Proteção Ambiental – Fepam/RS
SC	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável – SDS/SC	Instituto do Meio Ambiente – IMA/SC
SE	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH/SE	Administração Estadual do Meio Ambiente – Adema/SE
SP	Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE/SP Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – Cetesb/SP	
TO	Instituto Natureza de Tocantins – Naturatins/TO	

Reproduzido de: (SILVA, SILVA, 2020).

Vale destacar que a PNSB, quando instituiu o Snisb, estabeleceu que a fiscalização da segurança de barragens caberá, sem prejuízo das ações fiscalizatórias dos órgãos ambientais integrantes do Sisnama, às seguintes entidades:

- à entidade que outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, observado o domínio do corpo hídrico, quando o objeto for de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico;
- à entidade que concedeu ou autorizou o uso do potencial hidráulico, quando se tratar de uso preponderante para fins de geração hidrelétrica;
- à entidade outorgante de direitos minerários para fins de disposição final ou temporária de rejeitos;
- à entidade que forneceu a licença ambiental de instalação e operação para fins de disposição de resíduos industriais.

Na figura 5, apresentamos o sistema de fiscalização brasileiro, relacionado com a segurança de barragem.

A Agência Nacional de Águas (ANA), a Agência Nacional de Mineração (ANM), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A Agência Nacional de Águas (ANA) é responsável pela articulação dos órgãos fiscalizadores na implementação da Política Nacional de Segurança de Barragem (Lei n. 12.334/10), e tem por responsabilidades:

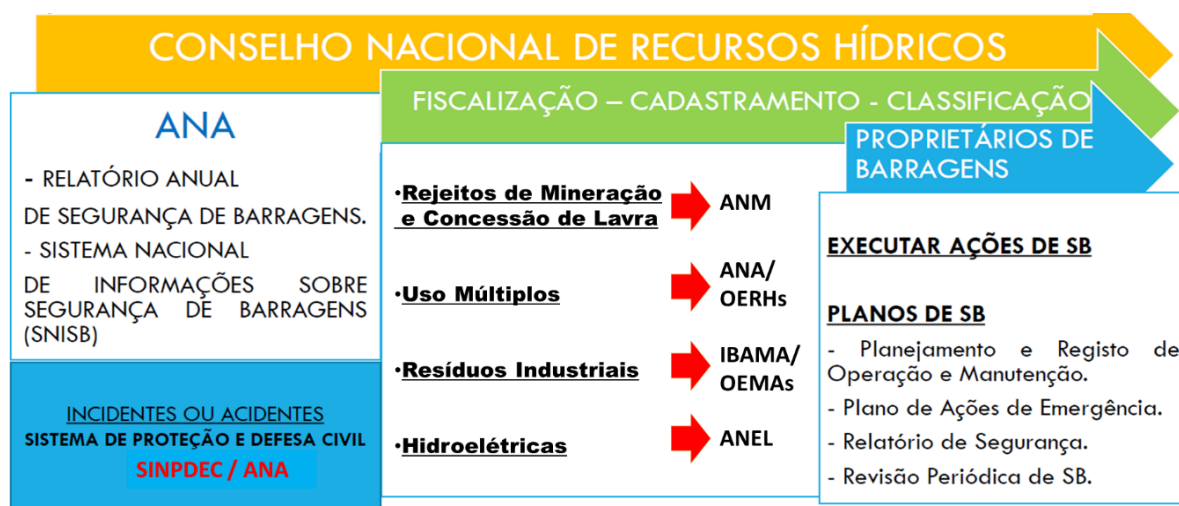
- organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Segurança de Barragem (SNISB), que envolve desde a concepção das estratégias e diretrizes até sua disponibilização para os atores diretamente envolvidos na temática e para o público em geral;
- coordenar a elaboração do Relatório de Segurança de Barragens (RSB);
- e fiscalizar e monitorar, em conjunto com agências estaduais de recursos hídricos, a segurança das barragens de usos múltiplos.

A Agência Nacional de Mineração (ANM) é responsável pela fiscalização das barragens de mineração, acumula tanto a função outorgante de direitos minerários para fins de disposição final ou temporária destes rejeitos; como a de fiscalização e monitoramento destas barragens.

Aos proprietários de barragens cabem executar ações de segurança e elaborar plano de segurança de Barragem (PSB).

Barragens de deposição de resíduo industrial e barramentos com finalidade de geração de energia elétrica apresentam órgãos fiscalizadores e outorgantes específicos, sendo o IBAMA e a Agência Nacional de Energia elétrica os responsáveis, respectivamente.

Figura 5 - Sistema Nacional de Segurança de Barragens



Fonte: adaptado de GALLEN, 2016

Legenda: SB – segurança de barragem; OERHs- órgãos estaduais de recursos hídricos; OEMAs – órgãos estaduais de meio ambiente.

Assim, esses atores têm a responsabilidade, guardadas as devidas competências, em todo território nacional, de realizar a coleta, o tratamento, o armazenamento e a recuperação de informações, devendo contemplar desde barragens em construção às que estão em operação ou desativadas, uma vez que, por princípio de funcionamento, o cadastramento das barragens no

Snisb é descentralizado e a coordenação geral do sistema cabe à Agência Nacional das Águas (ANA) (SILVA, SILVA, 2020).

4.2.2 Licenciamento ambiental e a segurança de barragem

O Estado brasileiro passou a adotar políticas de proteção do território e dos recursos naturais como flora, fauna e recursos hídricos ainda na década de 1930. Assim, a regulação da questão ambiental foi estabelecida com a criação de medidas como: Código Florestal, estabelecido através do Decreto-Lei nº 23.793 de 1934; Código das Águas, criado pelo Decreto-Lei nº 24.043 de 1934; além da Constituição de 1934.

A criação do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), uma autarquia federal responsável pela fiscalização e regulação ambiental se deu através da Lei nº 7.735 de 22 de fevereiro de 1989. Vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), o IBAMA é o órgão executivo responsável pela execução da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.

Ainda na década de 1980, foi estabelecido o Decreto Federal nº 97.632, de 10 de abril de 1989, que trouxe definições à legislação ambiental específicas para empreendimentos de exploração mineral. A normativa delibera exigências de apresentação do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do Relatório do Impacto Ambiental – RIMA para os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais.

A Constituição Federal de 1988 estabeleceu marcos fundamentais para a proteção à vida e ao meio ambiente. Nela, a questão do meio ambiente é apresentada e tratada como um bem de uso comum que deveria ser preservado para as gerações presentes e futuras, destacando o direito à saúde (Art. 196) e ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e considerado essencial à sadia qualidade de vida (Art.225).

O licenciamento ambiental é um dos instrumentos de gestão ambiental através do qual busca-se realizar o controle de atividades com potencial para causar a poluição do ambiente, fazendo com que seja possível que às dimensões da proteção social e da sustentabilidade ambiental, que estão na base dos processos de determinação socioambiental da saúde, sejam protegidas, estabelecendo condições para que um determinado empreendimento seja realizado causando um menor impacto possível para o meio ambiente.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, (CONAMA nº 237, p 03)

O sistema de licenciamento ambiental brasileiro está fundamentado no exercício do poder de polícia por parte do Estado, destacando-se a legitimidade e a necessidade de restrição à ação do agente particular com a finalidade de resguardar o interesse coletivo

[...] é um procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso (...)

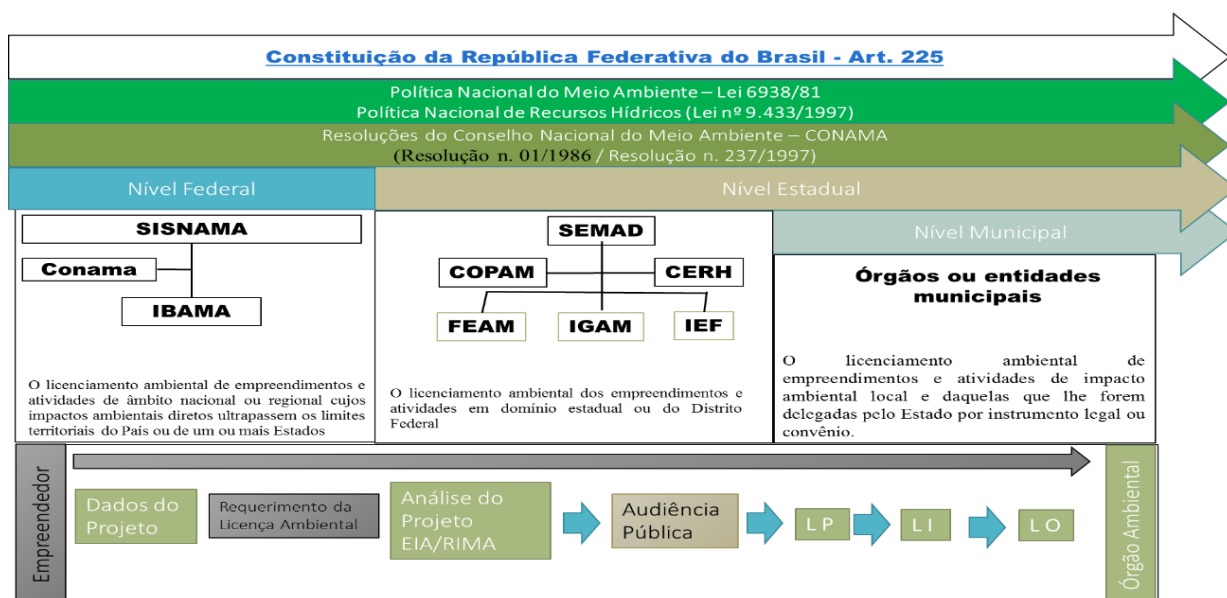
compete a este instrumentos de gestão ambiental estabelecer as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

Na figura 6 apresentamos instrumentos legislativos, entidades e etapas relacionadas com o licenciamento ambiental. Observa-se, que o licenciamento ambiental constitui uma atividade de caráter complexo, que visa abranger dimensões não exclusivamente relacionados aos aspectos ambientais e envolve diversos órgãos do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA). A sua execução, sempre que se constate um impacto ambiental significativo, exige-se a realização prévia de estudos técnicos, estando incluído neste escopo o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) constitui-se numa das principais etapas para a realização do licenciamento de empreendimentos com potencial de degradação ambiental e tem os requisitos para sua elaboração definidos nas Resoluções do CONAMA nº 001/1986 e 237/1997 do “EIA”.

O licenciamento ambiental busca estabelecer mecanismos para o controle ambiental e subsidiar a tomada de decisão para aquelas atividades que possam vir a comprometer a qualidade ambiental. Na sua realização são avaliados os impactos provocados pelo empreendimento, envolvendo aspectos como a geração de líquidos poluentes (efluentes e despejos), emissão de gases para a atmosfera, geração de resíduos sólidos, potencial de risco para incêndios e explosões, entre outros aspectos. Desta forma, a AIA é um modo de conferir a antecipação de possíveis problemas ambientais ao processo de licenciamento ambiental.

Figura 6 - Sistema Nacional de Licenciamento Ambiental brasileiro e do estado de Minas Gerais.



Fonte: elaborado pelo autor

Ainda em relação à figura 7, a Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, estabelece que o processo de licenciamento ambiental no país, seja no âmbito da União, de estados ou municípios, deve cumprir oito fases distintas envolvendo diretamente tanto o órgão ambiental competente como o empreendedor, a saber:

- Elaboração dos os documentos de projetos e estudos ambientais necessários para que se inicie o processo de licenciamento;
- requerimento da licença ambiental, documentos requeridos, projetos, estudos ambientais pertinentes e seu escrutínio ao público;
- análise pelo órgão ambiental competente e que faça parte do SISNAMA;
- vistorias técnicas, caso seja necessário;
- solicitação de esclarecimentos e complementações oriundas da realização das audiências públicas;
- emissão de parecer técnico conclusivo e, nos casos em que for necessário também o parecer jurídico;
- deferimento ou indeferimento do pedido de licença com a devida publicidade.

Caso ao final do processo de licenciamento exista um parecer favorável do órgão licenciador, a fase de emissão da licença ocorrerá a partir de três tipos principais de licença:

- I - Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;
- II - Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;
- III - Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

Todos esses tipos de licença ambiental têm prazos de validade estabelecidos pelo órgão competente, sendo que na LP esse prazo é de cinco anos, com possibilidade de prorrogação, na LI o prazo é de seis anos, podendo também ser prorrogada, e a LO cujo prazo é de no máximo dez anos, devendo ser renovada (CONAMA, 1997).

4.2.3. Sistema Nacional de proteção as Emergências Ambientais

Segundo o art. 1º. da Resolução 001/86 do CONAMA, considera-se emergência ambiental, qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: (I) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; (II) as atividades sociais e econômicas; (III) a biota; (IV) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; (V) a qualidade dos recursos ambientais.

Código Civil

Art. 927. Aquele que, por ato ilícito, causar dano a outrem, fica obrigado a repará-lo. Parágrafo único. Haverá obrigação de reparar o dano, independentemente de culpa, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade normalmente desenvolvida pelo autor do dano implicar, por sua natureza, risco para os direitos de outrem.

Legislação Ambiental Lei 6938/81 parágrafo 1º

Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal, por danos causados ao meio ambiente.

Defendemos em Silva, Xavier e Rocha (2020) que acidentes ambientais são caracterizados como eventos não planejados e indesejados que podem causar, direta ou indiretamente, danos ao meio ambiente e à saúde da população. Estes eventos resultam de falhas ocorridas em suas diferentes etapas (extração, produção, transporte e armazenamento), resultando em liberação de produtos perigosos à saúde e grandes impactos locais e regionais sobre o meio ambiente. Além do risco crescente à integridade ambiental, decorrente do aumento da produção, circulação e armazenamento de produtos perigosos, ressalta-se que a ocorrência de eventos dessa natureza pode atingir populações, variando de dezenas de milhares a milhões de pessoas, agravando as consequências decorrente de um acidente.

Eventos denominados, genericamente, Acidentes com Produtos Perigosos (APP), apresentam o potencial de causar impactos ao meio ambiente e expor um número não estimado ou de difícil estimativa de pessoas aos riscos e seus efeitos à saúde, que vão desde traumas e doenças a óbitos. Segundo Beltrami, Freitas e Machado (2012)

A exposição ocorre quando populações entram em contato com o(s) produto(s) perigoso(s) por uma ou mais vias - como a ingestão de água ou alimentos contaminados, inalação de poeiras tóxicas ou gases provenientes de vazamentos e incêndios -, lesões resultante de fragmentos de explosões ou queimaduras químicas e térmicas a partir do contato com produtos ou ondas de calor. Em determinadas situações, pode haver uma complexa combinação desses fatores. Os efeitos dessas exposições manifestam-se desde a forma subclínica até os mais intensos, como as intoxicações agudas; ou ainda, tomam a forma de doenças crônicas ou mesmo carcinogênese, mutagênese e teratogênese (BELTRAMI, FREITAS, MACHADO, 2012, p. 440)

Em 2003, ocorreu o rompimento de uma barragem de resíduos contendo substâncias químicas perigosas, no município de Cataguazes – MG. O desastre ambiental evidenciou a falta de um mecanismo de atendimento a emergências que se mostrasse eficaz no controle e resposta as emergências ambientais, em todo o território nacional, integrado aos sistemas estaduais e federais. Em decorrência desse aprendizado, ainda em 2003, o Ministério do Meio Ambiente iniciou a formulação de mecanismo para prevenir a ocorrência de acidentes com produtos químicos perigosos e aprimorar o sistema de preparação e resposta a emergências químicas no País.

A partir do Decreto do Presidente da República nº 5.098 de 2004, foi instituído o Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos (P2R2). Em sua formulação o P2R2 considerou, ainda, os princípios da Agenda 21 e os princípios da política ambiental nacional, bem como, as diretrizes de gestão ambiental brasileira. Enfatizou-se em sua formulação os seguintes princípios de atuação: gestão integrada e descentralizada; disseminação de informação e maior participação

social; gestão ambiental voltada a resultados efetivos na qualidade ambiental e necessidade de estabelecimento de prioridades de ação.

No sentido de possibilitar ampla efetivação, o Plano previa o envolvimento dos governos federal, estaduais e municipais, além de parcerias com organizações não governamentais, setor privado, instituições acadêmicas e a comunidade, visando uma execução compartilhada na busca de resultados efetivos. Para cumprir seus objetivos as ações do P2R2 seriam direcionadas segundo dois enfoques: preventivo e corretivo. No âmbito da prevenção estava a implantação de sistemas, programas, ações, procedimentos e iniciativas preventivas, no nível nacional e estadual. Já as ações corretivas, previam a ampla capacitação ou estruturação de mecanismos de resposta, de maneira integrada, atuante no atendimento de emergências, dos órgãos públicos e privados, para propiciar resposta aos acidentes envolvendo produtos químicos perigosos ocorra de maneira rápida e adequadamente (BRASIL, 2007).

Entre as diretrizes do Plano P2R2 estava a de que o governo federal assumiria a gestão das ações de resposta em duas situações: na existência de acidentes de abrangência nacional ou quando solicitado ou necessário, com base em protocolos de atuação previamente estabelecidos com os Estados ou Comissões Estaduais. Caberia ao “Grupo de Apoio a Emergências” (GAE) elaborar um Plano de Ação de Emergência (PAE), na esfera federal, o qual deveria contemplar os diversos aspectos pertinentes a uma ação de resposta, acionamento, atuação e coordenação conjunta com os estados e municípios, disponibilização e mobilização de recursos humanos e materiais, procedimentos de execução, assessoria jurídica, assessoria de imprensa, fontes de informação sobre produtos químicos perigosos, ente outros (BRASIL, 2007).

4.2.4 Proteção e Defesa Civil

Desde a Constituição Federal de 1988, quando no seu Artigo 21 foi estabelecido no inciso XVIII, como uma das competências da União “planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações”, foram gradualmente sendo adotadas medidas para a criação de um sistema de defesa civil. Um marco importante nesse processo foi o Decreto nº 895 de 1993, estruturando o Sistema Nacional de Defesa Civil, que cria as bases para o trabalho conjunto e coordenado de diferentes órgãos no país.

Em outubro de 2009, foi convocada a I Conferência Nacional de Defesa Civil e Assistência Humanitária. A conferência foi realizada em março de 2010, contribuindo para que

em dezembro desse mesmo ano fosse aprovada a Lei 12.340, dispendo sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC).

Ainda em 2011, se iniciou o processo que resultou na aprovação da Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012, que estabeleceu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), bem como o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), além da criação de sistema de informações e monitoramento de desastres.

A PNPDEC abrange as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil. Estabeleceram-se atribuições governamentais nas esferas federal, estadual e municipal para enfrentar eventos adversos e minimizar riscos e impactos de desastres, considerando aspectos legais e administrativos, prevendo o estabelecimento de metas de curto, médio e longo prazo para cada ente federado. Merecem destaque as relações e sinergias previstas com outras políticas públicas como as de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, gestão de recursos hídricos, educação, entre outras, reconhecendo que as questões relacionadas aos desastres ocorrem por meio de fatores complexos e multifacetados, envolvendo diversas dimensões da esfera social, econômica e política, e precisam ser pensadas de maneira integrada.

Segundo a PNPDEC, em relação a fiscalização e monitoramento de barragens, são:

- competência da União

IV - Apoiar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios no mapeamento das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e nas demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação

- Competência dos Estados

VIII - apoiar, sempre que necessário, os Municípios no levantamento das áreas de risco, na elaboração dos Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil e na divulgação de protocolos de prevenção e alerta e de ações emergenciais.

- Competência dos Municípios

VIII - organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e segurança;

IX - manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres;

XI - realizar regularmente exercícios simulados, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil;

XII - promover a coleta, a distribuição e o controle de suprimentos em situações de desastre;

XVI - prover solução de moradia temporária às famílias atingidas por desastres

Destacamos também os avanços formalizados no aparato legal e as sinergias existentes entre as iniciativas em segurança de barragens de mineração e o arcabouço nacional para gestão de riscos e alerta a desastres naturais, sobretudo no âmbito da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. A partir da implementação do PNPDEC, a Defesa Civil deixou de ter como foco de atuação apenas as respostas às situações de emergência e calamidade, passando a incluir ações preventivas. Se no passado, as atividades de defesa civil visavam apenas minimizar as consequências dos desastres, atualmente suas atividades também incluem, por meio de trabalhos preventivos, a redução do risco.

Nesse sentido, é papel dos órgãos de defesa civil a estruturação de Plano de Contingência detalhado com as ações pertinentes que deverão ser coordenadas pelo poder público com apoio do empreendedor. O Plano de Ação de Emergência (PAE) é um documento formal, no qual estão identificadas as condições de emergência em potencial para a barragem. No citado Plano, deve-se conter todas as orientações importantes para tomada de decisão no momento de sinistro, permitindo entre outras medidas a notificação e o alerta antecipado, visando minimizar os danos materiais e ambientais além das perdas de vidas.

Conforme art. 11 da Lei 12.337/2010, O PAE deve estar disponível no empreendimento e nas prefeituras envolvidas, bem como ser encaminhado às autoridades competentes e aos organismos de defesa civil. O citado Plano deve conter, pelo menos:

- a) Identificação e análise das possíveis situações de emergência; Procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem;
- b) Procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação;
- c) Estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência.

O PAE deve conter a descrição das ações que devem ser tomadas pelo proprietário e/ou operador da barragem em situações de emergência. Para tanto, uma série de estudos deve ser realizada, tais como: resposta durante períodos de intempéries, fontes de energia de emergência e mapas de inundação do vale de jusante (NEVES, 2018).

O PAE deve apresentar em seu conteúdo a descrição das ações que devem ser tomadas pelo proprietário e/ou operador da barragem em situações de emergência. Para tanto, uma série de estudos deve ser realizada. Dentre os estudos necessários para a elaboração de um PAE, destaca-se o de ruptura hipotética da barragem, com análises da inundação do vale de jusante. Os mapas de inundação presentes no PAE são de fundamental importância para a mitigação de perdas nas áreas de jusante, uma vez que as informações neles contidas devem auxiliar a evacuação rápida da população situada nas áreas de risco (NEVES, 2018).

Um detalhe importante destinado a pequenas barragens com DPA alto ou que o empreendedor não seja identificado, situadas a montante de regiões habitadas, a implantação de planos de contingência específicos da Defesa Civil (PLACONs) deve ser considerada. Assim, as medidas de proteção civil no caso de desastre seriam de responsabilidade tanto do estado, quanto dos proprietários das barragens de montante, quando identificado.

A Lei nº 12.983 de 2014 define o conteúdo mínimo para os Planos de Contingência.

Art. 3º-A - § 7o São elementos a serem considerados no Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil, a ser elaborado pelo Município: (Incluído pela Lei nº 12.983, de 2014)

I - indicação das responsabilidades de cada órgão na gestão de desastres, especialmente quanto às ações de preparação, resposta e recuperação; (Incluído pela Lei nº 12.983, de 2014)

II - definição dos sistemas de alerta a desastres, em articulação com o sistema de monitoramento, com especial atenção dos radioamadores; (Incluído pela Lei nº 12.983, de 2014)

III - organização dos exercícios simulados, a serem realizados com a participação da população; (Incluído pela Lei nº 12.983, de 2014)

IV - organização do sistema de atendimento emergencial à população, incluindo-se a localização das rotas de deslocamento e dos pontos seguros no momento do desastre, bem como dos pontos de abrigo após a ocorrência de desastre; (Incluído pela Lei nº 12.983, de 2014)

V- definição das ações de atendimento médico-hospitalar e psicológico aos atingidos por desastre; (Incluído pela Lei nº 12.983, de 2014)

VI - cadastramento das equipes técnicas e de voluntários para atuarem em circunstâncias de desastres; (Incluído pela Lei nº 12.983, de 2014)

VII - localização dos centros de recebimento e organização da estratégia de distribuição de doações e suprimentos (BRASIL, 2010).

Uma definição importante é a da Zona de autossalvamento. Esta é dita a região 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 trinta minutos ou 10 km. É o local onde o empreendedor deve se incumbir de avisar para que as mortes sejam minimizadas única e exclusivamente por sua atuação.

Após constatada a situação de emergência, o coordenador do PAE deve classificar (em conjunto com a equipe de Segurança de barragem) a emergência em colaboração com a Defesa Civil. A graduação desta emergência segue o abaixo exposto, segundo (NEVES, 2018, p. 64):

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;

II - 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 desta Portaria; ou

III - Nível 3 – A ruptura é iminente ou está ocorrendo.

Adicionalmente, segundo (NEVES, 2018, p. 65):

Ao se atingir uma emergência de nível 3, o empreendedor é obrigado e responsável por alertar ou avisar a população potencialmente afetada na zona de autossalvamento, conforme os sistemas de alerta e de avisos constantes no PAEBM, de forma rápida e eficaz a qual compreende, mas não se limita, à instalação de sirenes nas áreas afetadas pela inundação, devendo estar integrada à estrutura de monitoramento e alerta da barragem de mineração. Estes alertas devem ser previamente testados e conhecidos por esta população para que a resposta no momento de sinistro seja a mais rápida possível.

Como apresentamos, os avanços no aparato legal trouxeram consigo diversos desafios relacionados à sua operacionalização e integração das ações dos atores envolvidos. Ainda que a PNPDEC preveja a ação articulada entre os entes federados, o próprio arranjo federativo brasileiro dificulta a cooperação intergovernamental, somando-se a isso o perfil de boa parte dos municípios brasileiros, em especial os de menor porte, que se caracterizam pela fragilidade institucional e baixa capacidade econômica e capacidades instaladas para cumprir as exigências de grande parte das políticas públicas nacionais (DE ALMEIDA, 2015).

4.2.5 Sistema Nacional de saúde e suas prerrogativas nas emergências ambientais

A Lei 8.080/1990 do Ministério da Saúde, a Lei orgânica da Saúde, dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. De acordo com o Art. 18 dessa lei, é competência do setor saúde, planejar, organizar, controlar e avaliar as ações e os serviços de saúde pertinente.

A Lei Orgânica da Saúde, dentre outros princípios e diretrizes, preconiza a descentralização e a integralidade da atenção à saúde. Através deste dispositivo, destina-se competência ao ente federativo municipal para estar preparado e organizado para direcionar e executar ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta, reabilitação e reconstrução, sem prejuízo de execução para as demais esferas administrativas. Segundo Teixeira *et al* (2009), essas estratégias devem ser baseadas nos princípios do Sistema Único de Saúde (SUS), especialmente, considerando a Universalidade do cuidado, a Descentralização das ações e a atenção Integral à saúde da população, sem, contudo, deixar de subsidiar a formulação de políticas segundo suas competências administrativas, bem como a organização dos serviços e ações de saúde por meio da Regionalização, a Hierarquização e a Participação social.

Com a ampliação e a garantia do acesso universal e igualitário, a partir da promulgação da Constituição Federal de 1988, as ações de vigilância e controle de doenças, passaram a ser desenvolvidas de forma coordenada e integrada às ações de promoção, proteção e recuperação da saúde em cada espaço geográfico do território brasileiro (Teixeira *et al* 2009). Além desta reorganização, há que se destacar outras iniciativas do SUS, como a ampliação do acesso ao tratamento para diversas doenças transmissíveis que passaram a ser oferecidos à população de forma universal, mas também por estabelecer um conjunto de políticas sociais e econômicas que contribuíram efetivamente na redução do risco de doenças e outros agravos (FREITAS, ROCHA, *et al.*, 2018).

As Emergências em Saúde Pública (ESP), assim como os desastres, configuram-se como situações que demandam o emprego imediato de medidas de prevenção, de controle, de contenção de riscos em situações de caráter epidemiológico (relacionado a surtos e epidemias), de caráter sanitário (relacionado ao controle de produtos e serviços sob regime de vigilância sanitária), de caráter ambiental (relacionado ao controle dos danos ambientais provocados por desastres naturais ou tecnológicos que coloquem em risco à saúde da população) ou ainda situações que provoquem colapso da assistência à saúde da população (WHO, 2005).

Além disso, é fundamental que o processo envolva as três esferas da gestão do SUS e todas as áreas do setor saúde, em especial as ações de vigilância e de atenção à saúde- estratégias presentes e disseminadas na maioria dos distritos sanitários nacionais.

O objetivo da Vigilância em Saúde é desenvolver um processo contínuo e sistemático de coleta, consolidação, análise de dados e disseminação de informações sobre eventos com potencial de riscos e danos à saúde. Seu planejamento e implementação devem contar com ações de regulação, intervenção e atuação sobre os condicionantes e determinantes da saúde, visando à proteção, promoção, prevenção e controle de riscos de agravos e doenças. Nesse sentido, a Política Nacional de Vigilância em Saúde (PNVS) (Resolução nº 588, de 12 de julho de 2018) considera a necessidade de dispor de equipes aptas a atuar no âmbito da vigilância em saúde, com capacidade de analisar contextos e identificar fatores de risco territoriais e à saúde, organizar, monitorar e avaliar os processos de trabalho relacionados aos Desastres e as ESP.

Considerando que a ocorrência de desastres promove fatores de risco que estão diretamente relacionados à perda da qualidade de vida e saúde dessas populações afetadas, não só no curto prazo, mas também por meses ou anos após sua ocorrência, como defendido nos parágrafos anteriores. Frente ao risco de enfrentamento de situações de emergências, compreende-se como função essencial de preparação do setor saúde a elaboração de plano de preparação e resposta para cada tipo de ameaça; medidas de redução de risco presente e futuro.

E partir da deflagração de um evento espera-se que seja constituído um comitê gestor da emergência envolvendo ações intra e intersetoriais; avaliação de danos; identificação das necessidades; e elaboração de estratégias de ações para a recuperação e adaptação dos serviços de atendimento à saúde no curto, médio e longo prazo.

Ressalta-se que no âmbito do Ministério da Saúde, a Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental, do Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador, da Secretaria de Vigilância em Saúde estabeleceu o programa de vigilância em saúde ambiental dos riscos associados aos desastres (VIGIDESASTRE). Assim, mantém estratégias para a atuação em desastres de origem natural e tecnológica, contemplando ações de gestão do risco, manejo dos desastres e recuperação dos seus efeitos. Além de articular as agendas de mudanças climáticas e seus efeitos futuros à saúde humana (BRASIL, 2016).

Neste sentido, frente a possibilidade concreta de enfrentamento de situações de emergências, compreende-se como fundamental a preparação do setor saúde e a elaboração de plano de preparação e resposta para cada tipo de ameaça e medidas de redução de risco presente e futuro. Considera-se importante também, que a partir da deflagração de um evento seja constituído um comitê gestor da emergência envolvendo ações intra e intersetoriais, que contemplem a avaliação de danos, a identificação das necessidades de elaboração de estratégias de ações para a recuperação e adaptação dos serviços de atendimento à saúde no curto, médio e longo prazo. Lembrando que a ocorrência de desastres cria fatores de risco que estão diretamente relacionados à perda da qualidade de vida e saúde das populações afetadas, não só no curto prazo, mas também por meses ou anos após sua ocorrência, como discutido anteriormente.

Para tanto, o SUS tem estabelecido ações nas três esferas de gestão (federal, estadual e municipal), considerando o modelo de gestão do risco para a adaptação e resiliência, como apresentaremos nos tópicos posteriores.

4.3 CENÁRIO DE BARRAGENS NO BRASIL: UM OLHAR SOBRE A CLASSIFICAÇÃO E A APLICAÇÃO LEGISLATIVA.

A legislação brasileira de barragens é bastante “recente”. Estabelecida ainda em 2010, completa 11 anos (em 2021) com uma importante modificação¹² quanto a responsabilidade de fiscalização e monitoramento, no que concerne a regulação e outorga de barragens de mineração.

Segundo a última edição do Relatório de segurança de barragem do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB (BRASIL, 2019) apresentaremos dados que levarão a reflexão sobre a implementação da PNSB no setor de mineração. No total são 802 barragens de contenção de rejeitos de mineração cadastradas no sistema, 47% (375) não estão submetidas à PNSB, apenas 401 (50%) possuem outorga para seu funcionamento. O plano de segurança e sua revisão periódica não foram regulamentados por 47% (380) e 111 (14%) dos empreendedores, respectivamente, enquanto apenas 29% (236) fizeram inspeções regulares e 51% realizaram inspeções especiais no ano da análise (Tabela 1).

	REGULADA_PELA_PNSB		NÃO REGULADA_PELA_PNSB		TOTAL
POSSUI_PAE					
Sim	269	63%	1	0%	270 (34%)
Não	158	37%	374	100%	532 (66%)
POSSUI_PLANO_DE_SEGURANÇA					
Sim	422	99%		0%	422 (53%)
Não	5	1%	375	100%	380 (47%)
POSSUI_REVISÃO_PERIÓDICA					
Sim	316	74%	375	100%	691 (86%)
Não	111	26%		0%	111 (14%)
BARRAGEM OUTORGADA					
Sim	151	35%	250	67%	401 (50%)
Não	224	52%	177	47%	401 (50%)
EMPREENDEDOR IDENTIFICADO					
Sim	420	98%	369	98%	789 (98%)
Não	7	2%	6	2%	13 (2%)
TEM INFORMAÇÃO DE ALTURA					
Sim	427	100%	347	93%	774 (97%)
Não	0	0%	28	7%	28 (3%)
TEM INFORMAÇÃO DE VOLUME					

¹² Em 5 de dezembro de 2018, o decreto 9.587, de 28 de novembro de 2018, destituiu o Departamento Nacional de Produção Mineral, DNPM, e instalou e definiu a estrutura organizacional da Agência Nacional de Mineração - ANM, agência reguladora que substituiu o antigo departamento em suas atribuições.

Sim	420	98%	334	89%	754 (94%)
Não	7	2%	41	11%	48 (6%)
HOUVE ALGUMA INSPEÇÃO NO PERÍODO					
Sim	234	55%	2	1%	236 (29%)
Não	193	45%	373	99%	566 (71%)
HOUVE ALGUMA FISCALIZAÇÃO NO PERÍODO					
Sim	0	0%	0	0%	0
Não	427	100%	375	100%	802(100%)
BARRAGEM_AUTUADA					
Sim	0	0%	0	0%	0
Não	427	100%	375	100%	802(100%)
TOTAL DE BARRAGEM	427	(%)	375	(%)	802

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SNISB/ANA, 2019 ((BRASIL, 2019)

Quando considerado o total de barragens de contenção de rejeito, 34% apresentam Plano de Ação e Emergência (PAE), conforme estabelece os artigos 11º e 12º da lei. Outro aspecto relevante apontado pela ANA é que no ano de 2019, 71% (566) das barragens não receberam inspeções e 100% não foram submetidas a fiscalização. Não houve qualquer autuação, fator imprescindível para que inconformidades sejam corrigidas, uma vez que este tipo de barramento sofre múltiplos alteamento ao longo de sua vida útil (tabela 1).

Quando analisadas apenas as barragens classificadas quanto à categoria de risco (CRI) e dano potencial associado (DPA)¹³ (Tabela 2), primeiro ponto que preocupa é a ausência de informação, uma vez que 375 (46%) barragens não são classificadas quanto ao risco ou a classificação não se aplica as mesmas. daquelas que possuem alto DPA (244), 50 estão com CRI alto e médio. Quando combinadas alto risco e alto dano potencial, identifica-se 34 estruturas nessa situação. Não obstante, para o órgão regulador de barragem de mineração, segundo o relatório para o ano de 2019, tínhamos 31 estruturas que levantam preocupações.

¹³ A classificação por categoria de risco (CRI) em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem e a classificação por categoria de dano potencial associado (DPA) à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem.

Tabela 1 - Número de barragens segundo categoria de risco e dano potencial associado no Brasil, 2019.

		Dano potencial associado				
		Alto	Médio	Baixo	Total	%
Categoria de risco	Alto	34	12	2	48	6%
	Médio	20	28	8	56	7%
	Baixo	190	100	33	323	40%
	Não Classificada	0	0	375	375	47%
Total		244	140	418	802	100%
%		27%	16%	56%	100%	

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SNISB/ANA, 2019 (BRASIL, 2019)

As incertezas quanto ao risco real permanecem altas, pois 87% do total das barragens de contenção de rejeito não possui documento de Projeto "Como construído" (as *built*) com localização conhecida e 13% (123) não apresentaram qualquer informação a respeito (BRASIL, 2018). A emissão “conforme construído” do projeto retrata a instalação que foi colocada em operação e é a base para as definições dos processos de gestão da barragem e para aferir se as condições previstas estão sendo respeitadas, o que garantirá a adequada segurança da barragem bem como de sua operação.

Segundo a PNSB, todas as barragens que apresentam o potencial de causar altos danos associados deveriam apresentar o Plano de Ação de Emergência (PAE) (Port. nº 70389/2017). No entanto, nesta categoria, 17 barragens não apresentam tal instrumento, e no total são 532 (66%) das barragens de contenção de rejeito que não possuem PAE. Em relação ao método contrutivo, quando considerados os dados disponibilizados para o ano de 2017, são 69 estruturas que declararam utilizar o método de alteamento à montante, o mesmo tipo utilizado nas barragens da Samarco(2015) e da Vale(2019) que se romperam, sendo que o Estado de Minas Gerais foi a unidade da federação que apresentou a maior quantidade desse tipo de estruturas. Não obstante, 98 empreendimentos não declararam o método construtivo de sua estrutura de barramento (Quadro 7).

Quadro 7 - Método de construção por unidade da federal brasileira, ano de 2017.

Estado da Federação	Método Construtivo					Total
	Etapa única	Alteamento a montante ou desconhecido#	Alteamento a jusante	Alteamento por linha de centro	Indefinido	
AM	14		1			15
AP	4	1	2		5	12
BA	14	3	24	26	6	73
ES	1					1
GO	4	3	5	3	1	16
MA				1	2	3
MG	215	49	63	14	17	358
MS	16	1		1		18
MT	15	2	45	11	18	91
PA	72	3	13	12	8	108
PB					1	1
PI					2	2
PR	1		1	1		3
RJ	2				1	3
RO	18				15	33
RS	2	3			1	6
SC	11				1	12
SE	3					3
SP	37	4	7	4	19	71
TO	4		1		1	6
Total Geral	433	69	162	73	98	835*

**A divergência entre os valores do total de barragens se dá devido ao ano que o dado foi disponibilizado no sistema.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados (BRASIL, 2017)

*OBS: em 2019, a ANM, na Resolução nº 13/2019, definiu a proibição da construção de barragens do tipo à montante e a obrigatoriedade de descaracterizá-las até 2027

Quando considerado o total de barragens de mineração hoje no país, 43% estão localizadas no estado de Minas Gerais, seguido de Pará (13%) e Mato Grosso (11%) (quadro 7). Em relação à altura da barragem, no quadro 8, apresentamos que em 36 % das barragens maiores é maior do que 15 metros, faixa de altura que apresenta maior frequência de rompimento, como apresentado nos parágrafos anteriores.

Quadro 8 - Número de barragens segundo altura no Brasil, 2019.

Altura do Barramento	Total	%
h > 100 m	9	1%
70 m < h < 100	29	4%
30 m < h < 70 m	100	12%
15 m < h < 30 m	157	20%
7,5 m < h < 15 m	251	31%
h < 7,5 m	228	28%
Sem Informação	28	3%
Total Geral	802	100%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SNISB/ANA, 2019 ((BRASIL, 2019)

Quando se discute rompimentos de barragens no Brasil, a ênfase incide sobre o Desastre da Samarco e da Vale, em Mariana e Brumadinho respectivamente, ambos em Minas Gerais. No entanto, entre os anos de 1986 e 2019, o sistema nacional de segurança de barragens brasileiro registrou outros 7 acidentes graves envolvendo barragens de contenção de rejeito de mineração no estado de Minas Gerais. Em decorrência desses eventos, ao menos 304 pessoas vieram a óbito (quadro 9). Quando contabilizados os acidentes e incidentes, para o período de 2011-2019, ano de vigência da PNSB, há em média, um evento a cada três anos envolvendo barragens de contenção de rejeito de mineração.

Quadro 9 - Acidentes com barragens no estado de Minas Gerais, Brasil.

Ano	Empresa	Tipo de barragem	Município	Breve descrição
1986	Mineração Herculano	Barragem de Rejeito	Itabirito	Rompimento de Barragem: 7 óbitos.
2001	Mineração Rio Verde	Barragem de Rejeito	Nova Lima	Rompimento de Barragem: assoreamento do córrego taquara e 5 óbitos.
2008	CSN	Barragem de Rejeito	Congonhas	Rompimento de vertedouro: 40 famílias desalojadas.
2008	N/D	Barragem de Rejeito	Itabira	Rompimento de Barragem: danos ambientais.
2014	Herculano Mineração	Barragem de Rejeito	Itabirito	Rompimento de Barragem: 3 óbitos.
2015	Samarco S.A	Barragem de Rejeito	Mariana	Rompimento de Barragem (34 milhões m ³): 19 óbitos (12 terceirizados, 1 prestador de serviço, 1 funcionário e 5 moradores).

2019	Vale S.A	Barragem de Rejeito	Brumadinho	Rompimento de Barragem (>11 milhões m3): 259 óbitos e 11 pessoas desaparecidas.
------	----------	---------------------	------------	---

Fonte: adaptado de (SILVA, SILVA, 2020).

4.3.1. Fiscalização como requisito básico para o planejamento de ações: nós críticos

Tendo como referência o Marco de Sendai, consideramos que não é o perigo, ameaça ou o desenvolvimento tecnológico que determina a ocorrência de desastre, mas sua combinação com as condições de vulnerabilidade, bem como as capacidades institucionais de prevenção e respostas das sociedades, envolvendo desde a antecipação e alerta aos processos de recuperação e reconstrução como fatores determinantes para a sua ocorrência (SILVA, SILVA, 2020). Se, no passado, as instituições visavam apenas minimizar as consequências dos desastres, atualmente, suas atividades também incluem, por meio de trabalhos preventivos, a Redução do Risco de Desastre (RRD)¹⁴, tal como preconizado no marco de combate ao desastre vigente (Marco de Sendai, 2015-2030).

Se, por um lado, temos assistido experiências exitosas de desenvolvimento de arcabouço legislativo visando melhor atuação e integração da gestão de riscos de emergências e desastres, por outro, ainda há necessidade explícita de entender o risco dos desastres tecnológicos na mineração por meio da ótica de RRD.

Os princípios estabelecidos nos instrumentos internacionais pactuados para a RRD apontam que o processo de desenvolvimento (econômico, social e tecnológico) deve observar os aspectos de sustentabilidade ambiental e contribuir para a redução das vulnerabilidades sociais, pautados por um olhar multidisciplinar e intersetorial em contextos multirrisco. Entretanto, a incorporação dessa perspectiva no processo de trabalho dos entes envolvidos na implementação da PNSB ainda é um desafio a ser enfrentado.

¹⁴ A redução do risco de desastres abrange as atividades científicas, políticas e práticas que visam reduzir as perdas em vidas, meios de subsistência e saúde. Assegurar que a resposta emergencial aos desastres seja adequada e implemente os mais altos padrões de gestão clínica e de recursos para minimizar ferimentos, sofrimento e perda de vidas, requer prevenção e preparação em todo o ambiente de serviços de emergência em saúde e outros setores (AITSI-SELM e MURRAY, 2016).

Das 802 barragens que estão registradas no Snisb, apenas 50% barragens estão regularizadas e possuem outorga para seu funcionamento. Até o momento, 46% das barragens não foram avaliadas quanto à categoria de risco. Apesar de 100% das estruturas terem já sido classificadas quanto ao DPA, 28 (3%) das barragens não possuem informação de altura e 48 (6%) informações sobre a capacidade armazenada, informações cruciais para a classificação de danos potenciais associados.

A ausência de informações suficientes para a tomada de decisão é um fato preocupante no cenário de risco nacional e dificulta o trabalho de todas as entidades fiscalizadoras. Passados onze anos após a implementação da PNSB, essa obrigação deveria estar praticamente finalizada. Cabe frisar que a legislação vigente prevê, mediante o Plano de Segurança de Barragem, inspeções regulares ou especiais (órgãos fiscalizadores), Revisões Periódicas de Segurança de Barragem (RPSB) (art. 9º) (por parte do empreendedor) e a elaboração de Planos de Ação de Emergência (PAE), sempre que a barragem for classificada como de DPA alto (art. 11). Segundo a ANA, atualmente 375 (47%) das barragens são submetidas à PNSB, desse total, 316 (39%) foram inspecionadas e 380 (47%) empreendedores definiram rotina de revisão periódica. Em relação ao PAE, 14 (7%) barragens com DPA alto não apresentaram à sociedade planos de ação e emergência e 380 (47%) não possuem plano de segurança de suas estruturas. Considerando o universo total de barragens de mineração, apenas 269 (34%) apresentaram um plano de ação e emergência à sociedade.

Segundo os órgãos fiscalizadores, no cenário nacional, em 2019, a situação de 31 barragens foi considerada preocupante quando consideradas suas estruturas e fator de risco de rompimento. Além disso, cerca de 55% das equipes da ANM não possuem uma equipe com atribuição formal e exclusiva para atuar em segurança de barragens. Quando considerado o quantitativo de equipes exclusivas para atuar em segurança de barragens, verifica-se que o Brasil possui 13 equipes de um universo de 28, com exclusividade de atuação em barragens de mineração (teoricamente quantitativo adequado para desempenho das atividades), no entanto apenas 416 barragens sofreram vistorias in loco.

Segundo editorial veiculado em novembro de 2020, o estado de Minas Gerais tem hoje apenas um fiscal da Agência Nacional de Mineração (ANM) para vistoriar 364 barragens. Dos cinco servidores lotados no estado, um está de férias, dois estão afastados por serem grupo de risco para a Covid-19 e outro contraiu a doença. Perguntado a ANM se o efetivo seria suficiente, mesmo com o número reduzido, quando há fiscalização in loco, fiscais de outros estados são mandados a MG, segundo a agência. No total há 14 fiscais efetivamente para vistoriar todas as barragens de mineração no país (PIMENTEL, CHIMICATTI, 2020).

As tragédias minerárias expõem dificuldades inerente aos municípios mineradores. No Brasil, as duas barragens da Vale que se romperam possuíam planos de emergências, na verdade, existiam só no papel, e ficou comprovado que os sistemas de alerta e alarme eram inexistentes, em Mariana, e inefetivos, em Brumadinho (FREITAS, SILVA, 2019). Para além dos setores envolvidos no licenciamento e fiscalização, a participação proativa dos setores de saúde, trabalho, proteção e defesa civil, assim como dos trabalhadores, comunidades e organizações da sociedade civil, certamente teria impedido alguns dos erros cometidos. Além disso, é necessário que planos, alertas e alarmes não sejam tratados somente como obrigações legais, mas que sejam fruto de um efetivo e transparente processo de planejamento, com a participação da sociedade, fortalecendo as capacidades de preparação e respostas dos municípios por intermédio da realização de exercícios regulares.

Sem que haja transparência e efetiva participação da sociedade nos arranjos institucionais, pouco avançaremos na Redução de Risco desse tipo de desastre no País. Dessa forma, possivelmente experimentaremos novos desastres no setor da mineração, ou mesmo, agravamentos dos desastres já em curso.

4.4 INFLUENCIAS GLOBAIS; PROCESSOS E DANOS LOCAIS.

Em Freitas e Silva (2019), defendemos, que as instituições modernas se encontram profundamente vinculadas aos sistemas abstratos ou peritos de confiança, os quais conectam as práticas locais às relações sociais globalizadas em questões decisivas, como segurança, risco e perigo. Esses sistemas abstratos de confiança são mediados, viabilizados e operacionalizados por muitas instituições, organizações e empresas que se encontram em contextos globalizados.

Nesse processo, as políticas públicas e as regulamentações estatais antes centralizadas em um modelo de governo, com leis e autoridades nacionais dominando o cenário de gestão de risco, passaram a ser geridas em um modelo descrito como “governança”, na qual organismos privados, por exemplo, a Organização Internacional de Padronização (ISSO), empresas de consultoria e organismos não privados (por exemplo, ONGs, associações profissionais) se apresentam como novos atores, principalmente, a partir dos anos 1990.

Esse conjunto de instituições globais influenciam as decisões locais na tomada de decisão das instituições públicas – sobre a regulação (Outorgas de lavragem, Legislações ambientais, segurança do trabalho e da saúde) – e privadas (empresas nacionais e globais de consultoria que produzem laudos e certificações, promovendo sensação de segurança), mas também nos processos organizacionais das empresas fins e periféricas ao interesse minerário.

O gerenciamento dos riscos no âmbito da empresa é acompanhado de sistemas abstratos de confiança, especialmente nos sistemas peritos, no qual as comunidades expostas são leigas ou a elas são sonegadas as informações sobre os riscos aos quais estão sujeitos. Isso envolve um grande contingente de trabalhadores diretos e terceirizados, bem como as populações das comunidades nas áreas que podem ser impactadas pela lama de rejeitos. São levadas a acreditar que as empresas possuem planos de gestão de segurança para evitar situações de desastres e que, em caso de ocorrência de acidentes, existirá um sistemas de alerta e alarme, como previsto na legislação; que as empresas informaram aos municípios sobre os riscos e que esses possuem órgãos ativos para proteger a sociedade e com um sistema de trabalham em harmonia com as mineradoras; que os munícipes estariam seguros e que se algo de errado ocorresse seriam protegidos, pelas empresas e pelo Estado.

4.4.1 Rompimento da Barragem de Fundão (BRF)

Em Mariana, após o desastre, um universo invisível tornou-se visível, sendo revelado que a BRF contava com um dreno de deposição de rejeito “clandestino”, não referenciado no processo de licenciamento, fruto da atividade da mineradora vizinha, Vale S.A. (Mina Alegria), que respondeu, em 2014, por 28% dos efluentes líquidos lançados na Barragem de Fundão. Evidenciando falhas de licenciamento em ambas as estruturas produtivas e uma fraude processual.

A auditoria realizada, pelo Ministério do Trabalho, após o rompimento da Barragem de Fundão (BRF), da mineradora Samarco, revelou um anormal histórico de falhas que se iniciam no processo de licenciamento, mas também, denotam problemas durante sua construção, operação e administração que, a partir dessa sequência de falhas (quadro 10), tornaram a estrutura mais frágil culminando em seu colapso.

A Samarco perseguiu uma expansão agressiva da produção, promovendo através de mecanismos escuso buscar flexibilizar procedimentos regulatórios e de licenciamento envolvendo desde decisões de aumento de produção, como também de diminuição dos investimentos na área de segurança em 44% entre os anos de 2014 e 2015 (MILANEZ, WANDERLEY, *et al.*, 2016).

A BRF teve seu Licenciamento Ambiental acelerado. O processo se iniciou em 2005, sendo a primeira licença de operação (LO) concedida em 2008 - licença que se encontrava em processo de renovação no dia do rompimento. Da primeira LO até o desastre várias mudanças na estrutura ocorreram. A barragem foi modificada duas vezes entre 2008 e 2015, e em cada

vez passando por um breve processo de licenciamento, sem contar com a realização de audiências públicas (MARSHALL, 2017). Em setembro de 2014, o engenheiro projetista da barragem alertou sobre um princípio de ruptura que apareceu após a modificação da estrutura (quadro 10). Em junho de 2015, a mineradora recebeu as licenças para ampliação da barragem de Fundão e posterior unificação com a barragem de Germano, que também estava sendo alterada. No quadro 10 apresentamos o conjunto de fatores que convergiram no rompimento da BRF.

Quadro 10 - Fatores que convergiram no rompimento da BRF.

Anos de ocorrência	FALHA OPERACIONAL APRESENTADA
2009	Após 4 meses de início da operação da barragem, o enchimento do reservatório teve que ser interrompido porque a empresa constatou problema resultante de uma falha construtiva nos drenos de fundos que estavam entupidos e inoperantes.
2010-2012	A operação de deposição retornou um ano após o incidente, em abril de 2010, para ser interrompido em julho de 2010 devido a trincas na estrutura em galerias projetadas para a drenagem de água. Essas trincas provocaram um fenômeno chamado de “sink hole”, um redemoinho de sucção que se formou na mistura de água e rejeito de minério de ferro. Esse mesmo problema voltou a ocorrer em 2012, dessa vez o problema ocorreu no dique à esquerda (ombreira esquerda): falhas na galeria secundária provocaram vazamentos, fragmentações e fraturas. Segundo o engenheiro responsável pela obra, Juarez Júnior, a Samarco utilizou material mais barato nos drenos, chamado de “minério do futuro”, em substituição à areia.
2012	Novas obras foram realizadas. Desta vez foi empreendido uma drenagem do acúmulo de água no pé da vizinha pilha estéril da Vale. Modificaram o desenho inicial do projeto. Em desacordo com o Manual de Operação da Barragem, começou então a ser realizado um recuo de 80 metros no eixo da barragem. Com a obra, a praia de segurança da barragem – estrutura de segurança prevista para apresentar 200 metros e com finalidade de manter o rejeito a uma distância mínima do barramento - foi reduzida. Esta violação foi considerada uma violação operacional grave, segundo o Manual.
2012	Ainda em novembro de 2012, foi notado, na galeria secundária, um novo afundamento de terra “sinkhole”. A Samarco então decidiu aumentar o recuo em mais 70 metros, totalizando um desvio de 150 metros, em dezembro. Isso colocou o aterro da barragem diretamente sobre a lama, chegando a um mínimo de 85 metros em 2014. Com isso, todas as condições necessárias para causar liquefação estavam presentes.
2013-2014	2013, por duas vezes, apareceu água brotando do outro lado da parede do dique. A mineradora tomou providências para deter a penetração da água. Em 2014, o problema voltou a aparecer.
2014	4 de setembro de 2014, o engenheiro projetista da barragem, Pimenta de Ávila, após um trincamento sem precedentes na ombreira esquerda da barragem, advertiu para a possibilidade de liquefação e recomendou três medidas: a instalação de novos instrumentos de aferição dos níveis de água e pressão no solo, leitura diária dos equipamentos, e que fossem refeitas as análises de estabilidade. Em dezembro de 2014, Pimenta de Ávila alertou que a situação ainda não estava controlada.
2014	Em 2014, a água voltou a minar na parede da barragem. A essa altura, a obra de recuo do eixo da barragem já tinha quase dois anos. A Samarco continuava a fazer obras para minimizar o problema e melhorar o sistema de drenagem da BRF. Na ocasião, consultoria independentes registraram a necessidade de eliminar o deslocamento do eixo da barragem e com isso minimizar os riscos.
2015	Em novembro de 2015, a barragem entraria em colapso sem que o recuo tivesse sido eliminado. Para o Ministério do Trabalho, além das sucessivas trincas, a barragem tinha um problema de saturação, segundo o auditor, havia uma permanente insuficiência no sistema de drenagem de água da barragem

Fonte: Elaboração própria a partir de (BRASIL, 2016; SERRA, 2018)

Na investigação realizada pelo Ministério do Trabalho (BRASIL, 2016), foi possível vislumbrar como a financeirização, digitalização e auto regulação do sistema de produção mineral global, influenciaram negativamente a segurança dos projetos de barramento de rejeito.

Segundo o relatórios, uma gama de problemas na barragem foram constatados e negligenciados por longos períodos de tempo, entre eles: o crescimento acelerado (resultado dos altos valores da commodities no período), com média de 11 metros por ano, sendo os maiores em 2011 (20 metros/ano) e em 2014 (14,6 metros/ano), enquanto que o alteamento seguro estaria entre 4,57 e 9,14 metros por ano; elevada da saturação dos rejeitos, resultado da deposição em volume superior ao permitido no projeto; falhas no sistema de monitoramento do

nível de água; número insuficiente de equipamentos de auscultação (conjunto de instrumentos, formas de observação e controle das condições de segurança da barragem); equipamentos com defeito; e deficiência do sistema de drenagem.

Quatro meses antes do rompimento da BRF, o engenheiro funcionário da VOGBR Recursos Hídricos e Geotecnia (uma empresa perita em gestão da segurança e autorregulação do processo) entregou o laudo de estabilidade de Fundão, exigência da Política Nacional de Segurança de Barragens), após breve inspeção na barragem. O laudo atestava a segurança da estrutura para os órgãos fiscalizadores (que não realizaram a fiscalização em loco) e condicionava a execução de procedimentos de segurança. O estudo foi entregue sem que os piezômetros (equipamentos utilizados para a auscultação da barragem) instalados na ombreira esquerda, onde várias anomalias haviam sido registradas, fossem aferidos. Eram esses equipamentos fundamentais para o monitoramento da barragem. O mapa do conjunto de equipamentos deve constar na Carta de Risco, documento que a empresa deve atualizar de acordo com a evolução da estrutura e seus alteamentos. Inexplicavelmente, a última atualização do documento de referência fora feita em agosto de 2013 (dois anos antes do rompimento). Não incorporava, portanto, os mecanismos de aferição recomendados, em 2014, pelo engenheiro projetista da BRF, após a inspeção das trincas da ombreira esquerda (SERRA, 2018).

Em seu depoimento à polícia civil, o engenheiro da VOGBR disse que coletou os dados e que o fato de não ter analisado todos os instrumentos disponíveis não prejudicou a acuidade de seu trabalho. Ao emitir o documento, fez a seguinte ressalva: “A Samarco deverá atualizar a Carta de Risco pois os alteamentos são constantes, correspondendo, no ano de 2014, a uma taxa de 15 m em até 11 etapas consecutivas” (SERRA, 2018). O Ministério Público Federal (MPF) considerou o documento enganoso por se basear em Carta de Risco desatualizada e não incluir a análise de toda a instrumentação (MPF, 2016).

4.4.2 Rompimento de Barragem do Complexo da Mina Córrego do Feijão

No desastre da Vale S.A, em Brumadinho, a Mina Córrego do Feijão iniciou suas atividades no ano de 1956 por meio da Cia de Mineração Ferro e Carvão. Em 1973, passou para o controle da Ferteco Mineração e desde 2003 é dirigida pela Vale. A planta minerária possui infraestrutura de lavra e beneficiamento mineral, sete barragens, além de estruturas de apoio e administrativas. A barragem B1 era classificada como uma estrutura de pequeno porte com baixo CR e alto DPA. Trata-se de uma barragem de disposição de rejeito de minério de ferro, cuja instalação e operação se iniciaram na década de 1970, que fazia parte do Complexo da

Mina Córrego do Feijão. A barragem tinha área total de aproximadamente 27 hectares, 87 metros de altura e não operava desde 2015.

Em dezembro de 2018, a Vale obteve licença para exercer atividade de recuperação de finos das Barragens I e VI e ampliar a capacidade produtiva da mina. Com isso, a vida útil do empreendimento seria prolongada até 2032 (ROSSI, 2019; SEMAD, 2018).

Chama atenção o processo de licenciamento de recuperação de finos, pois a legislação mineira embasa a análise ambiental em potencial poluidor, porte e localização. A atividade de disposição de rejeito de minério de ferro em barragens é classificada pela legislação mineira como de grande potencial poluidor. A barragem b1 da Vale possuía a maior classe da legislação: classe 6 e isso se manteve.

O último licenciamento para a atividade minerária propriamente dita ocorreu em 2011 e autorizava a disposição de rejeito até 2017, porém, a Vale parou de operar a barragem em 2015. Não existiu novo pedido de licenciamento ambiental para a atividade de disposição de rejeito de minério de ferro naquela barragem. Foram feitas vistorias para fins de licenciamento ambiental e controle ambiental em 2017 e 2018. Durante as vistorias, o órgão ambiental não encontrou indícios de disposição de rejeitos na estrutura, isto é, a barragem se encontrava com as atividades paralisadas.

O pedido de licenciamento ambiental que foi enviado para votação da câmara técnica do Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam) tratava de reaproveitamento de rejeitos de minério de ferro em barragens. A solicitação votada apresentava, inclusive, um ponto positivo: a retirada do material que havia sido depositado no interior da barragem desde a década de 1970. Esta retirada ocorreria com o descomissionamento e o reaproveitamento do material. Entende-se como descomissionamento a retirada de todo o rejeito de minério de ferro e a recuperação ambiental da área. O reaproveitamento seria passar o material retirado por um tratamento, que geraria um produto comercializável e um produto não comercializável. O que não fosse comercial seria disposto com uso de tecnologias mais modernas e seguras do que a disposição em barragens. Neste caso, o novo rejeito seria disposto em áreas já mineradas e em pilhas de maneira seca, sem utilizar barramentos e água como a própria Barragem B1.

A atividade de descomissionamento de barragem (e não de disposição de rejeito) é considerada pela legislação mineira como de médio potencial poluidor, por isso, este pedido de licença que foi a julgamento se enquadrava na classe 4, menor do que a classe da licença anterior, que era de disposição de rejeito. Conforme legislação atual, para o tamanho da Barragem B1 da Vale, a atividade de disposição de rejeito do empreendimento é classe 6 e a atividade de reaproveitamento é classe 4. Não houve rebaixamento de classe. São duas

atividades e duas classes distintas. Esta diferença de tratamento dada pela legislação é de fácil entendimento, uma vez que a disposição de rejeitos é claramente mais poluidora do que a retirada e reaproveitamento deste material.

Sugerindo um ganho ambiental, assim como proposto pelo projeto, foi considerado na reunião deliberativa do conselho do Copam que autorizou a licença em 2018 com 10 votos favoráveis, 1 abstenção e 1 voto contrário, em reunião realizada de maneira expressa no dia 11 de dezembro de 2018.

Outro ponto a ser esclarecido é a análise concomitante das fases do licenciamento. Para as atividades com menor tamanho e potencial poluidor, a legislação mineira autoriza que as fases de licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO) possam ser analisadas juntas. Tal procedimento denomina-se análise concomitante e não é apenas uma particularidade de Minas Gerais. Essa análise concomitante segue os mesmos ritos, inclusive exigindo os mesmos estudos ambientais. Para o caso do processo de descomissionamento e reaproveitamento, o estudo solicitado foi o mais complexo da legislação brasileira: o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Para a fiscalização de estabilidade e segurança de barragens de rejeito de minério de ferro, ou seja, questão relacionada à engenharia da barragem, o órgão responsável - e que tem competência para tal - é a atual Agência Nacional de Mineração – ANM, como já mencionado. Apesar de a fiscalização ser de competência da ANM, vale reforçar que a responsabilidade de fazer a gestão, o monitoramento e garantir a estabilidade da barragem é do próprio empreendedor. Para análise da estabilidade, as empresas têm que contratar auditores independentes de seu quadro funcional que analisam as condições da estrutura e concluem pela garantia ou não da sua estabilidade. Conforme norma federal, essas auditorias devem ocorrer mesmo nos casos de barragens inativas.

A barragem B1 possuía declarações de estabilidade física e hidráulica emitidas pela empresa TÜV SÜD do Brasil. Segundo a consultoria, todas as inspeções realizadas não foram capazes de detectar quaisquer alterações no estado de conservação da estrutura (RAGAZZI, ROCHA, 2019), porém as primeiras investigações apontam que existiam diversas rachaduras na estrutura da barragem e que reclamações eram recorrentes entre os trabalhadores da mineradora. O relatório aponta que a direção da empresa tinha conhecimento do risco e que os engenheiros da TÜV SÜD, que assinaram as declarações de estabilidade mencionadas, foram pressionados pela diretoria para emissão do laudo (FREITAS, SILVA, 2019).

Ambos os desastres representaram verdadeiras fraturas expostas dos processos de mineração praticados no Brasil. As consultorias VOGBR e TÜV SÜD, nesses casos,

contratadas pelas próprias empresas criadoras dos riscos (Samarco e Vale SA, respectivamente) atestam que essas estão “seguras”. Nesse processo ocorre o gerenciamento artificial do risco (FREITAS, PORTO, GOMEZ, 1995), conforme conceito já citado, influenciado em grande parte pelas tendências observadas em um sistema produtivo globalizado – terceirização, padronização, financeirização, digitalização e autorregulação.

Uma característica é o modo como a economia global se encontra integrada, envolvendo um vasto conjunto de empresas globais e alianças corporativas, resultando em uma multiplicidade de novos atores, que desafia os Estados-nação influenciando a governança. Muitas das vozes e instituições que vêm emergindo têm sido bastante ativas na colocação dos seus objetivos políticos, econômicos, sociais, culturais e ambientais. Muitas das vozes e instituições que vêm emergindo têm sido bastante ativas na colocação dos seus objetivos políticos, econômicos, sociais, culturais e ambientais. Muitas dessas apresentam agendas compatíveis com as comunidades afetadas que se inserem e outras não.

Nesse universo dos sistemas abstratos que têm o objetivo de prover muito mais confiança do que segurança e visa manter um ar de continuidade, considerando que tudo caminha bem. No Brasil, esta estrutura periférica às atividades minerárias influencia as organizações empresariais. Como exemplo, a situação das barragens de mineração, pois embora a maior parte das barragens possam ser classificadas como possuindo dano potencial alto ou médio, a esmagadora maioria apresenta critérios de risco baixo, fazendo todos crerem que tudo está sob controle.

É preciso entender mais profundamente os danos e riscos associados aos rejeitos de mineração que são distribuídos desigualmente na sociedade, afetando de maneira mais intensa, justamente, os mais vulneráveis - os grupos rurais, pobres e excluídos. Em muitos casos, estes grupos nem são identificados nos estudos de impacto ambiental contratados pelas mineradoras (WANDERLEY, 2021). Ademais, segundo o autor, as estratégias nos licenciamentos vêm contribuindo para subdimensionar e invisibilizar os atingidos e seus danos sofridos, possibilitando a escolha por tecnologias mais baratas e com maior impacto.

O antes seguro sistema de classificação de risco utilizado pelas agências reguladoras torna-se inseguro, e o sistema de laudos passa a ser tratado com suspeição pelo Ministério Público, quebrando a confiança dos sistemas abstratos.

4.5 CAPACIDADE DE RESPOSTA AOS DESASTRES

Dentre as obrigações dos empreendedores está a de providenciar a elaboração e a atualização do Plano de Segurança de Barragem (PSB), contemplada na Portaria ANM nº 70.389/2017, o Plano deve ser elaborado até o início do primeiro enchimento da barragem, a partir de quando deverá estar disponível para utilização pela Equipe de Segurança, órgãos públicos e fiscalizadores. O PSB constitui-se, dentre outros volumes, do Plano de Ação Emergencial (PAE), que é obrigatório para as barragens classificadas com DPA alto ou quando exigido formalmente.

Para a mineradora Samarco, o órgão ambiental havia exigido a instalação de sistemas de alerta como uma condicionante para o licenciamento de operação. A empresa não cumpriu esta exigência e continuou operando mesmo sem a autorização. Segundo a Samarco, existia um plano de monitoramento contínuo para sua barragem, assim como um PAE, incluindo simulações com trabalhadores e comunidades (MARSHALL, 2017). Para o Ministério Público Federal o PAE não foi colocado em prática no dia do acidente. E ainda, mostrou-se falho e burocrático, prevendo apenas o uso de telefones para a comunicação de incidentes na barragem em uma área de difícil sinal de telefonia celular (MPF, 2016, p. 55). Ficou também demonstrado que a empresa não dispunha de vários mecanismos de alertas. Desde algo tão prosaico como sirenes ou avisos luminosos ou outra forma eficaz de comunicação de emergência aos funcionários e terceirizados, bem como às comunidades a jusante. Ainda, não promoveu treinamento adequado aos envolvidos, de forma a orientá-los como se portar em situações de emergência. A perda de vidas só não foi maior devido à ação solidária de trabalhadores e pessoas residentes na localidade e às ações independentes de alerta à população (SERRA, 2018). Mesmo para as comunidades distantes da barragem não receberam aviso formal de alerta e evacuação, como foi o caso município de Barra Longa em que o rejeito levou mais de 10 horas de distância para atingir.

A Vale, em Brumadinho, possuía um PAE formalizado e, segundo a empresa foi realizado simulado de emergência em junho de 2018 com a comunidade e órgãos de segurança pública, sob a coordenação das defesas civis. O PAE previa que, uma vez constatada uma situação de emergência, o coordenador do plano deveria informar o Centro de Controle de Emergência e Comunicação (CECOM) da empresa. Este, por sua vez, acionaria as seis sirenes instaladas nas comunidades de entorno. Os moradores, a partir do acionamento da sirene, deveriam se deslocar para aos pontos de encontro previamente informados (BARBON, 2019).

No dia do rompimento da barragem, em Brumadinho (MG), as sirenes de alerta da mina Córrego do Feijão não puderam ser acionadas, pois, segundo a empresa a falha se deu "devido à velocidade com que ocorreu o evento". A sirene que ia tocar foi engolfada pelo desastre antes que ela pudesse tocar", disse o CEO Fabio Schwartsman, após reunião com a procuradora-geral da República (ROSSI, 2019). O comando que deveria partir da empresa para o CECOM também falhou: ao menos um dos funcionários responsáveis pelo repasse da informação morreu na tragédia. Parte dos moradores questionam a ausência de informações precisas sobre quais locais seriam ou não seguros em caso de rompimento.

Para a Saúde Coletiva os desafios no enfrentamento de desastres tecnológicos, como os apresentados anteriormente, não são pequenos. Pois, para além das pessoas definidas oficialmente como afetadas, temos diversas populações à jusante da barragem que tiveram múltiplas rupturas e perdas, simbólicas, culturais, econômicas, de infraestrutura, familiares, rupturas comunitárias e lugares de referência. O número de expostos pode ser ainda maior se consideramos populações que se beneficiam dos serviços ecossistêmicos (rios, solos e matas) para seus usos e ocupações do solo historicamente constituídos.

Como ilustrado no gráfico 1, os impactos dos desastres sobre a saúde das populações podem ocorrer em tempos distintos que variam entre horas a anos. Segundo Freitas *et al* (2019), em um curto prazo de tempo, considerando-se um período entre horas a alguns dias, se produzem a maior parte dos registros de feridos leves, graves e mortalidade, incluindo como resposta às ações de resgate e urgência. Um segundo momento, se dá no período entre dias a meses, caracterizando-se pela ocorrência de doenças transmissíveis, podendo intensificar as doenças não transmissíveis em pacientes já acometidos por estas. Nessa fase, é importante iniciar ações de vigilância, controle e prevenção de doenças, assim como a reabilitação dos serviços necessários à assistência à saúde e outros serviços essenciais, como o abastecimento de água e alimentos, por exemplo. Num espaço maior de tempo, entre meses a anos, os impactos na saúde se relacionam às doenças não transmissíveis, especialmente, os transtornos psicossociais e comportamentais, as doenças cardiovasculares, desnutrição e a intensificação de doenças crônicas. A reconstrução das infraestruturas físicas da cidade, principalmente dos estabelecimentos de saúde e das residências da população também podem ocorrer nesse período.

Desastres tecnológicos produzem um efeito na dinâmica das doenças, surtos, epidemias e outros agravos de saúde. As consequências da alteração no meio ambiente, saúde entre outras dimensões da vida são de difícil previsão para a saúde pública, principalmente, quando consideradas as demandas que estes eventos ocasionam ao serviço de saúde. Contudo, cabe a

saúde pública avaliar dados existentes nos sistemas de informação, estruturar análises que prevejam limiares para ocorrência e a magnitude destes impactos, conjugando informações de diferentes áreas de atuação. Isso pode representar um caminho para construção de sistemas de alerta mais eficazes e medidas de planejamento capazes de otimizar recursos e reduzir a dimensão dos danos à saúde da população.

A partir do evento, o novo cenário de risco gerado, apresenta-se como um grande desafio de gestão sobre a organização do setor saúde. No município de Brumadinho, por exemplo, a implementação de um conjunto integrado de ações de prevenção (ações de comunicação de risco), imunização (para difteria, tétano, hepatites A e B, sarampo, caxumba, rubéola, febre amarela), vigilância em saúde (epidemiológica e sanitária) e atenção em saúde (UPA, hospital, laboratórios, Centros de Atenção Psicossocial - CAPS, Núcleo de Práticas Integrativas e Complementares em Saúde - NUPIC, unidades básicas de saúde - UBS, Estratégia Saúde da Família - ESF, e Núcleos de Apoio à Saúde da Família - NASF) permitiu ofertar à população serviços de saúde estratégicos para reduzir os danos do evento. Esse conjunto de ações contou com o apoio tanto do Ministério da Saúde quanto da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais, permitindo também ações articuladas ao longo do Rio Paraopeba, envolvendo a vigilância da qualidade da água nos 18 municípios atravessados pelo rio (FREITAS, BARCELLOS, *et al.*, 2019).

Em relação à bacia do Rio doce, apesar dos efeitos terem sido de maior intensidade no curto prazo, se prolongam no tempo e geraram riscos adicionais à saúde da população, mesmo as mais distantes do empreendimento minerário. O monitoramento ambiental realizado ao longo da bacia do rio Doce, por exemplo, ainda apresenta concentrações muito elevadas de substâncias perigosas nos diversos compartimentos ambientais afetados (solo, água, ar) envolvendo, inclusive, a presença de contaminantes metálicos (FREITAS, SILVA e MENEZES, 2016).

No médio e longo prazo, os impactos ambientais resultarão no comprometimento dos serviços de provisão de alimentos e água potável; alteração dos ciclos hidrológicos (contribuindo para enchentes nos períodos chuvosos); alteração dos ciclos hidrológicos (contribuindo para enchentes nos períodos chuvosos); e alteração nos ciclos de vetores e de hospedeiros de doenças meses após o desastre; deslocamento de animais peçonhentos, que também tiveram seus habitats completamente alterados ou destruídos; aumento de casos de doenças respiratórias e contaminação dos organismos devido a transformação da lama de rejeitos em grande fonte de poeiras e material particulado (contendo óxido de ferro, sílica e matéria orgânica, além da hipótese de outros metais como alumínio e manganês). Há de se

considerar ainda que os elementos metálicos, ao contrário de muitos compostos orgânicos, não apresentam degradação ao longo do tempo para "espécies" menos tóxicas. Alguns tornam-se, inclusive, mais tóxicos com o passar do tempo (FREITAS, BARCELLOS, *et al.*, 2019; SILVA, FREITAS, *et al.*, 2020 ; FREITAS, SILVA e MENEZES, 2016; RODRIGUES, 2020).

Ao longo do curso do rio atingido, foram muitas as propriedades que apresentaram perda de produtividade, no acesso à renda e de bens de uso coletivo. Resultaram também em danos imateriais, como a perda de padrões de organização social e vínculos comunitários, assim como práticas culturais que configuram os modos de vida local. Alguns desses grupos atingidos eram comunidades tradicionais e indígenas (RAMBOLL, 2020).

A complexidade da gestão da situação está na relação dos diversos níveis de indeterminância e nossa ínfima capacidade de controle e previsibilidade da situação ambiental. No médio e longo prazo, os impactos resultarão em impactos psicossociais e na saúde mental, resultantes da insegurança e medo, resultado da violência da situação que vivenciaram perdendo seus lares e sendo deslocados para abrigos ou casas temporárias, que podem contribuir para futuras doenças crônicas, como as cardiovasculares.

Considerando a população de Mariana, a mais diretamente afetada pelo rompimento da barragem da Samarco, pesquisa realizada envolvendo o grupo populacional de deslocados/desabrigado mostrou efeitos na saúde mental associados a discriminação que os afetados e expostos passaram a sofrer (NEVES, ROQUE, *et al.*, 2018). Estigmatizada e culpabilizada pelos prejuízos socioeconômicos causados mediante ao fechamento, mesmo que temporário, da empresa Samarco, esta população passou a sofrer discriminação e assédio na cidade devido a uma relação ambígua, que envolve sentimentos de punição e interrupção da atividade minerária no local, combinados com o risco de desemprego e interrupção dos ciclos econômicos ali instalados. Problemas relacionados à saúde mental (uso de álcool e drogas, tentativas de autoextermínio, uso de medicamento, depressão e tensão pós-traumática) foram registrados no estudo.

Em Brumadinho, dados da secretaria municipal mostraram um aumento de 80% no consumo de ansiolíticos e de 60% no uso de antidepressivos (COMISSÃO PARLAMENTAR DE INQUÉRITO, 2019). Os dados de Registro das Ações Ambulatoriais de Saúde (RAAS), demonstram aumento dos episódios depressivos em 151%, que passaram de 352 casos, em 2018, para 883 registros, em 2019; reações ao estresse grave aumentou em 1.272% no ano de 2019, em comparação com o ano anterior. Em 2019, houve 52 tentativas de suicídios, sendo que 75% utilizaram medicamentos na tentativa de tirar sua própria vida (BRASIL, 2020).

4.6 CONCLUSÕES

No Capítulo 4 apresentamos a situação da implantação do sistema de gerenciamento de risco de prevenção dos desastres de rompimento de barragem de mineração. Assim como demonstrado o cenário de risco de desastre em barragem é assustador. Apesar de os dados demonstrarem que este tipo de ocorrência aumenta tanto em frequência como em intensidade ao longo dos últimos anos no Brasil. Ainda temos diversas vulnerabilidades na gestão e regulação desse risco.

Demonstramos que as ocorrências registradas resultam de um ambiente empresarial arriscado, onde se apresenta de forma falha e incapaz de evitar novos eventos de natureza semelhante. Ao mesmo tempo que registramos múltiplas rupturas nas sociedades diretamente afetadas, os mecanismos de gestão e regulação estatal e empresarial ainda se dá de forma incompleta, com baixa efetividade dos mecanismos de monitoramento, ausência de profissionais capacitados e alta concentração territorial dessas estruturas de risco.

Ao mesmo tempo, mediante a ocorrência de eventos de emergências, o sistema de alerta e alarme que deveria existir para proteger e evitar danos à sociedade, se demonstrou ineficiente e/ou inexistente.

São muitos os casos de impactos apresentados ao longo das duas bacias hidrográficas afetadas. No Capítulo 4 objetivamos apresentar os danos imediatos desses desastres e a estrutura de governança estruturada para reduzir e remediar os danos. No Capítulo 6, apresentaremos as lições não aprendidas do caso do desastre da Samarco, assim como os efeitos tardios desses eventos no decorrer dos anos.

5 DESASTRES TECNOLÓGICO EM BARRAGEM DE MINERAÇÃO E SEUS RISCOS POTENCIAIS EM CONTEXTOS VULNERÁVEIS.

Tratamos no Capítulo 1 que desastres tecnológicos afetam de diferentes maneiras o normal funcionamento dos sistemas sociais e ecológicos. Seus efeitos se apresentam de forma complexa e não linear; podem induzir instabilidade com potencial de violação irreversível do funcionamento social e até instabilidade sistêmica, tornando-se fonte de perturbação aos sistemas ecológicos com encargos intoleráveis para a saúde humana de populações expostas (BRIGGS, 2018; SCHWEIZER, RENN, 2019).

Característica dos desastres tecnológicos, como os rompimentos de barragens de mineração, não está apenas no seu potencial de danos e efeitos imediatos, embora sejam recorrentemente reconhecidos por isso. Os impactos secundários e terciários podem desencadear reações em cadeia com elevada incerteza (LUCCHINI, HASHIM, et al 2017). Tais cenários de risco apresentam o potencial de promover fatores de riscos de ocorrência complexa e heterogênea sobre os diferentes espaços geográficos e sistemas sociais (SCHWEIZER, RENN, 2019), até mesmo os territórios mais distantes do evento (SILVA, FREITAS, et al 2020).

A magnitude, frequência e intensidades desses desastres vêm se intensificando nas últimas décadas, como demonstrado no Capítulo 4, fato que aproxima populações a recorrente situações de exposição, especialmente aos mais vulneráveis. Algumas dessas mudanças impactam de forma direta e imediata no processo de saúde e doença dessas populações. No entanto, na maior parte das vezes, esse impacto é indireto e difuso, podendo apresentar efeitos ao longo de uma rede causal complexa quer dependendo de muitos eventos intermediários e sujeita à muitos pontos de influências (HALES, BUTLER, et al 2004).

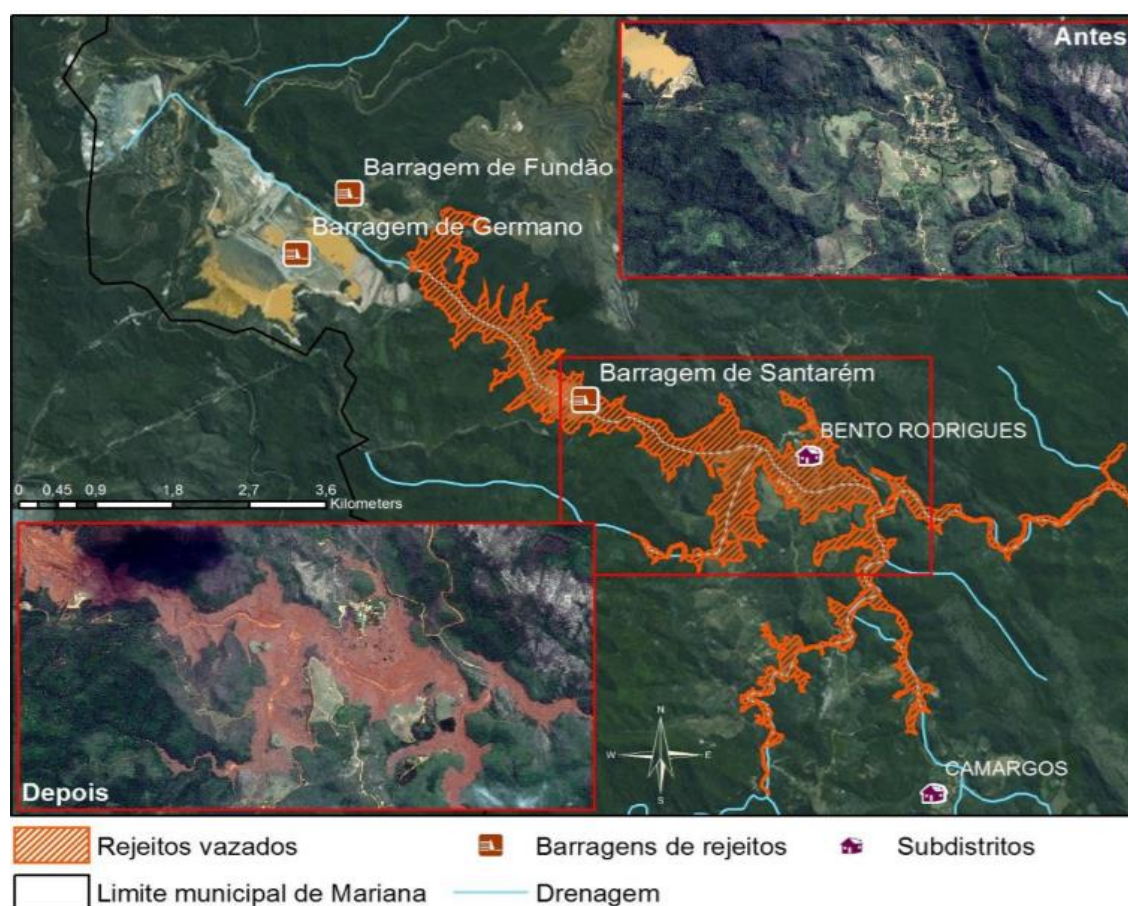
A comunidade de Saúde Pública precisa estar preparada para antecipar e, se possível, prevenir as consequências à saúde humana oriundas da degradação dos sistemas de suporte à vida. Os efeitos causados de forma sistêmica exigem abordagens holística para a sua identificação e seu correto gerenciamento de riscos (BRIGGS, 2018). Necessitam de análises que alberguem abordagens para além das abordagens usual de causa e consequência (FUNTOWICZ, RAVETZ, 2003). Pois, muitos riscos que essas situações envolvem não são simples e não podem ser calculados como uma função linear de probabilidade e efeitos (WYNNE, 1992). São complexos (multicausais) e cercados de incerteza, ambiguidade e ignorância (WYNNE, 1992; UNISDR, 2018), assim como abordamos no Capítulo I.

Mediante a este potencial cenário de risco favorecido pelos desastres tecnológicos de rompimento de barragem de mineração, este Capítulo objetiva apresentar as consequências imediatas do desastre da Samarco, na bacia hidrográfica do Rio Doce, e do desastre da Vale, na Bacia hidrográfica do Rio Paraopeba. Dessa forma, apresentaremos os danos de curto prazo, baseado nas produções técnicas científicas desse autor e o arranjo institucional elaborado para a gestão e governança de reposta e recuperação do desastre.

5.1 O DESASTRE TECNOLÓGICO DA SAMARCO (2015)

No dia 05 novembro de 2015 a barragem de rejeitos de Fundão (BRF) se rompeu. A BRF é uma das barragens do Complexo Minerador Germano/Alegria (figura 7), localizadas nos municípios de Ouro Preto e Mariana – MG, atividade minerária desenvolvida pela empresa Samarco S/A, uma joint-venture entre a companhia Vale S.A. e a anglo-australiana BHP Billiton.

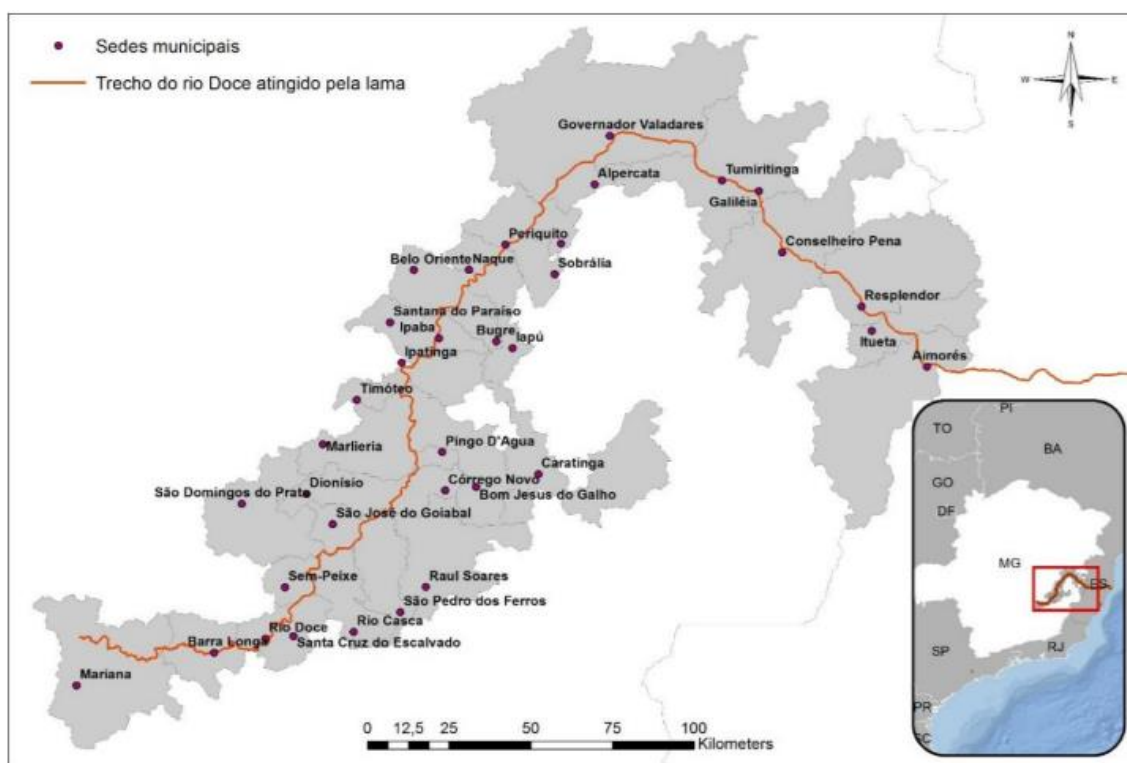
Figura 7-Complexo minerário Germano/Alegria; representação do impacto antes e depois do desastre.



Fonte: (SIMONATO, 2018)

O evento liberou uma onda de rejeito que percorreu 663,2 km, chegando, após 17 dias, em 22 novembro, à costa do Mar Atlântico; causou contaminação da zona costeira com uma pluma de dispersão de mais de 60 km (7.000Km²). Na figura 8, demonstramos os 39 municípios lindeiros que foram diretamente atingidos. O desastre causou 19 mortes; desabrigados e desalojados; milhares de pessoas ficaram desabastecida de fornecimento de água para consumo humano; danos em diversas equipamentos e infraestruturas públicas e privadas foram registrados.

Figura 8-Municípios diretamente atingido pelo desastre da Samarco.



Fonte: (SIMONATO, 2018)

Este desastre é considerado o mais grave da história brasileira e um dos maiores do mundo (FREITAS, SILVA, MENEZES, 2016). Segundo os autores, afetou no primeiro momento, de forma direta e imediata 10.482 pessoas nos municípios de Mariana, Barra longa, Rio doce e Santa cruz Escalvado. O impacto inicial se deu em tamanha proporção que 256 pessoas foram feridas, 644 pessoas foram desabrigadas e 716 desalojadas. Os danos agudos se concentraram principalmente nos dois primeiros municípios, respectivamente.

Estimou-se, inicialmente, que o desastre tenham afetado ao menos 1,4 milhão de pessoas nos 39 municípios, envolvendo dois Estados da federação: Minas Gerais e Espírito Santo (MPF, 2016). O desastre foi classificado pela defesa civil como nível IV, isto é, “desastre de porte

muito grande”, o que significa que os danos causados são graves e os prejuízos muito vultosos e consideráveis (FEMA, 2016).

O volume armazenado na BRF foi estimado em cerca de 55 milhões de m³ (IBAMA, 2015). Nas primeiras horas e dias, um volume de cerca de 34 milhões de m³ de rejeito de minério de ferro foi lixiviado ao meio ambiente. Deste total, 16 milhões de m³ permaneceram acumulados e, ao longo dos meses seguinte, parte desse material continuou a ser carregado ao curso hídrico (ANA, 2015). Não obstante, em 27/01/2016, decorrente de uma falha operacional no Dique Sela, estrutura que liga a barragem Germano (barragem construída imediatamente ao lado da BRF) e a de fundão, novo deslizamento de rejeitos de mineração foi detectado. Estima-se que nesta ocasião 960.000 metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro foram liberados, agravando ainda mais o cenário de destruição e poluição nas áreas impactadas (MPF_A, 2016).

O impacto do desastre foi classificado pela força tarefa do governo do estado de Minas Gerais em duas escalas de danos e impacto: A primeira microrregional, relacionada aos impactos com maior efeito destrutivo. Esta escala geográfica incluí a calha dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e alto rio Doce; atingindo quatro municípios mineiros: Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado em um trecho de aproximadamente 77 km. No município de Rio Doce, a lama foi retida pela barragem da Usina Hidrelétrica de Candonga e, após essa barreira, o material seguiu pela calha do rio Doce. A segunda escala macrorregional relacionada aos impactos nos municípios ao longo de mais de 570 km da calha do rio Doce até a foz no oceano Atlântico, envolvendo comunidades de outros 31 municípios em Minas Gerais e 3 municípios no Espírito Santo, incluindo uma reserva indígena de etnia Krenak (MPF, 2016; ANA, 2016).

5.1.1 Impactos ambientais e biológicos

Na escala microrregional os danos ocorreram de forma intensa. Estima-se que, 1.587 hectares (ha), dos quais 1.026,65 ha de cobertura vegetal, que incluía um trecho de 511,08 ha de Mata Atlântica preservada, foram atingidos e danificadas. As modificações registradas no curso das bacias ocorreram de forma degressivas, alterando o curso do rio e, portanto, a dinâmica fluvial. Observou-se também, a deposição de rejeitos sobre o leito dos rios e vastas áreas marginais, soterrando a vegetação aquática e terrestre, impactando negativamente a fauna e flora (MPF, 2016). Ao longo dos anos, nota-se uma elevação nos registros de eventos hidrológicos extremos (RODRIGUES, 2020), possivelmente influenciado devido aos impactos de sobreposição e soterramento das bacias de drenagem afetadas. Para o órgão ambiental

federal, “o nível de impacto foi tão profundo e perverso ao longo de diversos estratos ecológicos que é impossível estimar um prazo de retorno da fauna ao local” (IBAMA, 2015).

O fluxo de rejeito, após a barragem da UHE de Candonga, seguiu preferencialmente pela calha do rio Doce. A onda de cheia se configurou por uma pluma de sedimentos, com elevada turbidez e menor velocidade, que percorreu toda a bacia até chegar ao litoral norte do Espírito Santo, provocando estrapolação da calha natural do Rio Doce, especialmente em seu trecho médio (desde a confluência do rio Matipó até a divisa MG/ES). A enchente sobrepôs temporariamente áreas marginais e baixios nas margens, deixando nelas, após a normalização do fluxo, sedimentos contendo rejeitos de minério. À medida que a onda de rejeitos avançava, causou danos principalmente associados à poluição hídrica, mortandade de animais e interrupção do abastecimento de água em vários municípios (ANA, 2015).

Além do temor relacionado a capacidade de atuação das estações de tratamento de água (ETAs), em relação aos níveis de turbidez apresentado, existiu o risco de contaminação química, pois a passagem da onda de cheia destruiu ou danificou estruturas que continham substâncias potencialmente poluidoras, compostos orgânicos voláteis ou semi-voláteis, bem como derivados de petróleo (MPF, 2016).

Segundo a empresa Samarco, o rejeito liberado no ambiente “é inerte” e composto, em sua maior parte, por sílica (areia) proveniente do beneficiamento do minério de ferro e não apresentava nenhum elemento químico de interesse à saúde humana” (MPF_A, 2016). Conforme a NBR 10.004, o resíduo da barragem era classificado como não perigoso e não inerte para ferro e manganês (IBAMA, 2015). Para a Agência Nacional de Águas (2016), a enxurrada não só liberou elementos químicos e físicos fora dos padrões permitidos para diversos metais e metalóides, como também revolveu e remobilizou contaminantes associados ao sedimento, não disponíveis anteriormente. Dias após, análises realizadas no manancial afetado demonstraram alterações nos parâmetros: alumínio, arsênio, cádmio, cobre, cromo, fósforo, manganês e níquel, assim como Chumbo e Mercúrio em níveis acima do permitido pela legislação, em valores de até 165 e 1465 vezes superiores ao preconizado, respectivamente (ANA, 2018).

Queiroz (2018) realizou análises físico químicas nos rejeitos depositados na planície de inundação da Bacia do Rio doce. Os maiores teores de metais foram encontrados na porção mais superficial das amostras (0-3 cm), que abriga ainda as maiores porcentagens de sedimentos depositados de menor dimensão, sugerindo que a porção superficial é a que sofreu maior influência da deposição dos rejeitos na composição dos solos estuarinos. Em seus achados, considerou que o rejeito é formado por material particulado fino com grandes quantidades de

Fe, Al, Mn, Ti, metais de terras raras e metais de interesse à saúde. Segundo o autor, os rejeitos da mina são compostos principalmente por Fe 45.200 ± 2850 ; Mn: 433 ± 110 ; Cr: $63,9 \pm 15,1$; Zn: $62,4 \pm 28,4$; Ni: $24,7 \pm 10,4$; Cu: $21,3 \pm 4,6$; Pb: $20,2 \pm 4,6$ e Co: $10,7 \pm 4,8$ mg kg⁻¹ (valores médios), consistindo em suas porções predominantes de oxihidróxidos de Fe (goethita, hematita); caulinita e quartzo (QUEIROZ, 2018).

Dos Santos Vergílio *ET AL* (2021) analisaram as concentrações de metais no material particulado dissolvido na coluna de água e no sedimento, considerando os períodos de 15 dias após o desastre e seis meses após; avaliou juntamente os possíveis efeitos biológicos e citogenotóxicos do manancial, considerando com área de análise o local do colapso até a foz do Rio Doce. Os níveis de Cr, Ni, Cd e Hg no sedimento foram superiores ao nível de efeitos de limiar (*TEL- threshold effects levels*- nível de efeito limiar abaixo do qual não ocorre efeito adverso à comunidade biológica / *PEL- probable effects levels* – níveis prováveis de efeitos sobre a biota), estabelecidos pelo *NOAA* agência de governo americano), especialmente seis meses após o rompimento da barragem. A água do manancial contaminado induziu efeitos biológicos negativos imediatos em diferentes níveis da cadeia trófica, juntamente com o acúmulo de Al, Fe, Mn e Zn no músculo dos peixes. A água e o sedimento também apresentaram efeitos citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos.

Hatje, Pedreira, et al avaliaram os fluxos e a distribuição espacial dos elementos físico-químico ao longo dos quase 670 km atingidos avaliaram que o desastre causou um aumento substancial nas cargas de sedimentos em suspensão na coluna de água (de até 33.000 mg L⁻¹), além de registrar grandes depósitos de resíduos ao longo das margens da bacia do Doce. O transporte mais elevado estimado de metais dissolvidos foi observado para Fe (58,8 µg s⁻¹), Ba (37,9 µg s⁻¹) e Al (25,0 µg s⁻¹). Os sedimentos atingiram os fatores de enriquecimento mais elevados para Hg (4.234), Co (133), Fe (43), e Ni (16), enquanto que As (55), Ba (64), Cr (16), Cu (17), Mn (41), Pb (38) e Zn (82) foi constatado redução de magnitude à jusante dos parâmetros analisados. Em relação aos parâmetros: ferro, As, Hg, Mn as análises demonstram que estes excederam as diretrizes vigentes da legislação Conama (HATJE, PEDREIRA, et al 2017).

Sá, Longhini *et al* (2021), descreve a ocorrência dos efeitos do desastre em três diferentes fases: pré-impacto (dias antes da chegada da onda de rejeitos), aguda (no dia da chegada e no dia posterior) e crônica (após três meses e após 1 ano), considerando a área de foz da bacia. Durante a fase aguda, os parâmetros analisados aumentaram significativamente e excederam os níveis de segurança nacionais e internacionais de qualidade da água para os elementos Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se e Zn. Em seus achados, os autores consideram

que mesmo que a contaminação por metais e metaloides já era presente no manancial, sugerindo concordância com os dados de remobilização apresentado pela Agencia ANA, a poluição foi acentuada pelo desastre como resultado da própria composição do rejeito ou pelo lixiviado da mistura de materiais com aporte massivo oriundo dos rejeitos. Durante a fase crônica, os autores observaram altas concentrações de Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, V e Zn principalmente na fração particulada (SÁ, LONGHINI, et al 2021).

O monitoramento ambiental realizado ao longo da bacia do Rio Doce, por exemplo, ainda apresenta concentrações muito elevadas de substâncias de interesse à saúde mesmo após anos do desastre. Na tabela 3 apresentamos o monitoramento realizado após o evento nas águas brutas e superficiais do manancial afetado, disponibilizado degressivamente em relação à barragem, considerando os anos de 2010 a 2015 (*background*) e 2016 a 2019.

Tabela 2 – Monitoramento do manancial superficial do Rio Doce nos anos de 2010 à 2019.


Parâmetro Unidades	RESOLUCAO CONAMA n.35	Turbidez (NTU) limite DN 1/08: 100		Ferro Dissolvido (mg/L) limite DN 1/08: 0,3		Manganês total (mg/L) limite DN 1/08: 0,1		Alumínio Dissolvido (mg/L) limite DN 1/08: 0,1		Arsênio total (mg/L) limite DN 1/08: 0,01		Cádmio total (mg/L) limite DN 1/08: 0,001		Chumbo total (mg/L) limite DN 1/08: 0,01		Cobre Dissolvido (mg/L) limite DN 1/08: 0,009		Cromo Total (mg/L) limite DN		Mercúrio total (mg/L) limite DN		Níquel total (mg/L) limite DN 1/08: 0,025		Zinco Total (mg/L) limite DN 1/08: 0,18			
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Rio Gualavo do Norte - RD011	2010 - 2015	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
	2016	4305	12,2	0,235	0,114	1,776	0,0397	0,115	0,024	0,0014	0,001	0,0005	0,0005	0,0112	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,007	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2017	1462	169	0,317	0,072	2,723	0,349	0,154	0,1	0,0021	0,001	0,0005	0,0005	0,0112	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,007	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2018	732	5,97	0,33	0,149	2,187	0,033	0,087	0,025	0,0025	0,001	0,0005	0,0005	0,0184	0,005	0,0044	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,006	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
2019	118	12,1	0,332	0,194	0,6085	0,0632	0,063	0,033	0,001	0,001	0,0005	0,0005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,006	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rio do Carmo - RD071	2010 - 2015	744	1,8	0,279	0,049	1,6546	0,0351	0,209	0,1	0,0393	0,0003	0,0005	0,0005	0,0136	0,005	0,0083	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,011	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2016	5228	6,04	0,291	0,083	1,375	0,0312	0,133	0,02	0,0034	0,0019	0,0005	0,0005	0,0078	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,004	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2017	608	41,7	0,311	0,069	1,84	0,0607	0,161	0,1	0,0064	0,001	0,0005	0,0005	0,007	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,006	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2018	521	7,54	0,645	0,144	1,343	0,022	0,267	0,03	0,005	0,0019	0,0024	0,0005	0,0225	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,005	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
2019	73,4	6,84	0,309	0,181	0,3966	0,0491	0,088	0,039	0,0038	0,0023	0,0005	0,0005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,008	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rio Doce - RD072	2010 - 2015	604	0,5	0,538	0,069	1,52	0,0263	0,171	0,1	0,0243	0,0003	0,0005	0,0005	0,0138	0,005	0,0054	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,009	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2016	5880	6,63	0,299	0,064	3,675	0,0361	0,11	0,02	0,0019	0,001	0,0005	0,0005	0,0271	0,005	0,004	0,004	0,05	0,04	0,33	0,2	0,013	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2017	1094	50,3	0,311	0,157	2,316	0,1041	0,128	0,1	0,0113	0,001	0,0005	0,0005	0,0134	0,001	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,014	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2018	317	6,24	0,544	0,153	0,468	0,0216	0,139	0,03	0,0021	0,001	0,0023	0,0005	0,0188	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,008	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
2019	170	7,14	0,561	0,275	0,3833	0,0329	0,29	0,056	0,0045	0,001	0,0005	0,0005	0,0063	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,004	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02	
Rio Casca - RD019	2010 - 2015	318	2,71	0,488	0,048	0,577	0,0308	0,304	0,1	0,0072	0,0003	0,0005	0,0005	0,0072	0,005	0,0054	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,006	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2016	1125	25,2	0,251	0,084	0,898	0,0745	0,1	0,021	0,0023	0,001	0,0005	0,0005	0,0074	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,004	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2017	1114	174	0,313	0,073	0,757	0,37	0,171	0,1	0,0025	0,001	0,0005	0,0005	0,0141	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,011	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2018	663	9,47	0,56	0,145	0,481	0,076	0,289	0,029	0,0019	0,001	0,0005	0,0005	0,0081	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,005	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
2019	167	12,5	0,565	0,191	0,3903	0,0509	0,09	0,034	0,0022	0,001	0,0005	0,0005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,004	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02	
Mantêra - RD023	2010 - 2015	280	2,24	0,358	0,046	0,304	0,0358	0,243	0,1	0,0053	0,0003	0,0005	0,0005	0,0095	0,005	0,0049	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,004	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2016	3198	46,7	0,275	0,074	0,87	0,0879	0,154	0,034	0,0033	0,001	0,0005	0,0005	0,0117	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,45	0,2	0,008	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2017	4489	0,9	0,243	0,1	0,142	0,201	0,216	0,1	0,0021	0,001	0,0005	0,0005	0,0176	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,015	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2018	250	7,14	0,427	0,115	0,377	0,0205	0,114	0,028	0,0022	0,001	0,0022	0,0005	0,0181	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,006	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
2019	127	25,5	0,429	0,198	0,2662	0,0756	0,081	0,052	0,0023	0,001	0,0005	0,0005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,004	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02	
Ipatinga - RD035	2010 - 2015	382	2,56	0,457	0,054	0,345	0,0443	0,183	0,1	0,0066	0,0003	0,0005	0,0005	0,0148	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,005	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2016	2682	34,7	0,265	0,052	0,695	0,0874	0,158	0,02	0,0015	0,001	0,0005	0,0005	0,01	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,005	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2017	3022	134	0,275	0,036	1,134	0,182	0,1	0,001	0,003	0,0005	0,0005	0,0275	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,017	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	2018	437	14,7	0,443	0,091	0,414	0,0325	0,276	0,03	0,0017	0,001	0,0022	0,0005	0,0187	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,008	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
2019	104	13,1	0,367	0,203	0,3565	0,0663	0,127	0,06	0,0016	0,001	0,0005	0,0005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,004	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02	
Belo Oriente - RD033	2010 - 2015	955	2,29	0,382	0,04	0,561	0,0287	0,24	0,1	0,0055	0,0003	0,0005	0,0005	0,0125	0,005	0,0044	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,01	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2016	3279	10,5	0,325	0,089	1,51	0,0531	0,1	0,038	0,0025	0,001	0,0005	0,0005	0,0157	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,009	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2017	2398	92,6	0,412	0,036	0,878	0,0477	0,191	0,1	0,0022	0,001	0,0005	0,0005	0,0266	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,019	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2018	240	16,3	0,306	0,108	0,311	0,0315	0,259	0,056	0,0021	0,001	0,0024	0,0005	0,0204	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,009	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
2019	120	14,4	0,521	0,199	0,2977	0,0524	0,314	0,06	0,0029	0,001	0,0005	0,0005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,004	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02	
Periquito - RD083	2010 - 2015	181	2,78	0,381	0,051	0,113	0,0217	0,127	0,1	0,001	0,0003	0,0005	0,0005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,006	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2016	3017	6,2	0,368	0,061	2,564	0,0207	0,14	0,028	0,0037	0,001	0,0005	0,0005	0,042	0,005	0,004	0,004	0,05	0,04	0,2	0,2	0,014	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2017	2524	40,5	0,338	0,103	0,837	0,299	0,133	0,1	0,0026	0,001	0,0005	0,0005	0,0282	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,019	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
	2018	612	9,47	0,42	0,105	0,485	0,0242	0,106	0,048	0,0016	0,001	0,0024	0,0005	0,0197	0,005	0,004	0,004	0,04	0,04	0,2	0,2	0,005	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
2019	91,7	15,4	0,366	0,16	0,1151	0,0347	0,278	0,043</																			

Há de se considerar que após o rompimento da barragem de Fundão as concentrações dos parâmetros analisados extrapolaram os limites ambientais permitidos ao longo de toda a bacia do Rio Doce. E, apesar de alguns dos parâmetros tenham-se reduzido com o passar dos anos, ainda existe o risco de exposição a múltiplos contaminantes, corroborando com os estudos anteriormente apresentados (tabela 3). Não obstante, os solos de várzea e mata ciliar acumularam em suas camadas superficiais uma quantidade expressiva de rejeitos, em média com mais de 50 cm de altura, em alguns locais estimados em mais de 3 m de profundidade (IBAMA, 2015). A presença desse material poderá se tornar fonte de contaminação presente e futura.

5.1.2 Impactos à captação de água bruta no Manancial

Decorrente da degradação ambiental houve comprometimento, mesmo que temporário, das estações de tratamento que se utilizavam do manancial afetado e, conseqüentemente, atendimento aos valores máximos permitidos pela legislação, em especial dos parâmetros turbidez, metais e organolépticos - resultando na interrupção total ou parcial do abastecimento de água, mesmo que temporariamente, em 12 municípios mineiros e 2 capixabas, população estimada de 500.739 pessoas (tabela 4).

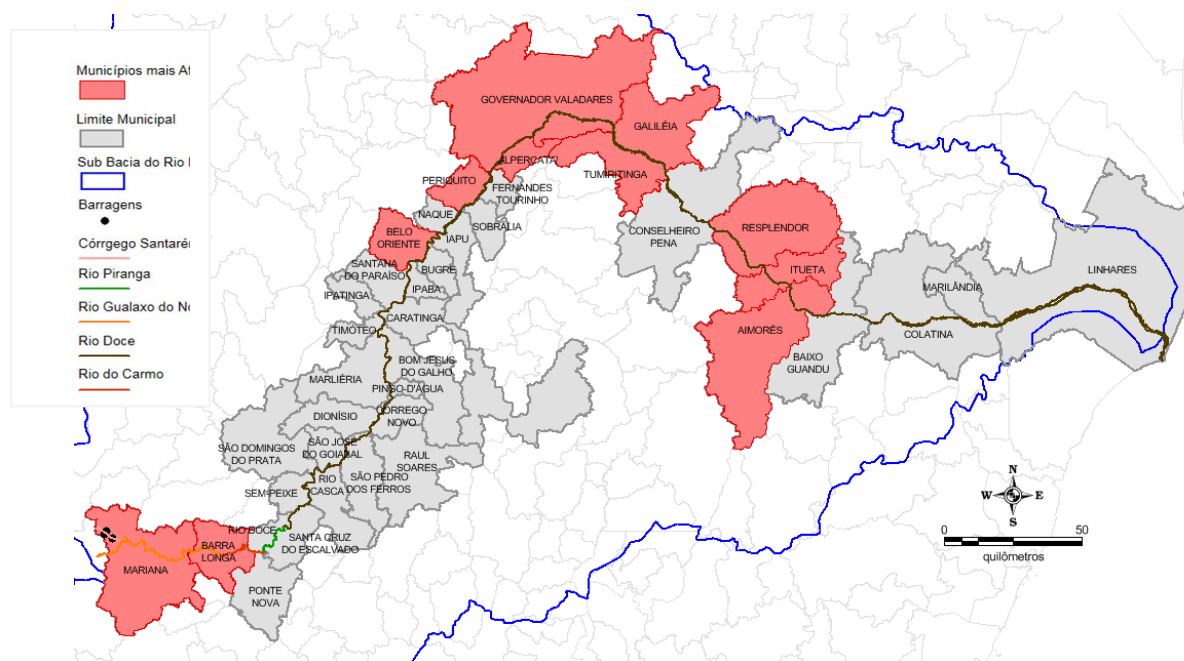
Tabela 3- Municípios que apresentaram comprometimento no abastecimento de água.

	Município	População IBGE (2010)	Operador Sistema
	MG		
Montante 	Ipaba	16.708	COPASA
	Belo Oriente - Distrito de Perpetuo Socorro	8.823	Prefeitura
	Periquito - Distrito de Pedra Corrida	2.407	COPASA
	Alpercata	7.172	COPASA
	Governador Valadares	262.238	SAAE
	Tumiritinga	6.293	COPASA
	Galiléia	6.951	Prefeitura
	Conselheiro Pena	22.242	Prefeitura
	Resplendor	17.089	COPASA
	Itueta	5.830	COPASA
	Itueta - Distrito de Quatituba	2.604	COPASA
	Aimorés - Distrito de Sto. Antônio do Rio Doce	1.513	SAAE
	ES		
Jusante	Baixo Guandu	29.081	SAAE
	Colatina	111.788	SANEAR
		500.739	

Fonte: (MPF, 2016)

Na avaliação da Superintendência de Vigilância da Secretaria Estadual de Saúde /MG, Mariana e Barra Longa (figura 9) foram os municípios mineiros que apresentaram os maiores danos humanos e de infraestrutura de saúde na microrregião, relacionados ao desastre. Em relação a macrorregião os municípios apresentados na tabela 4, ambos suspenderam o serviço de abastecimento e distribuição de água à população temporariamente (MPF_A, 2016) e também são considerados entre os mais afetados pela SES (figura 9). No estado do Espírito Santo, os Municípios de Colatina e Baixo Guandu sofreram total interrupção na distribuição de água captada do rio Doce. Passados os primeiros dias/meses, verificou-se o decaimento do parâmetro, no entanto, variações durante os períodos chuvosos foram aferidas (IGAM, 2018), comprometendo significativamente a qualidade da água bruta do manancial e consequentemente a segurança da água para consumo humano (RAMBOLL, 2020).

Figura 9 - Municípios mais afetados na avaliação da Superintendência de Vigilância da SES/MG



Fonte: Fiocruz Minas, 2016

5.1.3 Problemas de saúde, doenças e agravos

Ao longo do primeiro ano após o desastre, uma série de problemas de saúde decorrentes do consumo da água do rio Doce foram relatados nos municípios de Mariana, Barra Longa,

Governador Valadares (MG), Periquito (MG), Ipaba e Belo Oriente (MG), Colatina (ES), Baixo Guandu (ES), São Mateus/ES (Barra Nova) (FERNANDES, 2019). No município de Colatina, por exemplo, a Coordenação de Saúde do Hospital Sílvio Avídeos aferiu um significativo aumento de entrada de pacientes relatando dores abdominais, diarreias, náuseas, vômitos e perturbações cutâneas (MPF, 2016), sugerindo efeitos à saúde relacionados ao consumo da água captada do rio Doce

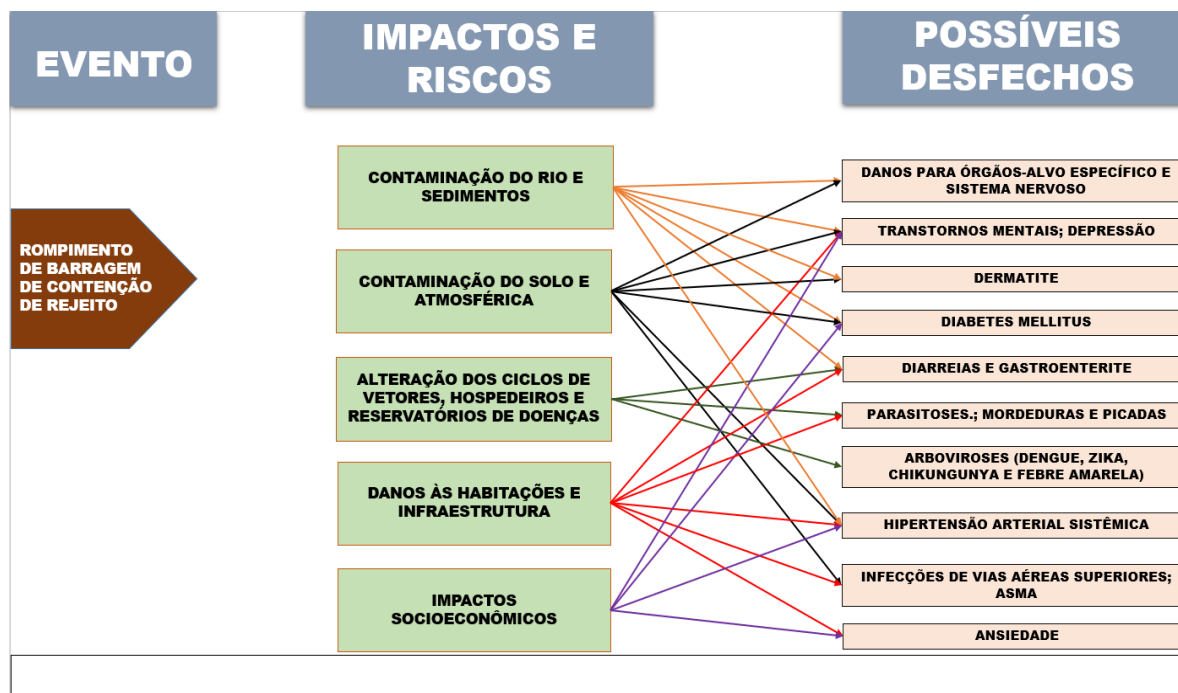
Não obstante, a região do Rio Doce, afetada pelo desastre, sofreu nos meses seguinte da ocorrência de surto de dengue, zika e chikungunya e febre amarela, segundo especialistas, a degradação ambiental é um importante componente no recrudescimento dos casos. Para a secretaria de saúde do Estado de Minas gerais (SES_MG), de acordo com o veiculado na mídia nacional, destaca-se três fatores que se sobrepõem no tempo e no espaço para o aumento do número de casos: armazenamento de água de maneira inadequada; ausência de protocolo de acompanhamento e atendimento; baixos índices de imunização.

Já em relação aos danos à saúde humana, diversos problemas, decorrente das modificações das condições socioeconômicas e ambientais, foram registrados. Mariana e Barra Longa foram os municípios que apresentaram os maiores danos. Neste último, identificou-se que houve o aumento de 1.000% na procura por atendimento médico, naquele momento já era constantes as reclamações da poeira nos locais mais atingidos, após ter secado o rejeito depositado na região (G1_MG, 2016).

No município de Mariana, Neves e Roque (2018), conduziram pesquisa sobre saúde mental dois anos após o evento e entrevistou 271 atingidos pelo rompimento da barragem da Samarco. Concluiu-se que 12% dos afetados pelo desastre sofrem de estresse pós-traumático. Entre as crianças e adolescentes, o índice é maior, chegando a 83%. Outros problemas relacionados a atenção psicossocial (uso de álcool e drogas, tentativas de autoextermínio, uso de medicamento, depressão e tensão pós-traumática) também foram registrados no estudo.

Em Barra Longa, município quase dez vezes menor que Mariana em população, que não recebe compensações financeiras da mineração e que tinha o sistema de saúde local em condições vulneráveis, o desastre teve como afetados a quase totalidade dos habitantes urbanos e impactou acentuadamente as suas condições de vida e saúde. Na figura 10 correlacionamos as principais modificações socioambientais e os possíveis desfechos de saúde relacionados à situação ambiental.

Figura 10 – Desfechos negativos à saúde registrados no município de Barra Longa.



Fonte: (FREITAS, BARCELLOS, et al 2019)

Em relação aos habitantes de Barra Longa, a equipe de campo do EPI_SUS - Ministério da Saúde- realizou um rastreamento descritivo seccional, em julho de 2016, 8 meses após o desastre. O Estudo apontou um aumento significativo de manifestação clínicas de Infecção nas Vias Aéreas Superiores (IVAS), parasitoses e diarreias, dengue, hipertensão sanguínea e diabetes, quando comparado aos anos anteriores ao desastre. Conclui-se que os problemas de saúde identificados, principalmente IVAS, Dengue e transtornos psicossociais, podem estar relacionados ao desastre, encontrando associação positiva quando comparados as áreas afetadas com áreas não afetadas. Os agravos apresentaram significância estatística em relação as duas áreas avaliadas, e denotam aumento de 70% para insônia, 60% maior para dor muscular, irritabilidade 80%, e 290% de casos de Dengue.

Em outro estudo realizada também no município de Barra Longa, o Instituto Saúde e Sustentabilidade (2017) desenvolveu pesquisa exploratória transversal e descritiva com a finalidade de rastrear a situação de saúde da população residente na área urbana e rural (comunidades de Gesteira e Barreto). A pesquisa conclui que os sintomas neurológicos são os mais prevalentes, aferido em 45% da população investigada, seguidos por sintomas respiratório (42,2%), osteoarticulares (39,3%), gástricos (37,3%) e dérmico (33,9%). A amostragem incluiu 507 indivíduos entrevistados por meio de questionário estruturado de auto avaliação de saúde.

Os resultados apontam, que entre os participantes, 37% deles alegaram piora na saúde após o desastre. Dentre os problemas relatados, queixas ligadas ao sistema respiratório foram as mais frequente (40% para a população em geral e, na faixa etária infantil de 0 a 13 anos, o índice alcançou 60%); 15,8% de aumento em casos de afecções de pele; 11% transtornos mentais e comportamentais; 6,8% doenças infecciosas; 6,3% doenças de olho; e 3,1% problemas gástricos e intestinais. Em relação aos sintomas emocionais, 83,4% dos participantes alegaram comprometimento após o desastre, a insônia foi o desfecho mais frequente na população amostrada, 36,9% dos adultos e 19% das crianças entre 6 a 13 anos relataram sofrer deste distúrbio; preocupação ou tensão foram relatados por 21,7%.

São muitos os casos semelhantes apresentados ao longo da Bacia do Rio Doce, além da poluição ambiental, ocorreram perdas de recursos de suporte às diferentes formas de vida - redução dos recursos pesqueiros, recursos hídricos poluídos, produção agrícola impactadas, geração de energia hidrelétrica interrompida, e impacto sobre os ciclos de produção de matérias-primas (FERNANDES, GOULART, et al 2016). As ameaças às comunidades ribeirinhas são particularmente críticas, pois são populações vulneráveis do ponto de vista econômico e habitantes de áreas remotas desprovidas de serviço público e dependente da agricultura de subsistência e pesca; devido ao seu modo de vida, estarão provavelmente mais vulneráveis e exposta a situações deletérias à saúde (mental, física e biológica) no longo prazo.

5.1.4 Impactos socioeconômicos

O desastre não só envolveu danos humano, ambientais e sobre a infraestrutura, mas também repercutiu sobre perdas de receitas municipais, que se reflete na capacidade de oferta dos serviços essenciais como a saúde, educação, saneamento, entre outros. Mariana e os municípios do entorno apresentaram retração na base tributária após a abrupta paralisação da atividade de mineração da empresa Samarco, ocasionando impactos diretos sobre a economia regional. No município de Mariana, o sistema econômico era pouco diversificado e “minério-dependente” (95% da atividade econômica estava baseada em extração de minério de ferro ou em sua economia periférica), após o desastre a retração da receita municipal representou 80% (SEDRU, 2016).

O Laudo n.º 2758/2016 – NUCRIM/SETEC/SR/PF/SP (fls. 3381/3513 do IPL n.º 1843/2015) atestou que o rompimento da Barragem do Fundão provocou impactos em 195

propriedades rurais no estado de Minas Gerais, 25 foram quase completamente devastadas, com 75,01% a 100% de suas áreas atingidas. As localidades mais afetadas pelo extravasamento do rejeito, que se tornaram impróprias para ocupação humana, foram os distritos e subdistritos de Mariana, como Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo, Camargos, Águas Claras, Pedras, Campina Barreto, Gesteira, Ponte da Gama e o Município de Barra Longa, onde famílias foram desalojadas. Somente em Mariana, foram destruídas 349 unidades habitacionais além de diferentes equipamentos públicos. No Município de Barra Longa/MG, contabilizaram-se danos a 133 unidades habitacionais (MPF_A, 2016).

Freitas, Barcellos *et al* (2019) salientam para o risco de interrupção da cadeia econômica formada por pequenas e médias empresas que gravitam entorno da prestação de serviços à mineração. Esses processos afetam populações e territórios de modo mais amplo e sistêmico, gerando impactos sobre as condições de vida e situações de saúde (tensões, depressões, inseguranças, ampliação e agravamento das doenças crônicas como as reportadas no caso de Barra de Longa) com elevação dos problemas e necessidades de saúde, exigindo maiores investimentos financeiros para a ampliação dos serviços, exatamente quando as receitas tendem a diminuir ao longo do tempo.

Em algumas localidades o risco de impacto econômico sistêmico pode não ter sido ainda estimado com precisão. Segundo o MPF (2016), graves prejuízos estão relacionados ao comprometimento no fornecimento de água para consumo de animais de criação; irrigação de campos de produção agrícolas; prejuízos econômicos sobre as indústrias extrativistas (economia pesqueira, na extração de areia) e no turismo.

Além de perda de produtividade das propriedades, do acesso a renda e de bens de uso coletivo. Temos também danos imateriais, como a perda de padrões de organização social, identidade coletiva, vínculos de vizinhança e comunitários, como as diversas práticas culturais que configuram os modos de vida (RAMBOLL, 2018). Alguns desses grupos são comunidades tradicionais, como Quilombolas, Pomeranos, Areeiros, Faiscadores, Pescadores, enquanto outros são remanescentes e representantes legítimos de comunidades indígenas da região: Krenak, Tupiniquim e Aymorés (AIRESA, SANTOS, et al 2018).

Concluindo, há de se considerar que para além dos trabalhadores e comunidades atingidas diretamente, há centenas de formas de usos e ocupação dependentes dos recursos ecossistêmicos, tornando difícil separar quem é ou não exposto (FREITAS, SILVA, 2019). E, entre esses, há ainda a exposição combinadas de fatores de riscos à saúde, favorecendo a

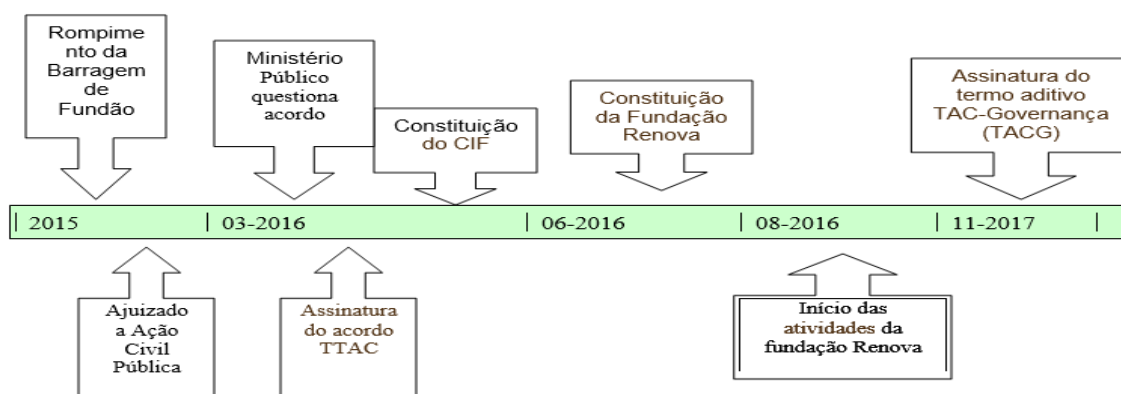
modificação dos padrões esperados de morbimortalidade (FREITAS, SILVA, MENEZES, 2016; FREITAS, BARCELLOS, et al 2019; (SILVA, FREITAS, et al 2020). Para além dos efeitos imediatos, há a sobreposição de riscos, danos e doenças que se somam no tempo e se estendem no espaço, independentemente da existência confirmada denexo de causalidade entre uma exposição ambiental e um determinado efeito verificável, uma vez que considera a exposição a substâncias químicas como um risco adicional à saúde das pessoas (Capítulo I).

Nesse sentido, o desastre lesou direitos fundamentais das populações afetadas, especialmente se considerarmos que a recuperação das condições ambientais poderá demorar décadas para se concretizar. Este é o mais grave registro de rompimento de barragens de rejeito de mineração ocorrido no mundo. Seus efeitos, apesar de apresentar maior intensidade no curto prazo, se prolongam no tempo e promovem riscos adicionais à saúde da população em uma escala desconhecida inicialmente, assim como apresentaremos no Capítulo 4.

5.1.5 Respostas institucionais ao caso Samarco (2015)

Após o desastre, diversas medidas na esfera judicial e extrajudicial foram adotadas em face dos empreendedores responsáveis (figura 11), incluindo a celebração do termo de ajustamento de conduta (TAC), instituído por uma ação civil pública (ACP), assinados com Ministério Público Federal (MPF) e Ministério Público Estadual de Minas Gerais (MPE/MG). Naquele momento, não havia dúvida naquele momento, de que a Samarco, como operadora da Barragem de Fundão, era a poluidora direta e a principal responsável pela reparação integral do dano ambiental causado (ADAMS, PAVAN, ET AL 2019). Ocorre, que a partir da inspeção técnica do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM), comprovou-se que a Vale S.A também usava a barragem de Fundão para despejar seus rejeitos proveniente da mina Alegria, atividade minerária próxima ao complexo de Germano (BRASIL, 2016). Esse fato foi decisivo para caracterizar a empresa Vale como poluidora direta. Ainda assim, a ACP, incluiu tanto a Vale quanto a BHP, na qualidade de controladoras da companhia SAMARCO, como poluidoras indiretas, figurando corresponsabilidade solidária pelo adimplemento da obrigação de integral reparação dos danos.

Figura 11- Linha do tempo - caso Samarco



O ajuizamento da ACP foi uma medida criada para atender demandas emergenciais das comunidades atingidas e, da mesma forma, criou condições judiciais para a construção de uma solução estruturante definitiva.

Considerando-se a complexidade do caso percebeu-se que a ACP demandaria uma tramitação judicial muito cuidadosa, detalhada e, por conseguinte lenta, o que não era uma boa alternativa para as comunidades e os autores que tinham urgência em dar uma resposta à sociedade e responder as milhares de ações individuais que foram movidas pelos que tiveram perdas materiais e imateriais (ROLAND, 2018). Além disso, a petição inicial do processo não abrangia todos os pontos que mereciam uma análise judicial.

As soluções de enfrentamento da situação deveriam envolver, simultaneamente, distintas perspectivas, dinâmicas e visões de conhecimento, não podendo limitar-se a mentalidade analítica tradicional (DE MARCHIA, RAVETZ, 1999) e fragmentada (BRIGGS, 2018). E é exatamente isso que não ocorreu.

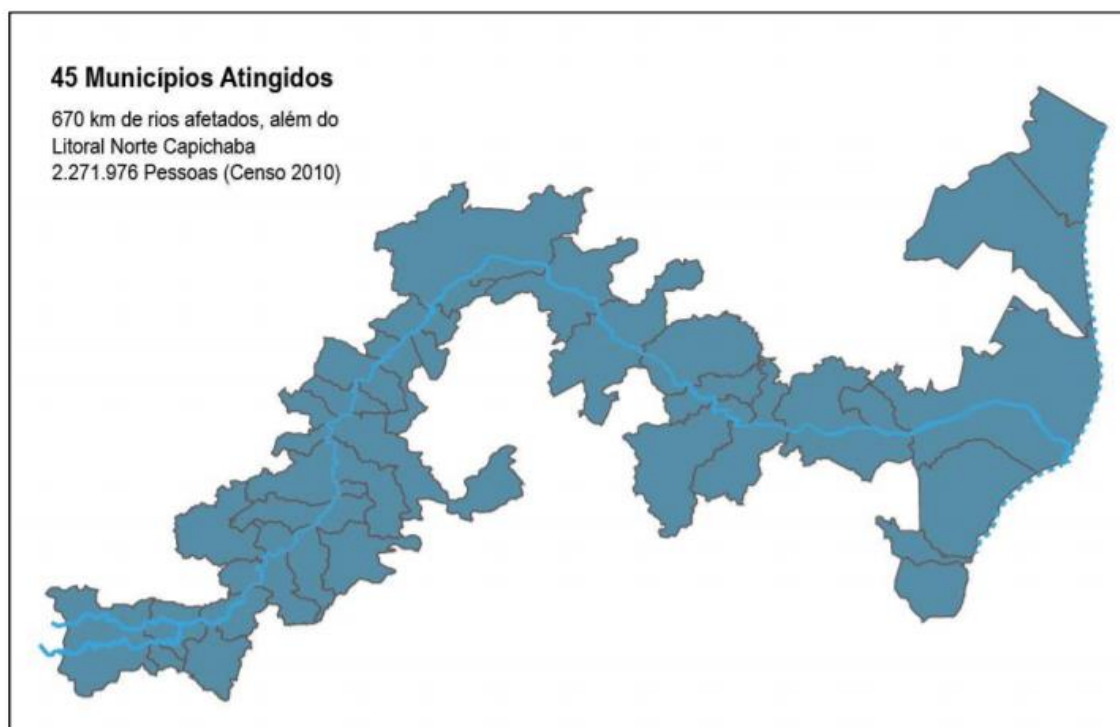
Em março de 2016, os governos federal e estadual, em conjunto com diversos órgãos governamentais, a Samarco e seus acionistas assinaram o Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta - TTAC, em 02 de março de 2016, entre os compromitentes: atores governamentais do executivo, judiciário e acionistas: SAMARCO MINERAÇÃO S.A., VALE, BHP Billiton Brasil Ltda (61). O acordo considera que o “*rompimento causou impactos à população, incluindo mortes, desaparecimentos, danos físicos; à saúde e ao patrimônio público e privado*” e “*trouxe consequências ambientais e sociais (...) nos estados de Minas Gerais e Espírito santo, além de impactos a regiões estuarinas do Rio Doce e regiões costeiras e marinha*”. A criação

de uma Fundação, denominada Renova, foi a solução institucional adotada visando a necessária agilidade para receber recursos financeiros e efetuar despesas na operacionalização de 42 programas de mitigação, compensação, reparação e indenização.

Os 42 programas de reparação e mitigação foram reunidos em duas principais frentes de trabalho, uma socioeconômica (23) e outra socioambiental(19). Dos 19 programas socioambientais, como aponta o TTAC na Cláusula 145, parágrafo único, foram divididos em 8 eixos: (i) Gestão dos Rejeitos, Recuperação e Melhoria da Qualidade da Água; (ii) Restauração Florestal e Produção de Água; (iii) Conservação da Biodiversidade; (iv) Segurança Hídrica e Qualidade da Água; (v) Educação, Comunicação e Informação; (vi) Preservação e Segurança Ambiental; (vii) Gestão e Uso Sustentável da Terra; e (viii) Gerenciamento do Plano de Ações. Já os 23 programas socioeconômicos, como indica a Cláusula 18 do TTAC, são subdivididos em sete eixos: i) Organização Social; ii) Infraestrutura; iii) Educação, Cultura e Lazer; iv) Saúde; v) Inovação; vi) Economia; e vii) Gerenciamento do Plano de Ações.

É pertinente aos programas destacados levarem em consideração a área de abrangência identificada no inciso VI, da cláusula I, que abrange as “*comunidades adjacentes à Calha do Rio Doce, Rio do Carmo, Rio Gualaxo do Norte e Córrego Santarém e áreas estuarinas, costeira e marinha impactada*” (figura 12). Essa descrição é detalhada nos dois incisos seguintes, VII e VIII, abarcando inicialmente 41 municípios nas duas unidades da federal atingidas, respectivamente, os municípios de MG “Mariana, Barra Longa, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, Rio Casca, Sem-Peixe, São Pedro dos Ferros, São Domingos do Prata, São José do Goiabal, Raul Soares, Dionísio, Córrego Novo, Pingo-D'Água, Marliéria, Bom Jesus do Galho, Timóteo, Caratinga, Ipatinga, Santana do Paraíso, Ipaba, Belo Oriente, Bugre, Iapu, Naque, Periquito, Sobrália, Fernandes Tourinho Alpercata, Governador Valadares, Tumiritinga, Galiléia, Conselheiro Pena, Resplendor, Itueta e Aimorés” e os municípios do ES “Baixo Guandu, Colatina, Barra do Riacho em Aracruz, Marilândia e Unhães”. Essa questão inclusive foi objeto de divergência entre CIF e Renova a partir das deliberações números 58 e 93 (CIF, 2017; CIF_A, 2017), que buscam reconhecer novas comunidades “atingidas” principalmente na região da foz do Rio Doce, considerando-se posteriormente o total de 45 municípios atingidos e cabíveis de serem submetidos a reparação e mitigação (figura 12).

Figura 12 – Área de abrangência dos 42 programas socioeconômico e socioambiental



Fonte: (FGV, 2019)

Atendendo ao TTAC, a Fundação Renova, se tornou a principal representante da Samarco e de suas controladoras Vale e BHP na reparação dos danos sociais, ambientais e econômicos. A Fundação Renova¹⁵ - uma fundação privada- foi instituída pensada em um modelo gestão compartilhada por uma Diretoria Executiva, que responderia a uma Assembleia de Governadores, um Conselho Consultivo e um Conselho Fiscal; o monitoramento e controle externos ficaram sob a responsabilidade de Auditores escolhidos pela Fundação, um Painel

¹⁵ Fundação de direito privado, instituída e garantida pelas três empresas, com gestão inteiramente privada, independente e transparente, ficou então, responsável pela execução, direta ou indireta, das medidas, ações e programas compensatórios e reparatórios, todos sujeitos a auditoria externa independente e à fiscalização dos órgãos e públicos e da sociedade civil. A Renova é uma pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, com autonomia administrativa, patrimonial, financeira e operacional, criada para ser o braço executivo das empresas mineradoras que não possuem a expertise necessária para recuperar os impactos causados pelo rompimento da barragem (ADAMS, PAVAN, *et al.*, 2019).

Consultivo de Peritos e o Comitê Interfederativo (CIF), órgão formado por representantes de Órgãos Públicos (MILANEZ, ALI e DE OLIVEIRA, 2021).

Tendo em vista que o TTAC foi assinado em 2 de março de 2016 e homologado em 5 de maio de 2016 pela Justiça Federal. O tempo expedido de apenas três meses não seria suficiente para que se pudesse caracterizar, com precisão, a real dimensão dos danos ambientais e socioeconômicos produzidos pelo desastre, as partes signatárias optaram por redigir um TTAC com cláusulas genéricas e indeterminadas (MACHADO, DOWBOR, AMARAL, 2020).

Vitti (2019) chama atenção que da forma que ocorreu o acordo, o TAC enquanto instrumento aponta o que fazer de forma a efetivar compromisso dos obrigados a realizar o ajustamento de sua conduta ou de dano causado, e quem pode realizá-lo, ainda que não haja consenso jurídico de quais são os órgãos legitimados. Contudo, não define especificamente como esse processo deve ser conduzido e realizado, permitindo à Fundação Renova (órgão legitimado), que avalie as especificidades do caso, garantindo aos detentores do fundo público criado para a reparação uma certa flexibilidade na sua aplicação.

Assim, o TTCA definiu a Fundação Renova como o órgão central de atuação na área impactada. A Renova ficou responsável pela execução de “medidas de recuperação, mitigação, remediação e reparação, incluindo o pagamento de indenizações” (MILANEZ, ALI e DE OLIVEIRA, 2021) O arranjo institucional levou com que os fundos compensatórios e reparatórios (R\$ 7,9 bilhões gastos até 2019 e provisionado R\$ 12,2 bilhões para desembolsos futuros (SAMARCO MINERADORA S.A, 2019) ficassem. “sob total controle” da empresa e com “deplorável falta de transparência” e participação das comunidades atingidas no processo de negociação (apud United NationsHumanRights,2016 (HELLER, 2019)).

Não obstante, o acordo foi firmado sem que existisse esforço de pesquisa suficiente para a caracterização da real dimensão dos danos e impactos. Em relação as cláusulas genéricas e indeterminadas, possibilitou à Fundação uma predileção de execução financeira aos programas socioeconômicos de natureza reparatória em detrimento aos demais programas. Não obstante, estabeleceu uma quantia fixa para dispêndio com medidas de natureza compensatória (incluindo saúde) de R\$ 240 milhões anuais, ainda que as necessidades se revelem maiores. O TTAC ainda determinou 15 anos para conclusão de todas as ações de mitigação (MACHADO, DOWBOR, AMARAL, 2020), sem que considere no processo que os efeitos da exposição podem favorecer desfechos negativos à saúde e à sociedade mesmo após o período determinado.

Milanez, Ali E De Oliveira (2021) alertam sobre a celeridade do acordo. O TTAC foi firmado por duas partes que queriam uma solução rápida para o problema. De um lado, buscou-se o indeferimento de 46 ações movidas contra a Samarco, algumas vezes incluindo Vale e BHP, e por outro, buscou-se preservar a reputação corporativa. As mineradoras tinham pressa em “limpar” seus nomes; quanto mais cedo as soluções aparecessem, melhor.

Assim, a Fundação Renova se tornou responsável por gerir todas as informações e decisões do ponto de vista ambiental, social e econômico. Apesar de haver participação de componente governamental (fiscalizatório) e das empresas responsáveis, essa última possuía um poder desproporcional para influenciar as decisões (ADAMS, PAVAN, ET AL 2019). Conferindo à empresa e sua “subsidiária” autonomia na celebração de acordos extrajudiciais e na definição de quem é ou não “atingido” (MILANEZ, MAGNO, PINTO, 2019) e de qual metodologia científica aplicar na avaliação dos danos.

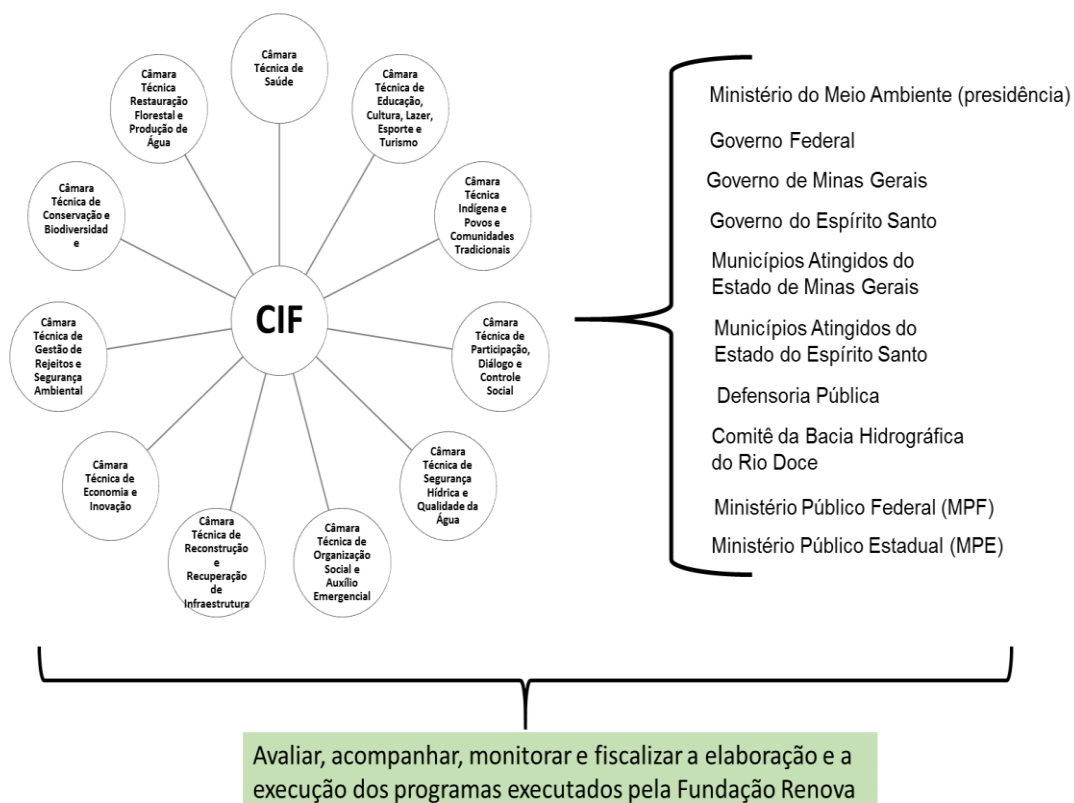
Devido a notória necessidade de fiscalizar e monitorar a execução dos programas, foi instituído o Comitê Interfederativo (CIF) como instância de interlocução permanente com a Renova. O CIF realiza monitoramento, acompanhamento e fiscalização dos resultados, sem prejuízo das competências legais dos entes federativos. O CIF, como instrumento de aprimoramento do sistema de governança previsto no TTAC agrega atribuição ao processo de tomada de decisão a representação do poder público como responsável pelo acompanhamento.

O CIF por sua vez, por meio da Deliberação CIF no 07, de 11 de julho de 2016, define a criação de 10 Câmaras Técnicas (CT) (figura 13), com a função de assessoramento e consulta ao CIF no desempenho de sua finalidade de orientar, acompanhar, monitorar e fiscalizar a execução das medidas impostas no TTAC. Cada Câmara Técnica é responsável por um conjunto de programas similares. Desse modo, foram constituídas quatro câmaras técnicas que agregam os programas socioambientais — Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental; Restauração Florestal e Produção de Água; Conservação e Biodiversidade; Segurança Hídrica e Qualidade Água — e sete câmaras técnicas que agregam os programas socioeconômicos — Organização Social e Auxílio Emergencial; Indígenas Povos e Comunidades Tradicionais; Participação Diálogo e Controle Social; Educação, Cultura, Lazer e Turismo; Saúde; Economia e Inovação; Reconstrução e Recuperação de Infraestrutura.

É necessário chamar atenção para falta de zelo e possivelmente incoerência do processo de recuperação ao desastre. Inicialmente a Saúde não apresentava câmara técnica específica para as tratativas, direcionamento e consulta para os assuntos de interesse à saúde e ao Sistema

Único de Saúde (SUS) dos territórios afetados. Apenas em maio de 2017 houve o desmembramento da CT de Saúde, Educação, Cultura e Lazer, instituída pelo artigo 2º, inciso VII, da Deliberação do CIF nº 07, de 11 de julho de 2017, e foi estabelecido a Câmara Técnica de Saúde (CT-Saúde). A CT-saúde, como órgão consultivo do CIF, visa responder as demandas de ações de saúde na população impactada e a alta especificidade das estratégias de saúde a serem adotadas junto a essa população.

Figura 13 – Sistema CIF- Comitê Interfederativo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Zorzal apud (MILANEZ, ALI, DE OLIVEIRA, 2021) defende que apesar do sistema CIF apresentar uma estrutura plural e dinâmica, a morosidade do processo chama atenção. Para iniciar qualquer iniciativa de recuperação, a Fundação Renova teve que produzir um estudo ou um projeto, que foi submetido ao CIF. Em seguida, o CIF encaminharia a minuta do documento para a câmara técnica de interesse, que avaliaria o laudo e recomendaria sua aprovação ou exigiria ajustes necessários. Caso fossem solicitados ajustes, a Renova corrigia o projeto e o apresentava novamente ao CIF. O mesmo relatório ou projeto pode ser avaliado várias vezes até ser finalmente aprovado ou reprovado. Considerando que o CIF e as câmaras técnicas

apresentavam agendas de reuniões mensais, um único projeto poderia ser discutido por meses antes de ser implementado. Como resultado, o argumento da “eficiência” esperado pela gestão do caso provou ser falso e todo o sistema de governança foi questionado.

A estratégia utilizada para as negociações em torno da reparação dos danos do desastre da Samarco, incluindo indenizações e multas, envolveram muitas etapas se mostrando falho e moroso, resultando em um desfecho duvidoso. Tendo sido amplamente apontada “a tática de utilizar o tempo para apagar os rastros da tragédia” (HELLER, 2019).

Outra crítica ao acordo é a falta de participação das comunidades na estrutura deliberativa e consultiva da Fundação Renova. O Ministério Público Federal (MPF) questionou a ausência ao Supremo Tribunal Federal que decidiu suspender o acordo. Apesar da suspensão, governo e empresas agiram como se o acordo fosse válido. A falta de participação e controle das comunidades, os principais interessados no processo, refletiu na tomada de decisão. Entre todos os conselhos e agências de monitoramento instaurados, as comunidades impactadas tinham assento apenas no Conselho Consultivo, que tinha apenas uma função consultiva e ainda apresentava relação desproporcional em relação ao número de atingidos, de um total de 15 conselheiros, apenas 5 eram atingidos (MILANEZ, ALI, DE OLIVEIRA, 2021).

Em relação a quantidade desproporcional de poder dada à Fundação e, conseqüentemente, às empresas responsáveis pelo rompimento da barragem, Coelho, Milanez e Pinto (2016) e Losekann e Milanez (2018) tecem importantes críticas a respeito do acordo:

- Em sua composição originalmente prevista no TTAC, não há previsão de participação dos atingidos.
- Ao mesmo tempo, a fundação, no campo ambiental, ficou encarregada de realizar ou contratar os estudos referentes a contaminação causada pelo desastre, gerando uma série de incerteza em relação a metodologia e escolhas dos locais.
- Do ponto de vista social, ela se tornou responsável por identificar os atingidos e definir critérios de compensação, uma vez que lhe caberá definir a elegibilidade e os parâmetros de indenização aos atingidos.
- Faz uma série de exigências burocráticas que dificilmente serão atendidas por pessoas que tiveram sua moradia destruída e, conseqüentemente, perderam todos os documentos que possuíam. Embora seja feita uma ressalva para “casos

excepcionais”, o Acordo transfere à Fundação o poder de decidir se outras formas de comprovação serão aceitas ou não.

- Chama a atenção o caráter de afastamento do Estado no atendimento aos atingidos. Nesse sentido, o TTAC define que devem “ser previstos mecanismos que assegurem uma negociação justa, rápida, simples e transparente, a qual poderá ser acompanhada pelo PODER PÚBLICO”. No entanto, o documento indica que a negociação se dará diretamente entre a Fundação e as pessoas atingidas, em esfera individual, sem garantias da mediação de agentes públicos.

Em resumo, MILANEZ, ALI, DE OLIVEIRA (2021) defendem que: o TTCA criou um modelo de governança que deu poder desproporcional às mineradoras, limitou a participação das comunidades impactadas e aumentou consideravelmente a burocracia. A combinação desses aspectos contribuiu para a falta de resultados concretos. Como resultado, foram propostas mudanças institucionais, principalmente para aumentar a voz das pessoas impactadas. Essa pressão convergiu para que o MPF se traduziu em um novo conjunto de acordos.

Como consequência, diante dos vícios do TTAC, cerca de 10 meses mais tarde, em novembro de 2017, foi assinado um Termo Aditivo ao TAC, chamado informalmente de TAC de Governança (TACG). O novo acordo visa reestruturar o sistema institucional criado e torná-lo mais negociado.

A nova estrutura assegura as funções do Comitê Inter Federativo anteriormente prevista de interlocução permanente com a Fundação Renova e responsabilidade de acompanhar, monitorar e fiscalizar a condução e os resultados dos 42 programas. Na revisão, também está prevista a inclusão de dois novos membros no Conselho de Curadores da Fundação Renova, que serão indicados pelas comunidades impactadas.

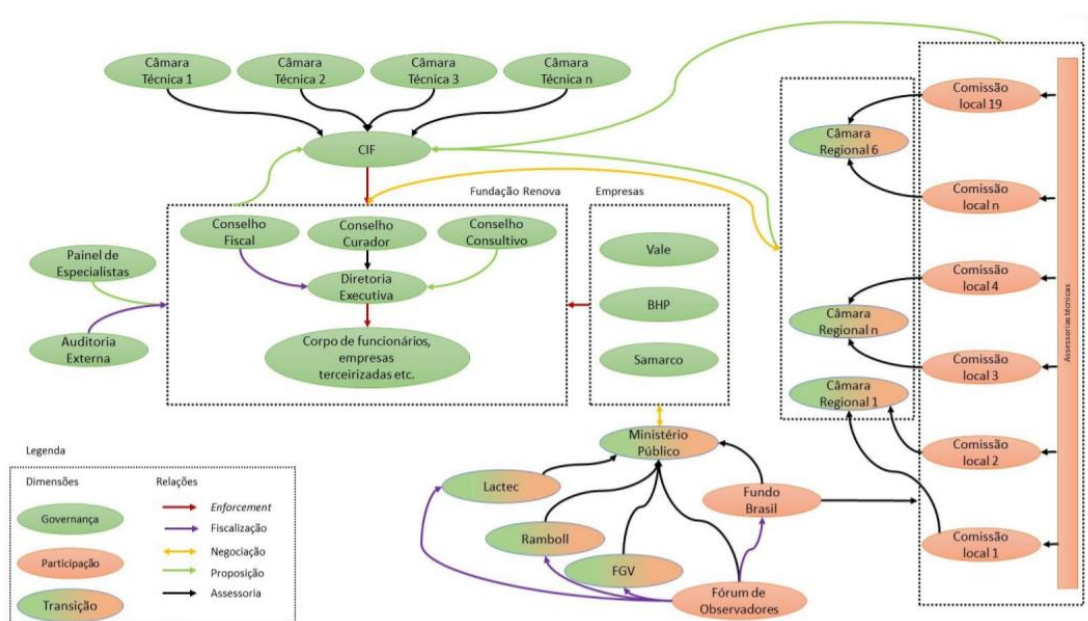
Dessa forma, com as modificações da estrutura de governança, apesar de vigorar a participação dos agentes privados através da Fundação Renova e do controle governamental já estabelecido anteriormente, cria a possibilidade de participação dos atingidos na diretoria executiva da Renova (instancia decisória) e através do comitê Inter federativo, atuando como instancia de fiscalização e controle (figura 16).

Através da imposição do Ministério Público e a Defensoria Pública foi proposto constituição de mecanismos de participação social dos atingidos. Assim, foi constituído Câmaras Locais (figura 14) de participação da sociedade civil das instancias de decisão do CIF

e, por conseguinte, a participação indireta das câmaras regionais com voz nas instancias de decisão da Fundação Renova. O novo arranjo possibilitou aos principais interessados, os atingidos, de forma institucionalizada, a participação e monitoramento das ações de mitigação, compensação e reparação geridas pelos programas socioeconômicos e ambientais desenvolvidos pela Fundação Renova.

Além do espaço institucional criado, fica assegurada, às pessoas atingidas, a possibilidade de contar com o apoio de assessores técnicos para o acompanhamento e/ou comparecimento nas instâncias ou momentos de deliberação e debate que entenderem pertinentes. Também foi criada uma estância de diálogo com as ações do ministério público, através do Fórum de Observadores, assegurando voz nas audiências públicas, acompanhamento e diagnóstico da situação socioeconômico e ambiental (figura 14).

Figura 14 - estruturas de governança TAC-gov.



Fonte: reproduzido de (LOSEKANN, MILANEZ, 2018)

Ao mesmo tempo, com a finalidade de haver um controle externo à Fundação Renova, foram contratados atores para assessorar o Ministério Público para a tomada de decisão (figura 13), sendo eles: a Fundação Getúlio Vargas ficaria responsável por realizar o diagnóstico social das áreas impactadas; instituto Lactec, responsável pelo diagnóstico

socioambiental; e a Ramboll responsável por monitorar os programas de reparação socioambiental e socioeconômico.

Em termos gerais, ao longo do processo, avaliou-se que o TACG apresentou pequenos avanços quando comparado ao TTAC, particularmente em relação à criação das assessorias técnicas aos grupos atingidos. Por outro lado, a institucionalização da participação, proposta como forma a contrabalancear a dimensão de governança do TTAC, demonstra ganhos muito restritos para as pessoas atingidas. Em síntese, do ponto de vista institucional, a estrutura de governança para remediação dos impactos relacionados ao rompimento da Barragem de Fundão foi produto de um método de tentativa e erro, que consumiu mais de quatro anos de negociação, disputa e pressão (MILANEZ, ALI, DE OLIVEIRA, 2021).

Losekann e Milanez (2018) defendem que O TACG apresentou uma série de ambiguidades interpretativas, além disso, não é claro sobre as funções dos atores envolvidos no processo e a quem deveria recorrer em caso de não cumprimento das cláusulas; apresentou-se como um texto complexo demais com uma estrutura extremamente intrincada, fato que dificulta a compreensão, o repasse de informações, e a avaliação de seu funcionamento. A justificativa adotada pelo MP é de que não seria possível ‘voltar à estaca zero’, onde não houvesse Fundação Renova ou CIF. Dentro dessa justificativa, para garantir o sistema de assessorias técnicas seria necessário embarcar na proposta de sistema de governança proposta. Nesse processo o TACG acaba por herdar uma série de vícios e fragilidades criados pelo TTAC.

Ainda mais grave, a implementação do acordo não possui nem cronograma nem método e a ausência de tais elementos pode comprometer significativamente os resultados a serem alcançados. Tais falhas aumentam ainda mais os desafios para a implementação de uma estrutura de governança (LOSEKANN, MILANEZ, 2018). Como resultado, a solução institucional criada ficou aquém do esperado e, em muitos casos, não atendeu às perspectivas das pessoas impactadas (MILANEZ, ALI e DE OLIVEIRA, 2021).

Por fim, devido aos recessivos erros e dificuldades de negociação e implementação dos programas de reparação e mitigação do desastre, a situação tornou-se tão insustentável que o Ministério Público solicitou a extinção definitiva da Fundação Renova em fevereiro de 2021, ainda a ser decidida pela Justiça. Na ação, o Ministério Público evidencia o desvio de finalidade da Fundação, que deveria executar as medidas de reparação e compensação dos danos socioeconômicos e socioambientais advindos do crime, estabelecidas no Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC) (PROCESSO N°: 5023635-78.2021.8.13.0024). Conforme

a ação, a Fundação vem atuado muito mais como um instrumento de limitação da responsabilidade das empresas mantenedoras do que como agente de efetiva reparação humana, social e ambiental.

5.2 O IMPACTOS DO DESASTRE TECNOLÓGICO DA VALE S.A.(2019)

No dia 25 de janeiro de 2019 ocorreu o rompimento da barragem I do complexo minerário córrego do Feijão. Construída em 1976 pela Ferteco Mineração, a barragem foi adquirida em 2001 pela Vale S.A. No momento do acidente, a estrutura possuía, entre barramento e rejeitos armazenados, aproximadamente 11.600.000 m³. Grande parte deste material foi lixiviado para o córrego Ribeirão Ferro-Carvão; formou ondas de rejeitos que avançou sobre trabalhadores, centro administrativo e um refeitório. Em seu caminho, encontrou as barragens de contenção de sedimentos B IV e B IV-A, que também se romperam (BRASIL, 2019). Registrou-se 270 óbitos, 131 (42%) eram trabalhadores diretos da Vale e os outros 177, classificados conjuntamente como terceirizados e comunitários (FREITAS, SILVA, 2019).

Este desastre é considerado o maior acidente ampliado já registrado no Brasil, quando considerado o número de trabalhadores vitimados, e o segundo do mundo envolvendo barragem de mineração (FREITAS, SILVA, 2019). A onda de lama de rejeito impactou, inicialmente, as comunidades localizadas no córrego do Feijão e em seguida o centro urbano do município de Brumadinho. O rejeito atingiu de forma direta e imediata população estimada em 3.485 pessoas e 1.090 domicílios. Apenas considerando o município de Brumadinho MG, estima-se, entre afetados diretos e indiretos, mais de 33 mil munícipes (ROMÃO, BARCELLOS, ET AL 2019).

Os danos foram assistidos de forma intensiva, ocorrendo degressivamente em relação à barragem; mas também foram extensivos, sendo registrados impactos ao longo de toda a bacia do Rio Paraopeba (SILVA, FREITAS, ET AL 2020). A pluma de rejeito atingiu a bacia do rio Paraopeba e seguiu em direção ao reservatório Hidroelétrico de Três Marias, um dos tributários da bacia do Rio São Francisco. São considerados atingidos 18 municípios, o que soma 1.165.667 pessoas expostas direta e indiretamente. Entre os territórios afetados, estima-se que há de 147 a 424 comunidades tradicionais (indígenas, quilombolas, silvicultores e pescadores artesanais) atingidas, quando consideradas, respectivamente, um raio de 500 e 1000 metros, numa extensão aproximada de 250 km (ROMÃO, FROES, ET AL 2019).

O evento resultou em intensivos danos humanos sobre a comunidade de trabalhadores e população civil e extensivos impactos socioambientais à jusante da mineradora, ameaçando os serviços ecossistêmicos e futuras gerações de milhares de residentes nas áreas afetadas.

5.2.1 Impactos ambientais e biológicos

Conforme levantamentos preliminares realizados pelos órgãos competentes e setores técnicos do Ministério público de Minas Gerais, o desastre causou severos danos ao longo de toda a Bacia do Rio Paraopeba. Os impactos ocorreram aos recursos hídricos, à flora, à fauna, ao ar, ao solo, ao patrimônio cultural (material e imaterial) da Bacia do Rio Paraopeba; gerou prejuízos incalculáveis e de difícil gestão (COMISSÃO PARLAMENTAR DE INQUÉRITO, 2019).

Entre as alterações ambientais estão aquelas associadas à supressão de fragmentos florestais e a sobreposição das faixas marginais dos mananciais atingidos, fragmentou unidades de preservações e degradou a qualidade atmosférica; envolvendo, inclusive, a perda de habitat terrestre e aquático com influência negativa à flora e fauna. Segundo o órgão ambiental, a passagem da lama causou a destruição de 269,8 ha. Estima-se que foram subtraídos 133,27 ha de vegetação nativa de Mata Atlântica e 70,65 hectares de Áreas de Preservação Permanente (APP). Dos 269,8ha de área atingida diretamente pelos rejeitos, aproximadamente 218,1ha estão situados dentro da Zona de Amortecimento (ZA) do Parque Estadual Serra do Rola Moça (IBAMA, 2019).

No quadro 11, reproduzimos a caracterização química do rejeito da barragem realizada pelo Ministério da Saúde (2020). Os resultados apontam elevados teores de ferro e manganês em 100% das amostras. O parâmetro manganês chegou a ser registrado com valores de até 27 vezes o teor médio encontrados na região. Os parâmetros Cobre e Bário foram encontrados acima do preconizados pela legislação vigente, em 60% e 10%, respectivamente, das amostras.

Quadro 11 - Contaminantes de interesse segundo comparação com a Conama 420/2009.

Parâmetros Unidades	Alumínio (Al) mg/kg	Bário (Ba) mg/kg	Cobre (Cu) mg/kg	Ferro (Fe) mg/kg	Manganês (Mn) mg/kg	
Conama 420/2009 Valor de Prevenção	-	150	60	-	-	
Teor médio dos solos de Brumadinho*	30.126	71	45	64.726	512	
Amostras	1	5.215	56	11	93.827	2.859
	2	12.561	110	40	90.285	4.596
	3	9.506	106	61	118.304	6.878
	4	8.486	111	63	119.950	7.241
	5	5.503	91	45	104.621	5.461
	6	8.371	122	64	141.232	9.658
	7	9.686	55	28	63.581	3.068
	8	10.334	149	101	130.662	10.287
	9	7.292	153	74	148.029	13.951
	10	9.909	137	92	132.636	9.862

Fonte: (BRASIL, 2020).

OBS. Os destaques em vermelho mostram os metais com teores superiores ao preconizado na Legislação vigente, enquanto os dados marcados em azul mostram os metais que apresentaram valor superior à média normal dos solos da região analisada. (*Banco de Solos de Universidade Federal de Viçosa, SOUZA *et al* 2015 e FRANCO, 2018.)

O rio Paraopeba também foi intensamente atingido. A agência estadual ambiental (IGAM) destacou as concentrações de ferro total (3095,5 mg/L) que superaram em até 2.200 vezes o valor máximo permitido para mananciais classe II; manganês total (736,500 mg/L) foi encontrado em valor de 7.365 vezes maior que o máximo permitido. Dentre os metais, os parâmetros chumbo (Pb) total e mercúrio (Hg) total apresentaram valores de até 21 vezes acima do limite preconizado (IGAM, 2019).

Thompson e colaboradores (2020) realizaram monitoramento em 7 pontos de coleta, considerando dois distintos períodos amostrais: fevereiro e maio de 2019. Imediatamente após o desastre, em fevereiro de 2019, o ponto de coleta à 6 km da barragem registrou elevação de turbidez (3000 NTU) 30 vezes o valor recomendado pela legislação nacional. O aumento do parâmetro Fe foi assistido à 242 km à jusante da barragem. Os teores de Ferro (Fe-0,8444), Alumínio (Al-0,1986), Cádmium (Cd-0,0060) e Cobre (Cu-0,0700) apresentaram, respectivamente, valores de 2,8, 1,9, 6, 7,7 vezes acima dos valores preconizados. Em relação às amostras realizadas 5 meses após o desastre, o parâmetro Fe (0,3170 -0,4844) apresentou violação de valores em 5 pontos de coleta, Al (0,1131 -0,2962) em 7 pontos, Cu (0,0100 -

0,0200) em 5 pontos e Cd (0,007) em 1 ponto. Alguns dos elementos são de interesse à saúde pública e apresentam relação causal com efeitos mutagênicos, morbidades e mortalidade, a depender da dose e tempo de exposição (IPCS - INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY, 1978).

O Instituto SOS Mata Atlântica apresentou análise de qualidade da água aferidos nos trechos de rio impactados. Dos 12 pontos analisados, 9 estavam com o índice de qualidade da água ruim e 3 regular. O parâmetro cobre chegou a ser registrado com valores de até 600 vezes o permitido. Além do cobre, outros elementos como o ferro, manganês e cromo, encontrados em nível elevados, são de interesse à saúde pública. No caso do elemento cromo, aferido em níveis 42 vezes acima da legislação, é de interesse à saúde e merece atenção (SOS MATA ATLÂNTICA, 2019).

Um estudo realizado pelo instituto Butantã destacou que o rejeito pode causar morte e anomalias em embriões de peixes. Os pesquisadores alertam para os possíveis desfechos negativos decorrente da exposição de longo prazo, inclusive relacionados ao consumo da água contaminada. A lama do rejeito, mesmo após ser diluída 6.250 vezes, foi capaz de matar e provocar defeitos mutagênicos nos peixes da espécie submetida à exposição. O estudo alega que a principal causa dessa modificação pode estar ligada ao conjunto de elementos químicos identificados, destaca-se, entre outros, a concentração de mercúrio 720 vezes acima do permitido (AZEDO, 2019).

Em relação as soluções de abastecimentos humano, o Ministério da Saúde coletou 1.847 amostras em 16 municípios afetados. Foram utilizados 104 pontos de coleta, a uma distância de até 100 metros das margens do rio Paraopeba. Os resultados indicam valores insatisfatórios para os parâmetros: ferro em 336 amostras; alumínio em 117 amostras; e manganês em 207 amostras, sendo que em 38 amostras todos esses contaminantes estiveram acima do valor permitido. Os parâmetros microbiológicos e organolépticos estavam insatisfatórios, embora tenham sido identificados, pontualmente, valores insatisfatórios para os parâmetros antimônio, arsênio, bário, chumbo, cromo, mercúrio, níquel e selênio (BRASIL, 2020). As concentrações detectadas para algumas dessas substâncias superam os valores de risco a saúde sugeridos pela Organização Mundial da Saúde e estão em inconformidade com a Norma de Potabilidade Brasileira.

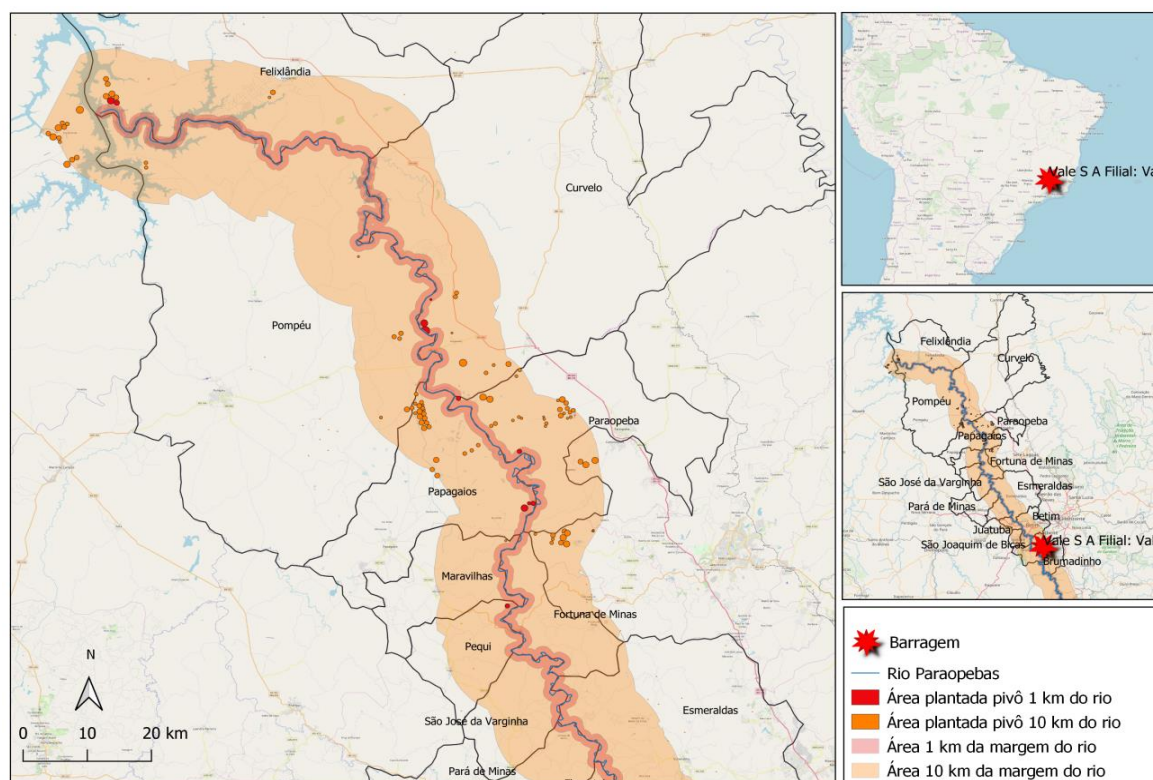
5.2.2 Impactos socioeconômicos

O rompimento da Barragem I ocasionou inúmeros impactos negativos para a economia local: na arrecadação; geração de renda; e aos postos de trabalho - no campo e na cidade de Brumadinho. De forma semelhante ao município de Mariana, em Brumadinho também é esperado o declínio das receitas correntes municipais, havendo no período elevação das despesas do município, por conta dos problemas decorrentes do rompimento, não apenas no atendimento pelo sistema público de saúde, mas também pela destruição da infraestrutura municipal (MILANEZ B, 2019).

A agricultura local se mostrou como atividade particularmente impactada, a passagem do rejeito causou graves danos aos agricultores da região, principalmente aos pequenos proprietários. Anteriormente ao desastre, a região atingida possuía vocação para produção de alimentos orgânicos e agroecológicos, uma vez que (71%) dos 443 estabelecimentos agropecuários cadastrados não utilizavam agrotóxicos. Não obstante, muitos prejuízos foram contabilizados devido à perda de maquinário e depreciação do valor imobiliário (MILANEZ, MAGNO, ET AL 2019).

Silva e colaboradores identificaram que a agricultura local se mostrou como atividade particularmente impactada dentre as muitas existentes ao longo do manancial atingido, a passagem do rejeito causou graves danos aos agricultores da região, principalmente aos pequenos proprietários (SILVA, FREITAS, ET AL 2020). Anteriormente ao desastre, a região atingida possuía vocação para produção de alimentos orgânicos e agroecológicos, uma vez que (71%) dos 443 estabelecimentos agropecuários cadastrados não utilizavam agrotóxicos (MILANEZ, MAGNO, ET AL 2019). Quando considerados a utilização de pivôs centrais de irrigação ao longo do manancial impactado, estimativas revelam que a área plantada irrigados por pivôs centrais e potencialmente atingida pelo desastre em 7.861 hectares, sendo que 8% se encontra a 1km da margem e 57% a 10 km da margem (figura 15). Cabe salientar que estes dados apontam para grandes e médios produtores da região, os números tendem a ser bem mais elevados quando considerados pequenos produtores que podem utilizar de meio de irrigação de menor porte (SILVA, FREITAS, ET AL 2020).

Figura 15 - Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Rio Paraopebas_MG



Fonte: (SILVA, FREITAS, et al 2020)

Associado à dimensão de análise, ainda que preliminar, o impacto socioambiental só não foi maior devido ao pagamento do auxílio emergencial aos atingidos. Os valores pagos pela empresa é parte das indenizações acordadas em fevereiro de 2019; previsto, inicialmente para serem pagos um total de 12 parcelas. Ainda em novembro de 2019, o fomento teve seu pagamento prorrogado por mais 10 meses. Entretanto, a indenização integral foi continuada apenas aos moradores das áreas mais próximas à barragem, contemplando de 10 a 15 mil atingidos (NOGUEIRA, 2019). Contudo, existe a preocupação com o fim das parcelas, isso somado a diminuição da renda vinda da exploração de minério da cidade configura um quadro preocupante para as contas do município.

5.2.3 Problemas de saúde, doenças e agravos

As lições adquiridas no desastre da Samarco favoreceram uma atuação envolvendo articulação multiagência para redução dos riscos à saúde da população atingida. Dentre as ações

imediatas do Sistema Único de Saúde (SUS), a implementação de um conjunto integrado de ações de prevenção e comunicação de risco, imunização em massa, vigilância em saúde e atenção em saúde permitiu ofertar à população serviços à saúde estratégicos para reduzir os danos do evento (FREITAS, BARCELLOS, *ET AL* 2019). Esse conjunto de ações, envolvendo os três níveis de gestão, permitiu ofertar serviços à saúde articulados ao longo do Rio Paraopeba, mesmo após o encerramento das iniciativas de curto prazo (BRASIL, 2020).

O boletim epidemiológico do ministério da Saúde apontou um aumento significativo de manifestação clínicas ao longo do primeiro ano pós desastre. Em 2019, o município de Brumadinho apresentou elevação de cerca de 31,22% nos registros de doenças diarreicas agudas quando comparadas ao ano de 2018. De acordo com a agência, o aumento dos casos pode estar relacionado a inconformidade da qualidade da água analisadas. Uma possível alteração nos ciclos de vetores e de hospedeiros de doenças também é destacado no boletim. Os registros de dengue em 2019, em relação ao mesmo período do ano anterior, apresentaram incremento de 4.028% (BRASIL, 2020).

Silva e colaboradores, ao estratificar categorias do CID-10, sugeriram elevação no volume de internações por outras Afecções da Pele e do Tecido Subcutâneo (L98) e Hemorragia Subaracnóidea (I60) (SILVA, FREITAS, *ET AL* 2020). Esses resultados são de extrema importância dado que essa classificação do CID aponta relação com contaminação por cromo ou seus compostos tóxicos (BRASIL, 1999) e relação com acidentes vasculares cerebrais (GILMOUR, *ET AL* 2015).

Em relação a aspectos ligados à Atenção psicossocial e de saúde mental esse evento confere implicações de formas díspares e subdimensionadas. Segundo Noal e colaboradores (NOAL, RABELO, CHACHAMOVICH, 2019), as primeiras 72h até o fim do primeiro mês as reações psicológicas mais frequentes registrada pelo serviço público de saúde municipal foram: tristeza, choro frequente, humor deprimido, pesar, ansiedade, medo, irritabilidade, raiva, culpa, desorientação, reações de dissociação, crises de ansiedade, pânico, labilidade emocional e tentativas de suicídio. Foi perceptível também o aumento no consumo de álcool, benzodiazepínicos e conflitos interpessoais e situações de violência. Quando comparado o uso de medicamentos no ano de 2019 em comparação com o ano anterior, registrou-se em Brumadinho aumento de 80% no consumo de ansiolíticos e de 60% no uso de antidepressivos (COMISSÃO PARLAMENTAR DE INQUÉRITO, 2019).

Os dados de Registro das Ações Ambulatoriais de Saúde (RAAS), demonstram aumento dos episódios depressivos em 151%, de 352 casos em 2018 em 2019 houveram 883 registros; reações ao estresse grave aumentara em 1.272% no ano de 2019 em comparação com o ano anterior. No ano de 2019, houveram 52 tentativas de suicídios, 75% utilizaram medicamentos como agente tóxico (BRASIL, 2020).

Para a organização do setor saúde no médio longo prazo os desafios também não são menores. O desastre provocou uma sobrecarga no sistema de saúde, os atendimentos na atenção básica apresentaram alteração de 63% no primeiro quadrimestre de 2019. Tal alteração da rotina exigiu a contratação de mais de 80 profissionais, além dos que já existiam, com um custo de mais de 1,5 milhão de reais por mês. Com isso, os gastos da prefeitura com saúde – devem chegar a R\$ 70 milhões no ano de 2019, contra R\$ 55 milhões em 2018 (COMISSÃO PARLAMENTAR DE INQUÉRITO, 2019).

Devemos considerar que para além das situações já definidas e contabilizadas, temos diversas populações a jusante da barragem que tiveram múltiplas rupturas e perdas e modificação de seu processo de saúde e doença, assim como assistido na Bacia do Rio Doce. Realidade que exige continuidade do monitoramento e a garantia da prestação dos serviços estratégicos, uma vez que muitos efeitos podem se manifestar de forma tardia, exigindo sensibilidade dos serviços públicos, inclusive os de saúde, no médio e longo prazo.

5.2.4 Respostas institucionais ao caso Vale S.A (2019)

Um arranjo de governança foi criado consideravelmente mais rápido após o rompimento da Barragem I, quando comparada as soluções institucionais criadas no caso do desastre da Samarco. Em vez de um acordo extrajudicial, a Vale e as instituições judiciárias optaram por uma negociação mediada. Também diferentemente do caso Rio Doce, em que a Fundação Renova produziu todos os dados, o juiz contratou a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), às custas da Vale, para realizar o levantamento dos impactos ao meio ambiente e às comunidades, considerando, os danos socioambientais (UFMG, 2021)

No mesmo dia do desastre, houve uma reunião envolvendo diferentes instituições do sistema judiciário para debater os possíveis arranjos institucionais de remediação e mitigação. Durante a maior parte das audiências, não houve participação direta das comunidades, uma vez que as instituições judiciárias representaram oficialmente os interesses das comunidades

impactadas. Apesar de reduzida as reais possibilidades de participação dos atingidos no acordo, organizações locais e integrantes do Movimento dos Atingidos por Barragens participaram ativamente, dentro das possibilidades, nas discussões (MILANEZ, ALI, DE OLIVEIRA, 2021).

Visando a inclusão das comunidades nas ações de definição das ações de remediação e recuperação das áreas mais diretamente atingidas, até o final de fevereiro de 2019, as instituições do sistema judiciário solicitaram que os afetados e/ou seus representantes estivessem presentes nas audiências. Quando o comparecimento aumentou em março, segundo Milanez, Ali e De Oliveira (2021, p. 19) “o juiz reclamou que um alto comparecimento criava dificuldades nos procedimentos” e exigia que as pessoas se registrassem com antecedência. Quando representantes das comunidades impactadas estavam presentes, eles tinham que se sentar atrás de uma janela de vidro e não podiam manifestar sua opinião”. Posteriormente, os critérios de comparecimento tornaram-se mais rígidos e o juiz exigiu que a Ordem dos Advogados do Brasil indicasse cinco advogados para ingressar no tribunal como representante dos atingidos. Como resultado, a presença e a participação dos atingidos ocorreu de forma restrita, o que gerou baixa representatividade e insatisfação nas comunidades locais.

Os atingidos tentaram de todas as formas participar das negociações, sem sucesso. Foram várias manifestações em frente ao TJMG, pedidos oficiais pelas vias judiciais, a elaboração de um Manifesto, que foi inclusive protocolado nos autos do processo, reuniões e apelos de diversas entidades, inclusive na Comissão Externa da Câmara Federal, criada para acompanhar o Acordo. Em nenhum momento os atingidos puderam participar, e pior: todas as reuniões, lives, manifestações em que exigíamos a participação foram listadas como “intensa participação da população atingida” pelos negociantes do acordo (Comissão Externa da Câmara Federal, 2021)

Como resultado, o processo formal de negociação mostrou-se limitado e com baixa representatividade dos interesses das comunidades impactadas. Houve restrições cumulativas de comparecimento, o que aumentou a influência das instituições judiciárias e reduziu o peso das comunidades nos resultados das negociações.

No final de fevereiro de 2019, foi firmado um acordo sobre os termos de um pagamento emergencial para garantir a manutenção das comunidades impactadas.

Em abril de 2019, o Ministério Público do Estado de Minas Gerais, sem o conhecimento das demais instituições judiciárias, firmou um acordo com a Vale, que priorizou os negócios individuais fixando o valor das indenizações (MILANEZ, ALI, DE OLIVEIRA, 2021). A Vale

argumentou que seria mais rápido chegar a acordos por negociação individual do que por negociação coletiva. O acordo não cobria danos coletivos, mas incluía danos materiais e danos morais. A empresa, anteriormente, já havia tipificavam os tipos de perdas e definiam valores de referência padronizados. Feita a oferta, as famílias impactadas tinham prazo de três dias para aceitar ou rejeitar a proposta (MILANEZ, ALI, DE OLIVEIRA, 2021).

Em setembro de 2019, quando cerca de 100 mil pessoas recebiam o auxílio emergencial, as comunidades impactadas exigiram a prorrogação do pagamento, assim como descrito no item 3.2.2. Além do pagamento emergencial para todos que o recebiam, a assistência técnica também foi contestada pela empresa. Com base na experiência da Fundação Renova, o Judiciário defendeu a necessidade de assistência técnica para apoiar as comunidades impactadas. As organizações contratadas para oferecer este apoio prestariam assistência jurídica e técnica na elaboração, execução e avaliação dos planos de reparação, no entanto a empresa, mostrou resistência à assistência técnica, seguindo o exemplo da Fundação Renova. Posteriormente, a Vale se recusou-se a liberar recursos financeiros previstos para o custeio das organizações; os recursos só foram creditados em março de 2020, por meio de ordem judicial. Dois meses depois, em maio, a Vale se opôs ao Plano de Trabalho e questionou a legitimidade das organizações escolhidas. Embora o juiz tenha refutado os argumentos da Vale em junho, a iniciativa atrasou consideravelmente a oferta de assistência técnica (MILANEZ, ALI, DE OLIVEIRA, 2021).

Após quase dois anos, muitas famílias ainda não receberam indenização. Um acordo global tem sido tentado, mas a Vale tenta individualizar as ações. Tampouco se chegou a um acordo quanto ao montante a ser repassado ao Estado de MG por seus prejuízos econômicos, havendo ações judiciais tramitando para tal (PASSOS, 2021).

A Fundação João Pinheiro (FJP) apresentou um estudo segundo o qual o prejuízo material decorrente do desastre de Brumadinho seria da ordem de R\$26 bilhões, enquanto o Ministério Público Federal e Estadual e a Defensoria Pública calcularam um valor de R\$28 bilhões a título de ressarcimento moral aos atingidos, totalizando R\$54 bilhões, que foi a proposta apresentada à Vale pelo Estado de Minas Gerais. Posteriormente, a Vale apresentou uma contraproposta de R\$16 bilhões, muito inferior àquele valor, portanto (SIQUEIRA, 2021).

Em fevereiro de 2021, a Vale e o Governo do Estado de Minas Gerais firmaram um acordo de R \$ 37,68 bilhões para quitar os valores de indenização por todos os danos. O acordo

foi contestado porque a negociação excluía as comunidades afetadas e a autarquia de Brumadinho (GIRUNDI, FREITAS, CASTRO, 2021).

Os atingidos denunciam que não estão tendo nenhuma participação neste Acordo e que não se sentem atendidos por ele. Ao que se tem notícia, no Acordo está prevista uma série de obras não situadas na região atingida, como são os casos do Rodoanel e do metrô no município de Belo Horizonte. Além disso, não está havendo previsão orçamentária quanto a esses recursos e não se fala tampouco em auditoria do Tribunal de Contas do Estado (TCE), apenas em auditorias externas.

O Acordo Judicial para Reparação Integral Relativa ao Rompimento das Barragens B-I, B-IV e B-IVA / Córrego do Feijão, Processo de Mediação SEI nº 0122201-59.2020.8.13.0000, TJMG / CEJUSC traz entre seus objetivos a definição das obrigações de fazer e de pagar da Vale, visando à reparação integral dos danos, impactos negativos e prejuízos socioambientais e socioeconômicos causados em decorrência do rompimento, e seus desdobramentos, conforme solução e adequação técnicas definidas para cada situação

As medidas de reparação socioambiental integral dos impactos e danos decorrentes do rompimento não estarão sujeitas a limite pecuniário, ressalvada a compensação ambiental definida no Acordo. Assim, como, a reparação socioeconômica respeitará os modos de vida locais, o fortalecimento dos serviços públicos e a autonomia das pessoas atingidas, que terão participação informada assegurada na concepção, formulação, execução, acompanhamento e avaliação dos planos, programas, projetos e ações relacionados. Chama atenção a ausência de participação dos atingidos uma vez que o acordo considera a participação mais direta da comunidade restrita aos Programa de Reparação Socioeconômica. Adicionalmente, será custeado um Estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana e Risco Ecológico, Morbimortalidade e Zoneamento Agropecuário Produtivo.

6 AS LIÇÕES NÃO PRENDIDAS DO DESASTRE DA SAMARCO NA BACIA DO RIO DOCE: DESAFIOS PARA A GOVERNANÇA

Neste Capítulo objetivamos analisar os desdobramentos do caso Samarco. Por meio da sistematização dos desfechos do desastre visamos apresentar proposição de mecanismos de governança e gestão de risco no âmbito da saúde ambiental incluindo ações integradas e participativas de preparação e respostas aos desastres de barragens de mineração. Através da análise realizadas pelos consultores do Ministério Público (figura13) entre outros atores, refletiremos sobre os riscos sistêmicos que este tipo de evento pode causar, gerando subsídios para o enfrentamento desse e de outros desastres tecnológicos da indústria minerária.

A partir dessa primeira abordagem, apresentaremos um olhar atento aos efeitos do desastre da Samarco. Passados praticamente 6 anos do evento, seus efeitos apesar de atenuado, reverberam negativamente à saúde e às diferentes formas de viver e residir dos territórios mais diretamente afetados. Inicialmente, apresentaremos o monitoramento independente dos 42 Programas de Reparação e Compensação dos Danos socioeconômicos e ambientais causados pelo desastre; identificaremos os principais danos socioambientais decorrentes do desastre na Bacia do Rio Doce; e os registros de agravos à saúde das Bases do DATASUS - Ministério da Saúde-, onde são apresentados os resultados da mineração e análise dos Sistemas: Sistema de Informações de Notificação (SINAN), Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA), Sistema de Informações Hospitalares (SIH), Sistema de Informações de Mortalidade (SIM), Sistema de Informações de Nascidos Vivos (SINASC) e Programa Nacional de Imunizações (PNI), entre 2012 e 2018.

6.1 AVALIAÇÃO DOS PROGRAMAS DE REPARAÇÃO E COMPENSAÇÃO DOS DANOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS CAUSADOS PELO DESASTRE

Será necessário anos de esforços e trabalho para amenizar os efeitos à saúde e à sociedade causados pelos desastres da Samarco, assim como a implementação de um conjunto de serviços públicos prestados estrategicamente aos atingidos e integrados com os de reconstrução.

A demora na reparação dos danos causados à Bacia do Rio Doce amplia os efeitos. O hiato entre o desastre o início do processo de reparação e mitigação não só prolonga o sofrimento dos atingidos, mas também estigma suas comunidades. Dos 42 programas

estabelecidos no (TTAC) firmado entre as partes, apenas 12% (8 programas) havia sido efetivamente implementados no período (RAMBOLL, 2020).

No quadro 12 apresentamos os escopos dos programas de mitigação e reparação firmados pelo TTAC.

Até fevereiro de 2021, data do último diagnóstico produzido em relação a efetivação dos programas, apenas 7 (18 %) dos 38 programas em funcionamento haviam sido totalmente aprovados pelo sistema CIF; 17 (45%) programas foram parcialmente aprovados; 12(32%) não foram aprovados em sua totalidade; e 2 (5%) ainda se apresenta sem escopo definido até o momento. Chama atenção a ausência de indicadores ou metas claras para o acompanhamento do escrutínio público do uso da verba indenizatória (quadro 12).

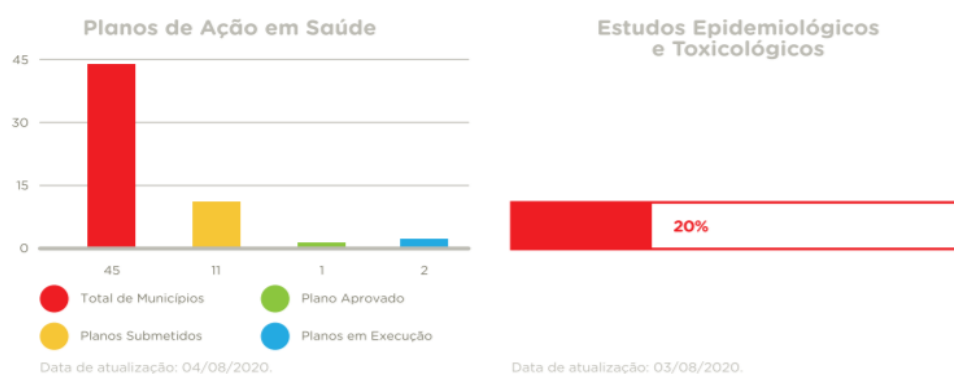
O único programa destinado ao cuidado e prestação de serviços de saúde, com o objetivo de desenvolver ações de apoio à saúde física e mental para a população atingida e a realização de estudos epidemiológico e toxicológico para avaliar riscos, danos e impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão também não foi aprovado pelo sistema CIF. É necessário chamar atenção que, tais estudos, caso tivessem sido conduzidos oportunamente, seriam um importante subsídio para a tomada de decisão às questões de saúde pública nos municípios afetados.

Até o momento, praticamente nenhuma ação de saúde foi efetivamente implementada após o desastre. Fato que contraria protocolos, guias e orientações do setor saúde em situações de desastre. Ações de vigilância e atenção em saúde deveriam ter sido implementado desde o momento do desastre, considerando todas as fases da resposta, e envolvendo planejamento de ações que pode perdurar, a depender da situação, por muitos anos.

Na figura 17, apresentamos a avaliação do programa saúde física e mental realizados pela auditora Ramboll (2021), chama atenção que dos 45 municípios assistidos, nenhum recebia atendimento de serviços estratégicos de saúde para monitorar ou assistir a população no início de 2021. Apenas Mariana e Barra Longa desenvolveram um plano de saúde específico para responder suas necessidades, no entanto ainda carece de total efetivação (RAMBOLL, 2021). As bases mínimas do Programa de saúde, aprovadas pelo CIF em outubro de 2018, nunca foram cumpridas pela Fundação Renova, que já foi notificada inúmeras vezes pelo CIF devido aos seu descumprimento. Uma nova versão do Programa foi apresentada em julho de 2020 e está em avaliação pela Câmara Técnica de Saúde (CT-Saúde) para, depois, passar pela aprovação do CIF (RAMBOLL, 2020).

Na figura 16, demonstramos a baixa efetivação de ações de apoio à saúde dos atingidos que foram realizadas pela Fundação até o momento. As poucas ações empenhadas estão limitadas aos municípios de Mariana e Barra Longa (MG) (figura 17/ Mapa 1). Nos demais municípios atingidos somente o monitoramento da qualidade da água para consumo humano tem sido realizado.

Figura 16 – efetividades das ações de saúde nos territórios afetados pelo desastre da Samarco.



Fonte: (RAMBOL, 2021)

O apoio e Fortalecimento das redes de vigilância e atenção em saúde do SUS municipal e estadual, previsto no acordo firmado com Fundação Renova, nunca ocorreu. Até o momento, apenas Mariana e Barra Longa, em Minas Gerais, contaram com aporte de profissionais de saúde cedidos pela Fundação Renova, sua efetivação ocorre dissociadas dos mecanismos de fiscalização e participação social do Sistema Único de Saúde.

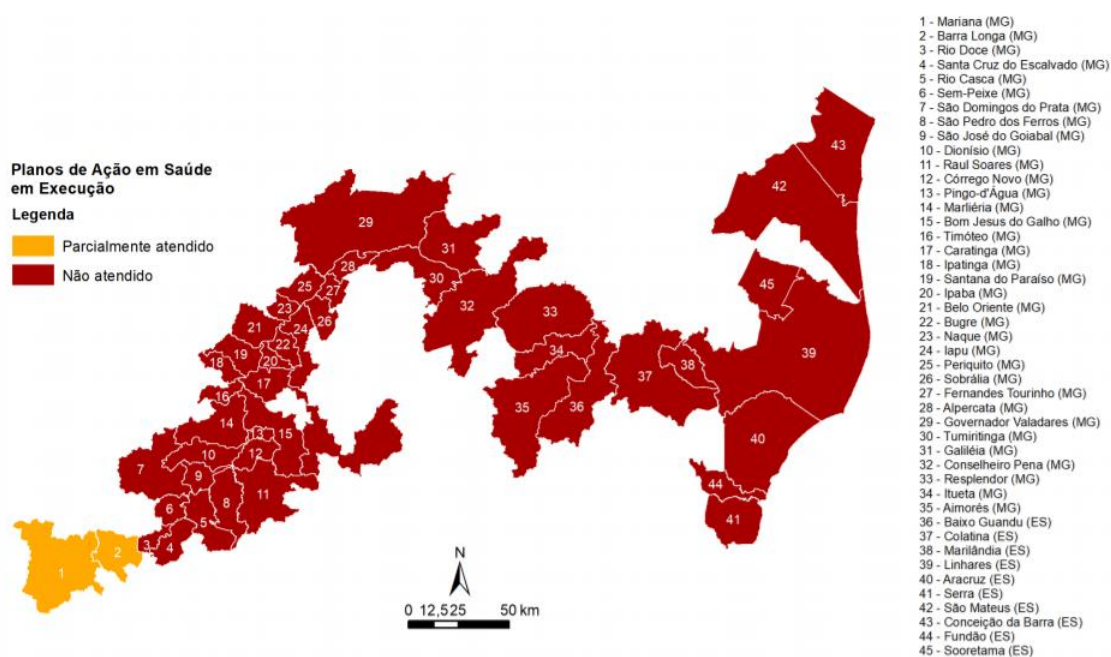
Em 28 de setembro de 2018, a Deliberação CIF nº 197, determinou que a Fundação Renova celebrasse convênio com Fundações de Amparo e Apoio à Pesquisa para desenvolvimento dos estudos epidemiológico e toxicológico e de avaliação de risco à saúde humana. O convênio com FAPES e FAPEMIG foi assinado em fevereiro de 2020. Todavia, até o momento nenhum edital foi publicado e, portanto, nenhum dos estudos previstos foi iniciado. Já a realização do estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana que foi inicializado nos municípios de Mariana (MG), Barra longa (MG) e Linhares (ES) está paralisada devido à sua judicialização.

Por mais contraditório que seja, a Fundação Renova condiciona a implementação de ações de saúde aos atingidos à realização de estudos que nem se quer foram iniciados, e em

alguns casos, estudos já realizados que tiveram seus resultados suprimidos e objetos de diversos questionamento no sistema judiciais, mesmo após quase cinco anos do rompimento de barragem de fundão, ainda não foram amplamente divulgados e objeto de ações específicas de atenção em saúde e comunicação de risco (quadro 12).

O tempo é um dos fatores determinantes nos efeitos do desastre sobre a saúde da população. Quanto maior o hiato entre o desastre e a implementação de recursos e execução de contingências necessárias para a reparação e mitigação integral dos desastres, estaremos, assim, favorecendo os criadores dos ricos. Aliada a baixa efetividade dos programas de reparação e compensação, o cenário de risco perdura com certa intensidade para as populações expostas ao longo do Rio Doce.

Mapa 1- Municípios assistido pelo programa 14 - apoio à saúde física e mental da população atingida.



Fonte: (RAMBOL, 2021)

Ainda em relação ao quadro 12, ao que concerne aos programas vinculados à área social, a análise demonstra que os programas são incompletos e insuficientes com relação à cobertura espacial, à metodologia utilizada e ao tratamento dado aos atingidos como protagonistas do

processo, portanto, em claro desacordo com as cláusulas do TTAC. O eixo socioeconômico, por exemplo, apresenta falhas graves no desenho institucional criado pelo acordo. O programa de proteção social, que seria um importante alento aos atingidos dos 45 municípios, até jun/20, apenas 9 (nove municípios) de Minas Gerais obtiveram validação de seus Planos pelas Secretarias Municipais de Assistência Social, fato que impacta, inclusive, ações de assistência psicossocial. Além de atrasada, a implementação ocorre com poucas e insuficientes ações para atender a demanda dos atingidos.

Outra questão do eixo socioeconômico é que tais programas apresentam como característica a falta de transparência e a ausência de participação social. Outra questão crítica são as falhas graves nas metodologias utilizadas para a diferenciar impacto direto e indireto, fato que não reflete a realidade dos danos sofridos pelos atingidos e compromete a reparação integral (RAMBOLL, 2020).

Não obstante, não existe canal de atualização para o cadastro, inviabilizando que sejam incorporados novos atingidos ou mesmo que a reparação e a assistência ocorram com reconhecimento de todas as categorias e dimensões do impacto e compatível com as perdas e danos aferidos ao longo dos 5 anos do desastre.

Quadro 12 - Atual situação e objetivos dos programas de reparação e mitigação da Bacia Hidrográfica do Rio Doce.

PROGRAMA	OBJETIVO	SITUAÇÃO ATUAL DO PROGRAMA	FALHAS DO PROGRAMA,	PROGRAMA APROVADO PELO SISTEMA CIF? (09/2020)
Programa 1 - Levantamento e cadastro dos atingidos	Levantar informações de perdas materiais, de atividades econômicas impactadas de pessoas físicas e jurídicas e famílias diretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão.	O Programa vem sendo realizado em todos os municípios considerados atingidos pelo CIF Foram solicitados 64.962 cadastros, porém apenas 49% (31.755) das famílias foram cadastradas.	Falta de transparência Ausência de participação social Ausência do reconhecimento de todas as categorias, tais como artesãos, carroceiros, barraqueiros, trabalhadores da cadeia da pesca, ilheiros, entre outros Ausência da possibilidade de atualização do cadastro Falta de informação no momento da aplicação do questionário de cadastro O uso da diferenciação entre impacto direto e indireto não reflete a realidade dos danos sofridos pelos atingidos e compromete a reparação integral.	NÃO APROVADO

Programa 2 - Indenização Mediada (PIM)	Reparar os danos indenizáveis decorrentes do rompimento da barragem de Fundão. O programa foi dividido em dois grandes grupos: "Dano Água" e "Dano Geral". Dano água: indenização para moradores que tiveram desabastecimento por mais de 24 horas. Dano geral: indenização "individualizada", aos atingidos que sofreram perdas materiais e imateriais, bem como impactos na renda.	31.755 famílias cadastradas, 10.885 (34%) receberam algum tipo de indenização. 9.724 (31%) encontram-se aguardando definição de políticas 8.842 (28%) foram consideradas como não elegíveis. 4.799 famílias receberam por lucro cessante 9.416 famílias receberam por dano material ((76% setor da pesca e 11% na agricultura e agropecuária) 9.834 famílias receberam por dano moral. No caso das indenizações por danos materiais, a maioria (76%) se concentra no setor da pesca, seguido da agricultura e agropecuária (11%) Nota-se que cada família pode ter sido indenizada por mais de um tipo de dano ou atividade.	a classificação de impactado direto e indireto compromete o reconhecimento da condição de atingido e, consequentemente, restringe o processo de Reparação Integral. Não dispôr de assessoria jurídica gratuita para o atingido Inadequação de valores propostos para ressarcimento de bens, sejam estes materiais ou imateriais, e a solicitação de muitos documentos para comprovar a condição de atingido O Programa não atende às características dos modos de vida das populações tradicionais nele inseridas. Ausência de indenização para todas as categorias atingidas, tais como artesãos, barraqueiros, ilheiros, dentre outros	NÃO APROVADO
Programa 3 - Proteção e recuperação da qualidade de vida dos povos indígenas	Promover ações mitigatórias e compensatórias para povos e comunidades indígenas atingidas.	Os povos indígenas atingidos pelo desastre somam 3.441 habitantes em quatro Terras Indígenas. A comunidade indígena em Areal, no município de Linhares/ES, que se auto identifica como povo Botocudo, não é reconhecida pela Fundação Renova. Os Acordos Emergenciais firmados, no que diz respeito ao pagamento do auxílio financeiro, vêm sendo cumpridos.	De 2018 até março de 2020, foram emitidas pelo sistema CIF 13 Deliberações e 4 Notificações às empresas. Observa-se que 79% dos itens presentes nas deliberações não foram atendidos e 86% não respeitaram o prazo estabelecido. A Deliberação nº 187, de 31/07/2018, é a que apresenta mais dias de atraso, totalizando quase dois (2) anos.	NÃO APROVADO
Programa 4 - Proteção e recuperação da qualidade de vida de outros povos e comunidades tradicionais	Implantar ações reparatórias e compensatórias para povos e comunidades tradicionais atingidos	A Fundação Renova reconhece apenas parcialmente o direito ao Auxílio Financeiro Emergencial (AFE) aos fazedores e pescadores artesanais. Ainda existem diversas comunidades tradicionais e categorias sociais portadoras de tradicionalidade, ao longo da bacia do Rio Doce e na região litorânea de sua foz, já identificadas e que não são atendidas pelo programa.	O tratamento inadequado realizado pela Fundação Renova às populações tradicionais fica evidente pela grande quantidade de deliberações emitidas pelo CIF. De fevereiro/2018 até junho/2020, foram emitidas pelo sistema CIF, com referência aos quilombolas e outros povos tradicionais, 22 Deliberações e 6 Notificações às empresas. Foram atendidos 43% dos itens constantes nas deliberações, no entanto, nenhum item teve seu prazo respeitado. O atraso no atendimento as Deliberações chamam a atenção, sendo que a Deliberação nº 202, tem quase dois anos de atraso	NÃO APROVADO
Programa 5 - Proteção Social	Promover a proteção social, por meio de um conjunto de ações socioassistenciais, socioculturais e de apoio psicossocial, com o acompanhamento de famílias e indivíduos atingidos pelo rompimento, priorizando aqueles em situação de vulnerabilidade e deslocamento físico.	O programa deveria ter iniciado em abril de 2016 e já estar finalizado, porém, até o momento, foi apenas parcialmente iniciado, com previsão de término no segundo semestre de 2023. As diretrizes do programa seguem sem aprovação na Câmara Técnica de Organização Social e Auxílio Emergencial (CTOS), além de não direcionarem a um processo de reparação integral.	Dos 45 municípios, até jun/20, apenas 9 (nove) de Minas Gerais validaram seus Planos. A maior parte dos planos ainda não foi validada pelas Secretarias Municipais de Assistência Social, o que faz com que a assistência psicossocial, além de muito atrasada, seja insuficiente para atender os atingidos. Ao todo são quatro deliberações relacionadas à abrangência do programa e apenas o prazo de uma delas foi cumprido	NÃO APROVADO
Programa 6 - Comunicação, participação, diálogo e controle social	Assegurar canais de diálogo, relacionamento, manifestações, reclamações e denúncias pela Fundação Renova; garantir informação e comunicação ampla, transparente, acessível e contínua a todos os interessados; e apoiar a participação e controle social dos atingidos nos programas de reparação	O número de manifestações acumuladas cresceu de 620 mil em 2019, para um total de 707 mil. Na ouvidoria, o número total de manifestações aumentou de 7.074 (agosto/2019) para 12.319 em agosto/2020. O percentual de manifestações finalizadas no prazo de 20 dias que foi de 8% em 2019, passou para 12% em 2020. 84% das reclamações finalizadas ultrapassam o prazo de 30 dias e acima de 60% aguardam mais de 90 dias sem resposta.	Os prazos de resposta estabelecidos não vêm sendo respeitados. Os níveis de participação e controle sociais sobre a reparação são baixos. Não há evidências de que as reuniões de Diálogo influenciem a tomada de decisões pela Fundação Renova Não se identifica que o nível de criticidade das manifestações feitas seja capaz de acelerar a sua resolução. Os atrasos e as respostas generalistas, que não contribuem para solucionar as demandas A Fundação Renova continua priorizando a defesa de sua reputação na comunicação dirigida à população atingida, o que a leva a investir em uma comunicação institucional focada em propaganda e marketing na maior parte das suas publicações	PARCIALMENTE APROVADO
Programa 7 - Assistência aos animais	Fornecer assistência aos animais domésticos extraviados e desalojados devido ao desastre na região de Mariana e Barra Longa (MG), considerando as seguintes ações:	O programa vem sendo conduzido sem atrasos até o presente momento. A etapa de ações emergenciais já foi finalizada, o processo de assistência aos animais está em andamento e a restituição final dos animais somente será finalizada após a conclusão dos reassentamentos	O programa será estendido devido ao atraso na entrega dos reassentamentos, para que nenhuma atividade de assistência aos animais seja descontinuada	APROVADO INTEGRALMENTE

Programa 8 - Reconstrução, recuperação e realocação de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Gesteira	Garantir que as comunidades atingidas sejam reassentadas. O programa também oferece moradias temporárias para os atingidos e acompanha a sua situação após o reassentamento. É previsto também a reconstrução da escola, reforma da praça e quadra em Gesteira.	Até o momento, nenhuma família tinha sido reassentada até 2020. Dos 542 atendimentos ao reassentamento, apenas nove (9) foram parcialmente concluídos. Outros 130 atendimentos foram formalizados por meio da assinatura do Termo de Adesão.	O sucesso dos reassentamentos coletivos depende da adesão em massa dos atingidos. Um grande número de famílias migrando para outras modalidades de atendimento (reassentamento familiar e pecúnia) provocaria o esvaziamento do reassentamento, o que resultaria no seu insucesso. No caso de Gesteira, quase um terço das famílias desistiram do reassentamento coletivo.	NÃO APROVADO
Programa 9 - Recuperação do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Risoleta Neves	Restaurar as condições de operação da Usina Hidrelétrica (UHE) Risoleta Neves - Candonga	Construção de área para disposição de rejeitos dragados do Lago. A Fazenda Floresta foi a área escolhida e está em processo de licenciamento; Os rejeitos de Fundão obstruíram as saídas das turbinas que precisam ser limpas e recuperadas; Recuperação das margens do Lago. O rebaixamento do nível do lago causou erosões nas margens que precisam ser recuperadas;	Processo de licenciamento ambiental e emissão de Licença de Operação Corretiva (LOC) são pontos críticos para a continuidade do processo. A Fundação Renova tem intenção de remover os rejeitos e sedimentos e realizar o transporte de 270 mil m ³ . Embora o volume de dragagem atualmente considerado não ser muito elevado (127.000 m ³), entende-se que será um desafio a realização do desaguamento deste material.	NÃO APROVADO
Programa 10 - Recuperação das demais comunidades e infraestruturas atingidas entre Fundão e Candonga	Recuperar, manter, reconstruir e reformar todas as infraestruturas danificadas pelo desastre, tanto em área urbana quanto em área rural, localizadas entre Fundão e Candonga	Até dezembro de 2018, o programa previa executar a manutenção, reforma, reconstrução ou recuperação de 1.752 edificações atingidas. Segundo a Fundação Renova, até o momento 1.143 obras estariam concluídas. Foram vistoriadas 190 dessas obras e observou que existem diferentes problemas. Nesse universo 14% (27 obras) foram, de fato, concluídas; 74% (140 obras) apresentam inadequações por estarem localizadas em áreas de risco mapeadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM); 11% (21 obras) foram classificadas como "não se aplica" (N/A); 1% (2 obras) está em andamento	A Fundação Renova descumpre parcialmente o acordado no CIF quanto a garantir moradias temporárias para famílias cujos imóveis apresentam problemas estruturais, bem como não está atendendo à necessidade de reparação dos imóveis com trincas em Barra Longa. Vários municípios apresentaram solicitações de reforma ou reconstrução de imóveis com trincas ou outros problemas estruturais. São mais de 1.100 famílias que precisam ter seus imóveis reparados. Esse número é duas vezes maior que o número de famílias a serem reassentadas em Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Gesteira; Durante os primeiros oito (8) meses de 2020, o Programa de Recuperação das Demais Comunidades e Infraestruturas Impactadas entre Fundão e Candonga ficou paralisado.	PARCIALMENTE APROVADO
Programa 11 - Recuperação de escolas e reintegração da comunidade escolar	Viabilizar escolas temporárias de Mariana e Barra Longa e promover a reintegração de alunos e profissionais às rotinas escolares anteriores ao desastre, bem como oferecer apoio psicopedagógico e pedagógico para os educadores, alunos e seus familiares.	A Fundação Renova ainda mantém escolas temporárias, que apresentam problemas estruturais para acolher os alunos das escolas de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo. Essas não possuem estrutura acessível e espaço para atividades de tempo integral. do Ensino em Tempo Integral em Mariana/MG, o que levou o município a recorrer à Justiça.	Apenas moradores de Mariana e Barra Longa são beneficiados, de modo parcial, pelo atendimento psicopedagógico/ psicossocial.	PARCIALMENTE APROVADO
Programa 12 - Preservação da memória histórica, artística e cultural	Reparar, restaurar os danos e preservar os bens culturais, históricos e artísticos atingidos no território entre a barragem de Fundão e a Usina Hidrelétrica Risoleta Neves, onde grande parte da lama ficou retida	Nos municípios de Mariana, Ponte Nova, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado foram identificados 81 bens arqueológicos impactados, a maioria composta por sítios de mineração.	Apesar de o Programa se limitar a esses cinco municípios, estudos encomendados pela Força Tarefa Rio Doce do Ministério Público Federal (MPF) apontam a existência de bens arqueológicos atingidos ou ameaçados a serem protegidos ao longo de toda a bacia, que não estão contemplados no programa.	APROVADO INTEGRALMENTE
Programa 13 - Apoio ao turismo, cultura esportes e lazer	Tem como objetivo promover ações nas áreas de cultura, esporte e lazer, para melhoria da qualidade de vida nos municípios atingidos; e fomentar o desenvolvimento turístico como forma de retomada e diversificação da atividade econômica dos polos turísticos de Mariana, Médio Rio Doce e Foz do Rio Doce	A entrega dos primeiros diagnósticos dos danos foi feita pela Fundação Renova em março de 2017, e ainda não foi realizada sua devolutiva em nenhuma das comunidades atingidas e governos locais.	A única ação iniciada foi o Edital Doce, de caráter compensatório, que está ainda na primeira das três etapas previstas. Lançado em setembro de 2019, o Edital selecionou 228 projetos que deveriam ter realizado suas ações em 2020. Devido à pandemia, no entanto, os contratos com os proponentes ainda não foram assinados	PARCIALMENTE APROVADO

Programa 14 - Apoio à saúde física e mental dos atingidos	Desenvolver ações de apoio à saúde física e mental para a população atingida e realizar estudos epidemiológico e toxicológico para avaliar riscos, danos, impactos e correlações decorrentes do rompimento da barragem de Fundão.	As bases mínimas do Programa, aprovadas pelo CIF em outubro de 2018, não foram cumpridas pela Fundação Renova; Nova versão do Programa foi apresentada em julho de 2020 e está em avaliação pela (CT-Saúde) Poucas as ações de apoio à saúde dos atingidos que foram realizadas pela Fundação até o momento. Além disso, estas ações cobrem apenas os municípios de Mariana e Barra Longa (MG); • Nos demais municípios atingidos somente o monitoramento da qualidade da água para consumo humano tem sido realizado.	Até meados de 2020, onze (11) municípios atingidos já haviam enviado seus Planos de Ação em Saúde para avaliação pela CT-Saúde/ CIF e Fundação Renova. Somente os municípios de Mariana e Barra Longa, em Minas Gerais, estão com Planos de Ação em Saúde em execução; A Fundação Renova deve apoiar e fortalecer as redes de saúde dos estados e municípios atingidos. Até o momento, apenas Mariana e Barra Longa, em Minas Gerais, contam com aporte de profissionais de saúde. A Deliberação CIF nº 197, de 28 de setembro de 2018, determinou que fosse realizado Estudos de Avaliação de Risco à saúde, Epidemiológico e Toxicológico. Todavia, o Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana está paralisado. Foi realizado apenas em Mariana/MG, Barra Longa/MG e Linhares/ES, após quase 5 anos da ocorrência do desastre; Não há uma estratégia para comunicar resultados das ações e estudos que fazem parte do Programa; Os estudos epidemiológico e toxicológico ainda não foram iniciados	NÃO APROVADO
Programa 15 - Promoção à inovação	Fomentar a inovação e financiar a produção de conhecimento relacionado à recuperação das áreas atingidas pelo desastre, através da criação e fortalecimento de linhas de pesquisa de tecnologias e a posterior aplicação dessas nas ações de reparação conduzidas pela Fundação Renova	Diversas instituições que possuem convênio com a Fundação Renova, tais como a FAPEMIG, reportam perceber uma postura de "contratação de serviços" em vez do que seria esperado de "formulação de parcerias", o que prejudica o andamento das ações de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), as quais poderiam beneficiar significativamente as ações de reparação dos danos. A Fundação Renova informa que está em desenvolvimento uma nova estratégia de parcerias ("GT-Parceria"), para adequar ou minimizar questões relativas à burocracia e à flexibilização de processos.		PARCIALMENTE APROVADO
Programa 16 - Retomada das atividades aquícolas e pesqueiras	Possibilitar a retomada das atividades aquícolas e pesqueiras de forma segura através da aprendizagem e diálogo com as comunidades atingidas, proporcionando oportunidades de renda e qualificação.	30.367 pescadore(a)s e aqüicultore(a)s cadastrado(a)s; 4.529 pescadore(a)s e aqüicultore(a)s elegíveis ao PG16 de acordo com a Fundação Renova 148 trabalhadores atendimentos	Com 12% do orçamento gasto até 2020, quase nada se avançou na reparação da principal atividade econômica atingida, a pesca, e aquelas que precisam do rio para existirem, aqüicultura e extração de areia. Das ações colocadas em prática até o momento, apenas o Projeto-Piloto Cultivando Para Pescar (aprovado em 2017), em Linhares/ES, possui a finalidade direta de geração de renda, mas devido a diversos atrasos, até o momento nem os tanques foram instalados	NÃO APROVADO
Programas 17/40 - Retomada das atividades agropecuárias e fomento ao CAR e PRA	Possibilitar a retomada das atividades agropecuárias dos produtores rurais atingidos pelo desastre, considerando seu contexto ambiental, econômico, social e cultural, com enfoque no desenvolvimento rural sustentável.	Em 2017, para as propriedades atingidas nos municípios mineiros de Mariana, Barra Longa, Santa Cruz do Escalvado, Rio Doce e Ponte Nova (Território 1 - T1), foram elaborados os Planos de Adequação Socioeconômica e Ambiental (PASEA). O início da implementação de ações do PASEA era previsto para novembro de 2018, porém sofre atraso até o momento; a apresentação de tais planos aos produtores rurais foi iniciada apenas no segundo semestre de 2019. Durante esse tempo de espera, foram realizadas intervenções emergenciais e outras relacionadas, principalmente, a cercamento e recuperação ambiental.	Na avaliação da Ramboll, as atividades até então executadas pouco direcionam aspectos produtivos e econômicos das propriedades rurais. Constatou-se, em campo, que alguns produtores rurais, enquanto aguardavam pelas intervenções da Fundação Renova, deram início com seus próprios recursos a ações de reparação de suas propriedades.	PARCIALMENTE APROVADO
Programa 18 - Desenvolvimento e diversificação econômica	Fomentar o desenvolvimento de atividades econômicas na área atingida		• Houve diminuição na oferta de emprego • O faturamento dos negócios sofreu queda, relatada entre 40% e 60% do valor obtido anteriormente ao desastre. Parte dos atingidos (20%) indica que o crédito foi utilizado para o pagamento de dívidas	NÃO APROVADO
PG 19 - PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE MICRO E PEQUENOS NEGÓCIOS	Recuperar Micro & Pequenos Negócios (M&PN) na área de Fundão até Candonga/MG e nos distritos de Regência e Povoação, em Linhares/ES.	A gestão dos dados do programa executada pela Fundação Renova não permite saber quantos M&PNs de fato deveriam receber atendimento; Enquanto o TTAC determina que o Cadastro deverá ser a "porta de entrada" para os demais programas, havendo o devido encaminhamento do atingido aos programas de seu direito, no caso do PG19 a Fundação Renova atende apenas aqueles que manifestaram interesse em receber o atendimento.	A abrangência do programa continua restrita aos municípios localizados de Fundão até Candonga; Os critérios e as políticas utilizadas pela Fundação Renova para classificar os negócios que foram atingidos, direta ou indiretamente, seguem sem definição clara, nem validação pelo Sistema CIF.	NÃO APROVADO
PG 20 - PROGRAMA DE ESTÍMULO À CONTRATAÇÃO LOCAL	Priorizar a realização de contratações locais pela Fundação Renova de modo a estimular o uso de mão de obra local	A Fundação Renova segue sem cumprir a Deliberação CIF nº 55/2017 com relação ao conceito de mão de obra local, adotado para contabilizar os índices de contratação local na execução do programa.		NÃO APROVADO

Programa 21 - Auxílio financeiro emergencial	Fornecer Auxílio Financeiro Emergencial à população atingida que teve sua renda comprometida em razão dos danos acarretados pelo rompimento da Barragem de Fundão.	Até 31/07/2020, 12.413 famílias recebiam, mensalmente, o Auxílio Financeiro Emergencial, o que corresponde a 39% do total de famílias cadastradas (31.755 famílias). Tal porcentagem vem sendo mantida ao longo dos últimos meses, revelando a baixa taxa de incremento de novos auxílios	Falta de informação e fundamentação ao negar ou cancelar o fornecimento do auxílio; A Fundação Renova considera renda apenas do ponto de vista monetário, uma visão limitada e insuficiente para atender o sustento das famílias; Há categorias não devidamente reconhecidas mediante o argumento da "ausência de política indenizatória", o que além de contrariar as recomendações do TTAC, é uma violação de direitos; Os critérios adotados pela Fundação Renova para a concessão do auxílio não priorizam as pessoas/famílias em condição de vulnerabilidade;	PARCIALMENTE APROVADO
PG 22 E 41 - GERENCIAMENTO DOS PROGRAMAS SOCIOECONÔMICOS E SOCIOAMBIENTAIS	Conceder aos programas de reparação dos danos do rompimento da barragem de Fundão mecanismos e processos de gestão, monitoramento e avaliação e processos de governança estabelecidos no (TTAC).	Não há, até o momento, estrutura de monitoramento e controle sistematizada para todos os programas conduzidos pela Fundação, permanecendo, em diversos casos, o controle da informação fragmentado.	O sistema para reparar os danos do desastre está organizado em sua maior parte, mas há falhas de algum tipo em quase todos os programas; O número de alterações de atividades e prazos dos cronogramas é um sinal muito claro de que o planejamento original enfrenta grande risco de não ser cumprido; O sistema não está adequado e dificilmente será eficiente para reparar os danos com essas constantes discontinuidades; Monitorar, gerenciar e cobrar resultados dos programas é o único caminho para alcançar as soluções que todos desejam. PG 22/41 - Estes programas não vêm sendo monitorados por nenhuma das Câmaras Técnicas do C	DEFINIÇÃO DE ESCOPO NÃO APRESENTADA ATÉ O MOMENTO
Programa 23 e 24 - Manejo de rejeitos	PROGRAMA 23 Definir ações e projetos para destinação dos rejeitos ao longo de rios e margens atingidos PROGRAMA 24 Implementar estruturas de contenção de rejeitos com o propósito de reduzir a turbidez dos Rios afetados.		O desenvolvimento dos Planos de Manejo de Rejeitos não considera a participação dos atingidos na sua elaboração. Tal fato amplia o risco de que os planos não sejam aceitos na hora de sua implementação nas propriedades dos atingidos.	PARCIALMENTE APROVADO
Programa 25 - Recuperação da área ambiental	Recuperar a área diretamente atingida pelo rompimento da barragem de Fundão	As áreas revegetadas emergencialmente, semeadas com espécies herbáceas de rápido crescimento, somam 808,49 hectares; Até agosto de 2020, os trabalhos de recuperação, apoiados no plantio de mudas de espécies florestais e na condução da regeneração natural, foram realizados em 431 hectares, ou seja, em 77% dos 561 hectares.	A Ramboll avaliou a qualidade da restauração após o último período chuvoso de 2019 e foi constatado que a mortalidade das mudas foi de 50%, com relação ao que foi plantado pela Fundação Renova. Além disso, a Fundação Renova não executou a reposição das mudas mortas. Verificou-se que foram plantadas mudas de espécies de árvores exóticas em locais onde só deveriam haver espécies nativas	APROVADO INTEGRALMENTE
Programa 26 - Recuperação de áreas de preservação permanente (APP)	Melhorar a qualidade ambiental dos mananciais para captação de água daqueles municípios que tiveram seu abastecimento comprometido em função do desastre.	O estudo de áreas prioritárias nas bacias hidrográficas definidas como mananciais alternativos de captação, levou em consideração critérios ambientais, sociais e econômicos para definir as áreas de abrangência do programa.		APROVADO INTEGRALMENTE
Programa 27 - Recuperação de nascentes	Recuperar 500 nascentes por ano, durante 10 anos, totalizando 5.000 nascentes a serem definidas pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce.	Já houve a aprovação dos cinco (5) primeiros anos do programa, totalizando 2.500 nascentes. Considerando que o programa está no quarto ano de cadastramento das nascentes, até o momento, 1.500 nascentes deveriam ter sido incluídas, referentes aos primeiros três anos.		APROVADO INTEGRALMENTE
Programa 28 - Conservação da biodiversidade aquática	Focado na biodiversidade aquática dos ambientes atingidos pelo desastre. O programa é composto de ações de recuperação e conservação dos organismos aquáticos, assim como ações para conter e reduzir danos.	É estruturado em dois pilares principais: Projeto de avaliação, diagnóstico e execução de medidas de reparação; e Processos de monitoramento e identificação de danos agudos e crônicos.	Altos teores de lama, de metais e de minerais pesados – associados aos rejeitos de mineração de ferro Aumento no índice de acumulação de metais na biota para os ambientes dulcícola e marinho Altas concentrações de Fe (ferro), Al (alumínio) e outros contaminantes nos sedimentos dos manguezais. Impactos na biodiversidade, vegetação e evidências da presença de espécies invasoras na foz do rio Doce	PARCIALMENTE APROVADO
Programa 29 - Fortalecimento das estruturas de triagem e reintrodução da fauna silvestre	Construir e aparelhar dois Centros de Triagem / Reabilitação de Animais Silvestres		O programa ainda está na fase inicial de planejamento, com processos muito lentos. Seus indicadores ainda não foram aprovados pelo CIF.	PARCIALMENTE APROVADO
Programa 30 - Conservação da fauna e flora terrestre	Promover a preservação e a conservação da fauna e da flora terrestre.		A Avaliação Ecológica Rápida levantou dados qualitativos e produziu informações que não servem bem para sustentar de maneira eficiente as ações para reparar e recuperar os ambientes.	PARCIALMENTE APROVADO

Programa 31 - Coleta e tratamento de esgoto e destinação de resíduos sólidos	Destinar verba compensatória para 39 municípios originalmente reconhecidos como atingidos pelo Termo de Transição e Ajustamento de Conduta (TTAC) em ações de tratamento de esgoto e gestão de resíduos.	Para ter acesso aos recursos, os municípios encaminham as solicitações de esgotamento sanitário e resíduos sólidos ao sistema CIF para aprovação e posterior repasse das verbas solicitadas (podem fazer quantos pedidos forem necessários para executar as ações). Porém, atualmente, das 187 solicitações aprovadas no sistema CIF (no valor total de R\$ 357.676.074), apenas 20 delas receberam verba da Fundação Renova e outras 84 aguardam a liberação da verba há mais de 2 (dois) anos.	A evolução do PG031 até o momento é baixíssima, apenas R\$ 8,87 milhões (2,48%) dos recursos do programa foram disponibilizados aos municípios. O valor total da verba compensatória é de R\$ 517 milhões, e já está disponível em conta separada da Fundação Renova.	PARCIALMENTE APROVADO
Programa 32 - Melhoria dos sistemas de abastecimento de água	Garantir o reestabelecimento do abastecimento de água de 24 localidades (em 17 municípios que tiveram seus sistemas de abastecimento temporariamente inviabilizados).	apenas sete (7) localidades (30% previsto) apresentam captação alternativa. Melhorias das Estações de Tratamento de Água (ETA): para 26 unidades, até julho de 2020, 41% das ações foram finalizadas (153 de 374).	Alerta! – Muitas obras não foram iniciadas e quase 80% dos recursos já foram consumidos, o cronograma físico indica status do programa inferior a 50%. IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NAS ETA	PARCIALMENTE APROVADO
Programa 33 - Educação para a Bacia do Rio Doce	Desenvolver processos educativos que visam a promoção de uma cultura de sustentabilidade para revitalização da Bacia do rio Doce.		Necessidade de se estabelecer melhor conexão das ações desse Programa com as comunidades atingidas, para que os atores sociais centrais da reparação, a começar pelos jovens atingidos que fazem parte do cadastro, estejam presentes em todas as fases do Programa.	APROVADO INTEGRALMENTE
Programa 34 - Preparação às emergências ambientais	Implantação de ações de incremento às estruturas de apoio para os sistemas de emergências ambientais nos municípios da micro região, de forma integrada com a Defesa Civil,	Capacitação das Defesas Civis - Não iniciada	Com base no Censo Populacional 2018, verificou-se que existem, no total, 463 edificações situadas na área de dam break (estudo que avalia os potenciais impactos da ruptura de uma barragem), sendo 40 domicílios no município de Mariana e 423 domicílios em Barra Longa. Há moradias que tiveram sua localização consolidada através de reconstrução ou reformas. Segundo dados do PG10, já foram reformadas 31 edificações situadas na área de dam break nos municípios de Mariana e Barra Longa.	PARCIALMENTE APROVADO
Programa 35 - Informação para a população	Promover o registro, a guarda e o acesso a informações, memórias e processos relacionados às comunidades e municípios atingidos	Não há nenhum dos três Centros de Informações Técnicas (CIT) em funcionamento conforme comprometido no TTAC (Cláusula 174).		PARCIALMENTE APROVADO
Programa 36 - Comunicação e internacional	Estabelecer sítio eletrônico (site) na rede de computadores nacional e internacional para divulgar as ações e os programas desenvolvidos	Em média, nos últimos 12 meses, somente 25% dos acessos ao site da Fundação Renova na internet tiveram origem nos municípios atingidos. Em relação ao mesmo período do ano passado, houve um aumento de 3% nesses acessos, mas há muitas variações no número de acessos a cada mês, indicando que o site da Fundação Renova não é uma fonte estável de informações às comunidades atingidas.		APROVADO INTEGRALMENTE
Programa 38 - Investigação e monitoramento da Bacia do Rio Doce, áreas estuarina, e costeira e marinha atingidas	Avaliar como componentes do meio aquático foram afetados pelo rompimento da barragem de Fundão e realizar o monitoramento contínuo durante 10 anos das águas e sedimentos da região atingida.	As ações do programa de monitoramento vêm sendo executadas desde agosto de 2017 e os resultados das coletas automáticas são disponibilizados em boletins semanais e mensais pela Fundação Renova	Os resultados ainda não são apresentados de forma clara e objetiva, como através de uma linguagem acessível aos atingidos e a todos os usuários das águas da região, tampouco alertam sobre eventuais riscos de uso e/ou consumo.	NÃO APROVADO
Programa 39 - Consolidação de unidades de conservação	Realizar estudos referentes aos danos nas Unidades de Conservação (UCs) direta e indiretamente atingidas pelo desastre e executar as ações de reparação necessárias.	Apenas a fase 1 da cláusula 181, que mede os impactos causados nas Unidades de Conservação (UCs) e indica as soluções para sua recuperação, está em andamento	A Câmara Técnica-Bio (CT-Bio) considerou adequados os seis relatórios entregues pela Fundação Renova; As medidas reparatórias dos impactos também foram consideradas adequadas	PARCIALMENTE APROVADO
Programa 42 - Ressarcimento dos gastos públicos extraordinários	Ressarcir os gastos públicos e despesas extraordinárias das entidades que firmaram o TTAC e dos municípios atingidos pelos danos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão.	Dos 40 municípios reconhecidos inicialmente como atingidos pelo TTAC, 38 tiveram ressarcidos os gastos extraordinários reconhecidos por conta do rompimento da barragem de Fundão	Nos relatórios mensais emitidos pela Fundação Renova ao CIF, as informações sobre os gastos deste programa têm sido contraditórias e nem sempre detalhadas. Com o desastre, e os danos causados pelo rompimento da barragem de Fundação, municípios e órgãos públicos de um modo geral reduziram sua capacidade econômica de gerenciar e resolver os problemas da coletividade	APROVADO INTEGRALMENTE

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados (RAMBOL, 2021)

Por fim, se até aqui privilegiamos a análise tomando como referência as ações específicas de ações de saúde e de assistência social, instâncias de mitigação que, por vezes, não é a expertise do setor privado, e que deveria estar sobre total controle do setor público. Devemos considerar também as oportunidades perdidas de real redução das condições de vulnerabilidade, fatores que estão na raiz do próprio conceito de desastres. De Marchi e Ravetz (1999) apontam aspectos importantes para combinar a redução de risco de desastre RRD com a governança. Nessa perspectiva, é necessário não só estruturar os órgãos fiscalizadores para desempenho de sua função, mas também combiná-los com participação da sociedade e transparência pública como princípios básicos.

Destacamos três princípios apontados por De Marchi e Ravetz :

1) o conhecimento partilhado entre as instituições nos processos de gestão – reconhecer a necessidade de incorporação de diferentes tipos de conhecimento. A diversidade de atores e experiências na definição do risco significa a efetiva participação de trabalhadores e comunidades nos processos de gestão dos riscos de desastre, além de representações da sociedade civil organizada;

2) a congruência dos projetos, planos e ações de prevenção e mitigação de riscos, bem como de resposta e recuperação em desastres, considerando um conjunto de diferentes atores e escalas espaciais e temporais de atuação;

3) a confiança, como condição fundamental, o que envolve não só uma ação integrada dos diferentes órgãos de governo, mas também a transparência das informações e decisões associada à uma participação efetiva dos diferentes atores, sejam institucionais ou leigos.

E, é exatamente o contrário que se assiste nas ações da Fundação Renova ao longo dos anos de vigência do TTAC. A não adoção de estratégias de comunicação dialogada e participativa para lidar com a diversidade de públicos é apresentado em diversos programas avaliados no quadro 12. Falhas apresentam-se de maneira transversal a todos os programas de mitigação e reparação e se assemelha como uma estratégia que vem beneficiando apenas os réus.

A participação e, conseqüentemente, o diálogo ficam sob suspeição quanto à verdadeira intenção de promover reparações e oferecer respostas aos atingidos pelo desastre. Principalmente, considerando que a Fundação Renova continua priorizando a defesa de sua reputação na comunicação dirigida à população atingida, o que a leva a investir em uma comunicação institucional focada em propaganda e marketing para grandes mídias, em

detrimento da comunicação focada aos interesses dos territórios e de suas especificidades regionais (quadro 12).

Nesse sentido, a fragilidade da comunicação constituiu-se em um aspecto que reforçou o sentimento de desconfiança entre as partes, não houve (e não há) uma estratégia de interlocução organizada com a população que não ocorra pelos canais instituídos pela Fundação Renova (RAMBOL, 2021). Se as intenções deveriam estar sendo implementadas visando medidas de comunicação de risco, segundo a consultoria Rambol, este importante programa funciona sobre perspectiva de auto promoção e defesa dos interesses da Fundação Renova e das empresas.

Considerando que a complexidade da gestão da situação está na relação dos diversos níveis de indeterminância e da incerteza da situação. Os atingidos acabam sendo lesados duplamente frente às suas necessidades e direitos. Em primeiro lugar foram impedidas de continuar dando sequência ao normal transcurso das suas vidas. Em segundo, a medida que continuam impedidas de exercer seus direitos constitucionais básicos à saúde, à alimentação saudável, ao trabalho, à moradia, dentre outros, pela morosidade com que as ações de reparação vêm sendo executadas pela Fundação Renova (RAMBOLL, 2020). Não obstante, tais programas sofrem de sua reduzida abrangência, considerando que poucos territórios foram beneficiados e, os que tiveram um olhar diferenciado das empresas envolvidas, apresentam como característica a maior proximidade com a barragem ou estão restritos aos maiores aglomerados urbanos atingidos.

As principais questões nas áreas social, de economia, infraestrutura e governança permanecem sem solução. Além dos trabalhadores e comunidades urbanas, há centenas de formas de usos e ocupação dependentes dos recursos ecossistêmicos, tornando difícil separar quem é ou não exposto. Questões de infraestruturas que deveriam ser mitigadas ainda não o foram.

A falta de sistemas de tratamento de esgoto na Bacia do Rio Doce, já se configurava de forma precária no cenário pré desastre, com serviços e unidades de saneamento básico deficientes. Dos 39 municípios diretamente afetados pelo rompimento da barragem, quatro coletavam e tratavam mais de 50% de seu esgoto; ao todo, mais de 80% dos municípios não dispunham de esgotamento sanitário ou de unidades de tratamento (Guerra et al 2014). Até o momento, apenas R\$ 8,87 milhões (2,48%) dos recursos do programa voltado a coleta e tratamento de resíduo foram disponibilizados aos municípios. O valor total da verba

compensatória é de R\$ 517 milhões. Atualmente, das 187 solicitações aprovadas no sistema CIF (no valor total de R\$ 357.676.074), apenas 20 delas receberam verba da Fundação Renova e outras 84 aguardam a liberação da verba há mais de 2 (dois) anos.

Se o desastre causou impactos e danos ao meio ambiente, envolvendo inclusive substâncias tóxicas à saúde humana e animal, o empenho de iniciativas voltadas à gestão de resíduos na bacia do Rio Doce poderia auxiliar na situação. Além disso, em termos de impactos de curto e longo prazo considerados por políticas de saúde pública, desastres tem o potencial de influenciar alterações nos ciclos de vetores e hospedeiros de doenças infecciosas, bem como os habitats de animais peçonhentos (Freitas et al 2014), tornando mandatório a aplicação de melhores práticas de coleta e tratamento de resíduos urbanos e rurais.

Se por um lado as falhas e vulnerabilidades anteriormente permanecem, por outro, melhorias no sistema de captação e tratamento de água para consumo humano não avançam. Das implementações previstas para as 26 unidades Estações de Tratamento de Água (ETA), até julho de 2020, apenas 41% das ações foram finalizadas (153 de 374), sendo Galileia (MG) e Linhares-Regência (ES) as únicas localidades com todas as melhorias na ETA executadas e aprovadas sem pendências. Muitas das obras previstas ainda não foram iniciadas e quase 80% dos recursos já foram consumidos, o status de implementação do programa é inferior a 50%.

De um total de 31.314 famílias cadastradas para o acesso à renda emergencial, apenas 35% foram consideradas aptas a serem indenizadas, o que corresponde a um total de 20.495 famílias desassistida. Muitas categorias profissionais que apresentaram perda de produtividade e interrupção no acesso a renda e de bens de uso coletivo ainda não tiveram acesso à renda emergencial. Do total de cadastrados, 4.897 (16%) tiveram suas indenizações negada, considerados como “impactados indiretos” e, portanto, “não elegíveis” e 14.490 (48%) se encontram sob análise (RAMBOLL, 2020).

Diversas famílias ainda se encontram à espera do reassentamento, mesmo após 5 anos passados do desastre. Ainda em 2020, nenhuma família atingida havia sido reassentada em Mariana e Barra Longa. Dos 542 atendimentos ao reassentamento, apenas nove (9) foram concluídos (quadro 12). Segundo a Fundação Renova, a demora no reassentamento das vítimas se dá em razão de questões fundiárias, ambientais e urbanísticas que ainda não foram elucidadas (JORNAL HOJEEMDIA, 2019). Além disso, alguns assentamentos coletivos ainda tramitam no sistema judicial e até o momento não há parecer. É o caso da comunidade de Paracatu de

Baixo, onde a Fundação Renova propusera reassentar apenas uma parcela da população atingida, o que é inadmissível e fator desagregador das reivindicações coletivas.

Caso não haja um forte empenho para se desenvolver capacidades locais para monitorar os impactos na saúde, no meio ambiente e na reconstrução das estruturas e equipamentos públicos certamente o sentimento de exclusão e não reconhecimento com o lugar irá se agravar. Além disso, incluir os membros da comunidade e incentivar a participação nas atividades de monitoramento podem contribuir para a conscientização, comunicação e repasse de informações sobre fatores de risco e prevenção de doenças em nível local, além de conduzir uma conscientização sobre a importância do saneamento e dos direitos das comunidades.

6.2 IDENTIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E MENSURAÇÃO DOS DANOS SOCIOAMBIENTAIS DECORRENTES DO DESASTRE NA BACIA DO RIO DOCE NO MÉDIO/ LONGO PRAZO.

Antes do desastre da Samarco, já se observavam desconformidades em relação aos padrões de qualidade de água da Resolução CONAMA nº 357/2005 nos corpos hídricos atingidos pela lama de rejeitos provenientes da barragem de Fundão. Contudo, em novembro/2015, a partir do cenário de risco gerado pelo desastre, assistiu-se o arraste de solo, vegetação e edificações, entre outros, bem como, remobilização e disponibilidade de elementos potencialmente tóxico depositados no leito dos rios afetados.

A partir do desastre aferiu-se que a frequência de ocorrência de não conformidades dos parâmetros analisado se elevou de modo expressivo. Inclusive, foram registradas desconformidades inéditas para alguns parâmetros de qualidade de água nos mananciais superiores monitorados. Salientamos que, em condições anteriores ao rompimento, não haviam sido registrados desacordos para determinados parâmetros nas estações de amostragem do Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM), que apresentam histórico de monitoramento de até 15 anos pretéritos ao ano de 2015, para algumas estações.

Como assistido na tabela 3, com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período imediatamente após o rompimento. Contudo, ainda foram observadas situações que indicaram que não houve o reestabelecimento das condições de linha-base, ou seja, retorno às condições ambientais anteriores ao desastre.

Em 2021, ainda são verificados percentuais de desconformidades superiores aqueles de linha-base principalmente no que se refere aos seguintes parâmetros: manganês total, ferro

dissolvido alumínio dissolvido, cádmium total, chumbo total, cromo total, cobre total e zinco total. Ou seja, não conformidades para esses parâmetros se tornaram mais frequentes e em maior intensidade em relação à condição pré-rompimento (tabela 3).

No monitoramento realizado no trecho de rio compreendido entre os municípios de Barra Longa/MG (rio do Carmo) e Belo Oriente/MG (rio Doce), por exemplo, no ano de 2018, os desacordos para manganês total ocorreram entre 58% e 75% do tempo, em comparação com os históricos registrados. Antes do desastre essa variação vaiava entorno de 38% a 64%. Para o parâmetro ferro dissolvido, os percentuais de desconformidades variaram de 8% a 45% nesse mesmo trecho em 2018, quando antes a faixa de variação era de 0% a 20%. Para o alumínio dissolvido, os percentuais passaram de 14% a 19%, antes do rompimento, para 17% a 33%, em 2018. Nos municípios de Barra Longa/MG e Santa Cruz do Escalvado/MG, a frequência de ocorrência de não conformidades para o chumbo total no rio Doce, no período monitorado em 2018, também se apresentou mais elevada em relação à linha-base, passando de 3% a 8% antes do desastre para 10% a 17% (LACTEC, 2019).

Estações de monitoramento no trecho médio do Rio Doce, na altura dos municípios de Fernandes Tourinho/MG e Periquito/MG, também observou aumento da frequência de ocorrência de desconformidades no rio Doce em 2018, em relação à condição pré-rompimento principalmente para: manganês total (de 10% para 17%), ferro dissolvido (de 7% para 42%) e alumínio dissolvido (de 3% para 8%) (LACTEC, 2019).

Seguindo o percurso do rio Doce, entre os municípios de Governador Valadares/MG e Aimorés/MG, o aumento na frequência de desconformidades ocorreram principalmente para o parâmetro ferro dissolvido (de 7% a 22% para 33% a 50%) e o alumínio dissolvido (de 10% a 24% para 33% a 58%). Em relação ao parâmetro manganês total, não conformidades foram registradas, porém em percentual próximo ao encontrado na condição pré-rompimento nesse trecho (LACTEC, 2019).

No estado do Espírito Santo, antes do desastre, o órgão ambiental não realizava análises que contemplassem espécies químicas metálicas ou semimetálicas. Desse modo, para a constituição de referencial de linha-base para esse trecho do rio Doce, visando se obter uma faixa de variação bem como ordem de valores que ocorriam previamente ao rompimento, utilizou-se dados de água bruta produzidos pelo Sanear Colatina, entre 2012 e 2015. Nesse contexto, em Linhares/ES, foram observados percentuais de desconformidade para o chumbo

total em 8% do tempo monitorado em 2018, sendo que os dados do Sanear Colatina anteriores ao rompimento não haviam indicado não conformidade para esse parâmetro (LACTEC, 2019).

Em relação ao aporte de sólidos, em todos os trechos de rio avaliados no ano de 2018 ainda foi verificado um aumento de ocorrência de desacordos para a turbidez em relação à condição pré-rompimento. Antes do desastre, a frequência de ocorrência de não conformidades para a turbidez variava de 6% a 17% no trecho compreendido entre Barra Longa/MG e Linhares/ES. Em 2018, essa variação subiu para 17% a 42%, sendo que os percentuais mais elevados foram registrados entre Barra Longa/MG e Belo Oriente/MG (LACTEC, 2019).

Vale salientar que valores elevados de turbidez podem comprometer o processo de tratamento da água para o abastecimento público, tornando-o ineficiente e demandando maior volume de agentes sanitizantes.

Ainda em relação a tabela 3 (item 3.1.1), achados do monitoramento realizado pelo IGAM corroboram com os dados da consultora LACTEC. É importante mencionar que no trecho de rio avaliado, além de desconformidades para manganês total, ferro dissolvido e alumínio dissolvido como apontado nos parágrafos anteriores, foram registradas também elementos potencialmente tóxicos, tais como, chumbo total, cádmio total, zinco total e cobre dissolvido. Destaca-se o parâmetro cádmio total, que antes do rompimento apresentava baixíssima frequência de ocorrência de não conformidade, tendo o percentual de desacordos se elevado após o desastre (tabela 3). Além disso, segundo análise da consultora LACTEC (2019), desacordos para coliformes termotolerantes são bastante frequentes no rio Doce e no rio do Carmo, principalmente após o desastre, sendo correlacionado ao baixo nível de tratamento de esgoto na região.

6.2.1 Qualidade de Água para Consumo Humano

Em relação ao abastecimento público de água para consumo humano, uso mais nobre da água, de forma geral, as principais desconformidades em relação à Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde ocorreram para o parâmetro turbidez e para os elementos potencialmente tóxicos alumínio, cádmio, ferro e manganês. Parâmetros que apresentaram as maiores porcentagens e frequência de amostras com valores acima da legislação. Contudo, valores desconformes no parâmetro chumbo e cádmium também chamam atenção devido ao seu potencial de toxicidade aos humanos (LACTEC, 2019).

A Estação de Tratamento de Água (ETA) do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) de Itapina teve o maior número de não conformidades dentre todas as ETAs avaliadas no período pós-desastre, onde foram registradas 27 desconformidades para o manganês, sendo 21 somente em 2017, 12 para o alumínio e 4 para o cádmio, entre 2016 e 2017. As amostras da água distribuída no município de Belo Oriente (distrito de Cachoeira Escura) também apresentaram resultados acima do valor máximo permitido. Registradas desconformidades para o parâmetro chumbo e cromo em 2015, elementos de interesse à saúde. Neste ano também houve a ocorrência de valores acima do permitido para o parâmetro chumbo em duas amostras coletadas na ETA de Galileia. Além desses locais, valores acima da legislação para cádmio foram encontrados nas ETAs de Alpercata, Galileia, Tumiritinga e nas ETAs de Governador Valadares (Recantos dos Sonhos, Santa Rita, São Vitor, Vila Isa e Central), em 2016. Portanto, segundo os laudos laboratoriais, os maiores valores em desconformidade com a legislação para água potável foram encontrados nos anos de 2015 e 2016. Porém, valores acima do permitidos também ocorreram em 2017, porém em menor frequência. Neste período (2017), foram verificados valores desconformes para os parâmetros ferro, manganês e alumínio, principalmente, em Colatina, Belo Oriente e no IFES de Itapina (LACTEC, 2019)

6.2.2 Qualidade do Ar

Ocorreu monitoramento da qualidade de AR apenas durante o período de 2016 a 2018 e considerado o município de Barra Longa e adjacências. Nesse cenário, observa-se que, para a fração total de partículas em suspensão (PTS) não apresentou violações do valor limite estabelecido ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para a média de 24 horas). Entretanto, para a fração de partículas inaláveis (PM₁₀), em comparação aos padrões da OMS, verifica-se que a estação Barra longa violou o padrão 37 vezes no ano de 2016. Assistiu-se significativa redução nos anos subsequentes. No entanto, violações para as PM₁₀ na estação Barra Longa também foram observadas no ano de 2017. Com relação às partículas respiráveis (PM_{2,5}), a qual é monitorada apenas na estação Barra Longa, no ano de 2017, foram observadas quatro violações aos padrões estabelecidos pela OMS.

Das três localidades onde a qualidade do ar foi monitorada durante os anos de 2016 a 2018, Barra Longa foi impactada, principalmente no ano de 2016, ano este em que obras de reconstrução estavam sendo executadas, o rejeito estava sendo removido e, conseqüentemente, o tráfego de veículos de alto e baixo impacto aumentou consideravelmente na região. A situação

de ressuspensão foi agravada inclusive pela permanência do rejeito retirado das casas e ruas da cidade e sua deposição no Parque de Exposições de Barra Longa, o qual, devido a ação do vento, elevou a exposição à inalação pelas pessoas, uma vez que a área é localizada em um bairro residencial do centro urbano (LACTEC, 2019). Estas condições poderão se agravar nos períodos secos, onde existem condições climáticas que contribuem para que as partículas permaneçam em suspensão no ar por maior tempo.

Estes achados refletem a situação de saúde apresentada pelos estudos realizados, em Barra Longa, em 2017, pela equipe de campo do EPI_SUS - Ministério da Saúde e o Instituto Saúde e Sustentabilidade. De acordo com o relatório do Instituto Sustentabilidade (2017), os moradores de Barra Longa permaneceram expostos ao rejeito, pelo menos durante um ano, em função da presença do rejeito no centro urbano, nas casas, nas ruas, durante as obras de reconstrução da cidade (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2017; VORMITTAG, OLIVEIRA, 2018). Das questões apresentadas pelo estudo (item 3.1.3), cerca de 40,5% dos problemas de saúde relatados são de origem respiratória. Dentre os agravos, destacam-se tosse, alergia respiratória, rinite ou coriza e falta de ar. Para as crianças de até 13 anos, este valor aumenta para 60%. O EPI_SUS também registrou aumento significativo de 23% nos atendimentos no período de julho de 2016 a maio de 2018. O maior número de registros foi por Infecções de vias aéreas superiores (IVAS), 1.060 (14,2%).

Os dados apresentados refletem a grave situação ambiental e de saúde que foi assistido após o desastre. A população esteve exposta por período longo, configurado situação de exposição subcrônica e crônica, a depender da localidade. Apesar dos dados de monitoramento da qualidade ar refletir apenas a localidade adjacente ao centro urbano de barra longa, é possível indagar que outros territórios possam ter registrado sobreposição da área de várzea dos mananciais afetados e podem ter gerado situação análogas.

6.2.3 Biomagnificação na fauna aquática

A contaminação de ecossistemas terrestres e aquáticos por elementos tóxicos constitui risco eminente de intoxicação à biota e ao homem. Organismos aquáticos apresentam maior capacidade de concentrar elementos químicos e seus compostos, apresentando, a depender da dose e do tempo de exposição, concentrações superiores às encontradas nos compartimentos ambientais avaliados (água e sedimento). Deste modo, apresentam-se relevantes à saúde à

medida que geram informações sobre a dinâmica de ciclagem desses elementos nos ecossistemas. Mas, também são importantes matrizes de avaliação ambiental, responsáveis, inclusive, na exportação de contaminantes entre os ambientes aquáticos e terrestre, e via cadeia alimentar, são importantes rotas de exposição humana pois, frequentemente, compõem hábitos alimentares das populações ribeirinhas (LACTEC, 2019).

A Portaria nº 40 de 11 de maio de 2017, redigido pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF, 2017) proibiu a pesca de “espécies autóctones de peixes em toda a bacia do rio Doce”, com o intuito de preservar e a conservar os recursos pesqueiros, de modo assegurar o equilíbrio ecológico e a biodiversidade no manancial afetado na Estado de Minas Gerais. A portaria permitiu a “captura e o transporte de espécies alóctones ou exóticas e de espécimes híbridos, sem limite de cota para o pescador profissional e com limite de 10 kg (dez quilogramas) mais um exemplar de qualquer tamanho acima do mínimo estabelecido pela legislação vigente para o pescador amador”.

De modo a estimar o risco à saúde humana, decorrente da ingestão de metais e semimetais, por meio do consumo de pescados originários de regiões afetadas pelo desastre da Samarco, a Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) apresentou um parecer técnico sobre o impacto à saúde humana decorrente do consumo de pescado provenientes de regiões afetadas da Bacia do Rio Doce. Para tanto, analisou-se amostras de pescado coletadas na porção continental da bacia do rio Doce e nas porções estuarina-marinha desta (de Guarapari/ES até Abrolhos/BA). Foram considerados espécies de peixes, crustáceos e molusco, que foram avaliados quanto a contaminação por 12 elementos [cádmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), chumbo (Pb), ferro (Fe), manganês (Mn), mercúrio (Hg), arsênio (As), alumínio (Al), níquel (Ni), prata (Ag) e zinco (Zn)], dos quais, apenas oito (Cd, Cr, Cu, Pb, Fe, Mn, Hg e As) foram quantificados em peixes de água salgada (ANVISA, 2019).

Segundo os dados compilados no parecer técnico da ANVISA, peixes de água doce apresentaram concentrações médias elevadas para arsênio (As) (0,049 mg/kg), cobre (Cu) (0,213 mg/kg), cromo (0,16 mg/kg), mercúrio (Hg) (0,13 mg/kg), manganês (Mn) (0,869 mg/kg) e chumbo (Pb) (0,13 mg/kg). Peixes de água salgada apresentaram médias elevadas para ferro (Fe) (3,208 mg/kg), crustáceos, por sua vez, para cádmio (Cd) (0,098 mg/kg). Os elementos alumínio (9,14 mg/kg), prata (Ag) (0,317 mg/kg), zinco (Zn) (7,98 mg/kg) e níquel (Ni) (0,145 mg/kg) foram avaliados apenas em peixes de água doce. A comparação das médias das concentrações dos elementos essenciais, manganês (Mn) (0,869 mg/kg) e zinco (Zn) (7,98

mg/kg), indicam que as mesmas ultrapassam em até 199% dos limites determinados para o consumo de 100g de peixe. Na comparação realizada pela ANVISA quanto as concentrações de cada um dos doze elementos avaliados com a concentração média encontrada em pescados comercializados mundialmente, as concentrações de cádmio em pescados de água salgada e de mercúrio e chumbo em pescados de ambos os ambientes avaliados estão acima da média mundial (ANVISA, 2019).

A avaliação realizada pela ANVISA indicou que as concentrações de alumínio estão acima do limite máximo tolerável em 2,9% dos indivíduos amostrados, considerando o consumo de uma porção de 60g por dia. Para mercúrio (Hg) o comprometimento é de 23% das análises para peixes de água doce, 16% para peixes de água salgada e 14% para crustáceos. Para cádmio (Cd), o comprometimento dos limites toleráveis para ingestão mensal foi de 1,7% para peixes de água doce, 26,6% para peixes de água salgada e 11,8% para crustáceos. Para chumbo (Pb), o risco de redução do quociente de inteligência (QI) em crianças com consumo diário de 309g de peixe de água doce não pode ser excluído, assim como o risco de efeitos nefrotóxicos em adultos que consumam esta mesma quantia também é considerável (LACTEC, 2019).

De acordo com a avaliação da Agência, o consumo diário de peixe da região não deve ser maior que 200 g para adultos e de 50 g para crianças. Esse número foi definido levando em consideração os níveis de contaminação encontrados nas amostras e os níveis tolerados de resíduos. A concentração de mercúrio e chumbo nos peixes coletados é a que mais preocupa, pois ultrapassou a ingestão máxima tolerada sem que seja observado efeito adversos.

Baseado nas análises realizadas pela ANVISA. A consultoria LACTEC alerta que o pescado coletado tanto na porção continental quanto estuarina e marinha apresentaram elevadas concentrações dos elementos químicos tóxicos e, conseqüentemente risco à saúde se os mesmos forem consumidos. Entre os elementos mais preocupantes, em relação ao seu potencial de toxicidade à saúde humana, deve-se ter especial atenção aos elementos mercúrio e o chumbo, os quais foram encontrados nas amostras avaliadas. É válido ressaltar que para estas análises, a ANVISA considerou dados conservadores quanto ao consumo diário de peixes pela população, que talvez não seja condizente com os hábitos alimentares das diferentes comunidades locais. Do mesmo modo, nos dados considerados não houve separação quanto ao nível trófico dos organismos avaliados, que os difere quanto a capacidade de bioacumulação (LACTEC, 2019).

Na porção com influencia salina os resultados da avaliação realizada pela agência ANVISA podem apresentar um alerta à saúde pública para além das regiões consideradas diretamente afetadas. Conforme verificado através dos resultados, é possível afirmar que todos os pescados (moluscos, crustáceos e peixes) capturados nos diferentes pontos ao longo da costa do Espírito Santo estão contaminados. Dentre eles, o mais representativo foi o parâmetro (As) que apresenta elevados níveis em todos os grupos taxonômicos analisados, especialmente nos crustáceos, cujo as concentrações foram superiores aos limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira (LACTEC, 2019).

No entanto, é importante mencionar que outros elementos como Cd, Cu, Cr, Hg e Se (para moluscos); Cu, Hg e Se (para crustáceos) e Hg e Se (para peixes) também estão em concentrações de alerta cuja representatividade está acima de 50% e, por vezes de 100%, do limite máximo diário estabelecido pelas regulamentações nacional e internacionais. De modo geral, todos os pontos amostrais apresentam contaminação (LACTEC, 2019)

Considerando que a região costeira adjacente a Foz do rio Doce representa um dos principais entreposto pesqueiro nacional, de onde são obtidos recursos por meio de diversas modalidades de pesca. O consumo de pescado de toda a região acometida pelo desastre pode se caracterizar como uma forte fonte de contaminação e risco para a saúde da população.

Deste modo, a liberação da pesca pode se caracterizar como via de exposição passada, presente e futura, representando risco para a saúde humana. Ademais, há de se considerar que a ingestão de pescado não é a única fonte de contaminação por estes elementos na região

6.2.4 Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana

Em um estudo de avaliação de risco, se utilizando da metodologia da agência americana ATSDR adaptada as premissas do Sistema Único de Saúde (SUS). Avaliou-se possíveis contaminantes de interesse à saúde e estabeleceu as rotas de exposição humana (fonte de contaminação, compartimento ambiental afetado, ponto de exposição, via de exposição e população receptora) nos municípios de Mariana MG e Barra Longa MG, municípios jusante à barragem, e o município de Linhares ES, na região de foz do Rio Doce.

Em Mariana e Barra Longa foram estabelecidos como contaminantes de interesse o Cd, tendo como rota de exposição completa o solo superficial e a poeira domiciliar. No entanto, poeira domiciliar também foi determinada como uma rota de exposição completa no passado,

desde o rompimento da barragem, no presente e no futuro para os metais Pb/Cu/Zn/Ni (SILVA, ASMUS, *et al.*, 2019). Já em Linhares ES, foi aferido a existência das rotas de exposição completas para os compartimentos ambientais: solo superficial, poeira domiciliar e água para consumo humano. Tais rotas englobam as substâncias cádmio, arsênio, antimônio, zinco e chumbo, sendo que o cádmio e arsênio são classificados como potencialmente carcinogênico e carcinogênico (CT-SAÚDE, 2021).

O estudo explica em parte as alterações epidemiológicas registradas em Minas Gerais, sugerindo que os problemas respiratórios e dérmicos podem estar associados com a exposição à poeira e seus contaminantes específicos (SILVA, ASMUS, *ET AL* 2019). Não obstante, no município de Linhares (Espírito Santo) os relatos e queixas de perda da qualidade de saúde da população também são constantes, sendo relatados coceira e irritação na pele e ardência e irritação ocular relativas ao contato com a água subterrânea ou superficial. Aponta-se no relatório que tais queixas podem estar relacionadas com a presença de altos teores de ferro e manganês na água (CT-SAÚDE, 2021).

Os dados ambientais obtidos pela equipe de ARSH assinalam o solo superficial nas áreas de deposição da lama de rejeito como uma **rota completa de exposição no passado**, desde o rompimento da barragem, e **no presente**, pelo contato direto, inalação e ingestão (involuntária, adultos; e crianças, principalmente na fase de engatinhar) de poeira contaminada para os residentes dessas áreas. Da mesma forma, o solo superficial representa uma **rota potencial de exposição futura** principalmente para os residentes das áreas na direção dos ventos predominantes para onde ocorra a deposição da poeira contaminada (SILVA, ASMUS, *ET AL* 2019).

Ambas as áreas avaliadas sofreram o enquadramento como Categoria A: Perigo urgente para a Saúde Pública”. Considerando haver evidências suficientes que sugerem a existência de um perigo para a saúde das populações expostas aos contaminantes definidos através da ingestão, inalação ou absorção dérmica das partículas de solo superficial e/ou da poeira domiciliar contaminadas, seja no passado, no presente e no futuro. Esta exposição pode determinar a ocorrência de efeitos lesivos sobre a saúde dessas populações, imediatos ou de longo prazo, devendo ser objeto de recomendações de ações de saúde pertinentes para sua prevenção e assistência (SILVA, ASMUS, *ET AL* 2019; CT-SAÚDE, 2021).

Salientamos ainda que estes contaminantes apresentam diferentes potenciais tóxicos, ou lesivo, à saúde humana (IPCS - INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL

SAFETY, 1978), inclusive essa exposição, foi sugerida uma possível relação causal positiva ao aumento na incidência de hipertensão um ano após o acidente (VORMITTAG, OLIVEIRA, 2018; INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2017).

Inicialmente, avaliando os resultados obtidos pela equipe de ARSH, há de se ressaltar que as amostragens foram realizadas em poucos sítios e compartimentos ambientais diretamente impactados pela lama de rejeitos. O antes “o inerte rejeito”, com o passar do tempo, sua deposição no solo superficial ou nos sedimentos fluviais e indisponibilizados temporariamente poderão se tornar, no médio longo prazo, fonte permanente remobilização e biodisponibilidade de elementos potencialmente tóxicos. Como salienta Silva (2021), além de agentes bióticos, principalmente os microbianos, e eventos extremos, como as enchentes e cheias, se tornarão agentes constantes para a remobilização e biodisponibilização dos contaminantes após diferentes compartimentos ambientais.

Mesmo considerando que a exposição ocorra envolvendo baixa dosagem de contaminantes, deve-se lembrar que os contaminantes metálicos após serem disponíveis para o ambiente, ao contrário da maioria dos contaminantes orgânicos, não desaparecem, alguns, inclusive, sofrem transformações resultando em espécies mais tóxicas e com maior capacidade de se tornarem biodisponíveis. Tais aspectos chamam atenção para a necessidade urgente de ampliar a avaliação dos solos de várzeas na bacia do Rio Doce. Esta eventual exposição pode determinar a ocorrência de desfechos negativos à saúde, devendo ser objeto de recomendações de saúde para cessar ou reduzir a exposição além de implantar ações de prevenção, vigilância e assistência em saúde de forma integral.

6.3 CARACTERIZAÇÃO E MENSURAÇÃO DANOS SOCIOECONÔMICOS DECORRENTES DO DESASTRE NA BACIA DO RIO DOCE NO MÉDIO/ LONGO PRAZO

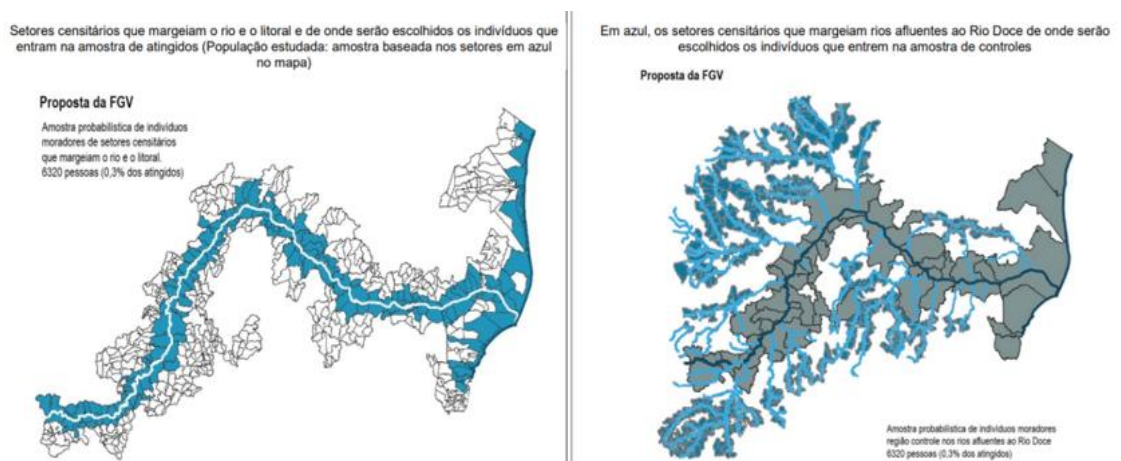
O objetivo dessa seção do texto é apresentar os dados do diagnóstico social das áreas afetadas do Rio Doce por meio da sistematização dos dados da Fundação Getúlio Vargas disponibilizado por meio do projeto- Avaliação dos Impactos e Valoração dos Danos Socioeconômicos Causados para as Comunidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão, como expert do Ministério Público Federal (FGV, 2019; FGV_A, 2019).

Para avaliar o impacto do desastre da Samarco, a população de indivíduos atingidos será comparada com uma amostra da população de indivíduos controle, cuja diferença principal é que a segunda população não experimentou as consequências do desastre. O desenho do estudo visa, entre seus achados, atribuir diferenças entre o grupo de atingidos e o grupo de controle, mensurada a partir de uma medida de associação epidemiológica conhecida como Risco Atribuível, associação que sugere quanto maior é o risco de danos à saúde em um grupo de estudo em comparação com outro, de forma que a diferença possa ser atribuível ao desastre.

Trata-se de uma análise descritiva exploratória dos dados disponibilizados pelos sistemas de informação municipal, estadual e federal. Tem-se que um estudo transversal utilizando um grupo de comparação, permitirá entender quais foram (se eles existem) os principais agravos à saúde física e mental resultantes do desastre na população atingida.

O estudo foi realizado através da comparação da incidência por 100 mil habitantes para cada agravo nos municípios 45 municípios atingidos e 85 controles, considerando o período de 2015- 2019 (figura 18). Estes municípios serão escolhidos baseando-nos em dois conjuntos de variáveis: um geográfico (municípios ribeirinhos aos afluentes do Rio Doce), e outro relativo às variáveis socioeconômicas e demográficas dos municípios de comparação. Para a seleção das populações controles para o estudo proposto pela FGV envolvem uma série de variáveis de diversos bancos de dados disponíveis com informações sobre renda, escolaridade, IDH, sexo, etc.

Figura 17 – Setores censitários selecionados para o estudo, considerando populações atingidas e controle.



Fonte: (FGV, 2020)

6.3.1 Implicações à saúde pública

O rompimento da barragem da Samarco reduziu em 3 anos a expectativa de vida na população exposta, quando comparado à população controle. Expostos também apresentaram associação positiva em relação a alteração do padrão esperado de mortalidade associada por arboviroses, com destaque para a febre amarela e, mais preocupante, para diversos tipos de neoplasias. A incidência de abortos e de câncer nos municípios atingidos é preocupante, pois os riscos relativos para alguns tipos de abortos e a mortalidade por câncer são extremamente elevados (FGV_A, 2019).

Na Tabela 5 são apresentados os dados da comparação temporal (antes e depois do rompimento da barragem) dos principais agravos de notificação registrados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação SINAN, para os municípios atingidos e controles. Nela estão representadas as diferenças percentuais das variações nas incidências por 100 mil habitantes antes e depois do desastre, para atingidos e controles, assim como o cálculo do risco relativo (RR) para cada agravo. Cabe destacar que todos esses agravos correspondem a doenças infecciosas (a maioria de transmissão vetorial), com exceção dos acidentes por animais peçonhentos e a violência doméstica.

Destacam-se, entre os agravos notificado no banco SINAN, que as doenças infectocontagiosas, principalmente de transmissão vetorial e acidentes por animais peçonhentos, o que pode estar associado as modificações ambientais registradas ao longo da Bacia do Rio doce pode ter relação com possível modificação do padrão esperado de reservatórios, hospedeiros e vetores.

Ainda em relação a tabela 5, os agravos que apresentaram maior variação percentual entre municípios atingidos e controles, antes e depois do rompimento da barragem, apresentaram, em muitos casos, incidências nas populações controles iguais a zero. Portanto, não foi possível calcular o risco relativo, apesar do aumento no número de casos após o desastre nas populações de atingidos. Alguns agravos apresentaram riscos relativos menores que 1, mas tiveram crescimento em número absoluto após o desastre nos municípios atingidos podem ter associação causal com o desastre, como é o caso da síndrome respiratória aguda, violência doméstica, sexual e/ou outras violências e os acidentes por animais peçonhentos. Destacamos ainda alguns agravos que apresentaram riscos relativos maiores que 1 e diferenças percentuais

também elevadas, tais como a influenza humana de tipo pandêmico, leishmaniose visceral e a sífilis (Tabela 5).

Para a violência doméstica, sexual e/ou outras violências, os dados indicam que os municípios controles já tinham um elevado número de casos de violência, e que tiveram um aumento relativo muito menor (20%) que os atingidos, onde houve um aumento da violência doméstica de mais de 70%. As incidências pós-rompimento em atingidos e controles permitem o cálculo de um risco relativo de 0,96, o que indica que não existe uma diferença entre o risco ou probabilidade de sofrer violência nos municípios atingidos ou nos controles. No entanto, a diferença percentual na comparação entre ambos é de quase 50%, indicando um aumento substancial da violência nos municípios atingidos após o rompimento da barragem. O mesmo vale para os acidentes por animais peçonhentos, que resultaram em um risco relativo de 0,49, mas com um aumento percentual de 41% entre os municípios atingidos, contra 30% entre os controles.

Tabela 4 - Variação na incidência por 100 mil habitantes dos principais agravos de notificação pré e pós rompimento da Barragem de Fundão, para municípios atingidos (45) e controle (85) segundo registros do SINAN

CID	Descrição	Variação % nos atingidos (comparação antes e depois do desastre)	Variação % nos controles (comparação antes e depois do desastre)	Diferença % entre Atingidos e Controles d	RR = la/lc #
A92.0	Febre de Chikungunya	26810	0	26810	*
A92.8	Doença aguda pelo vírus Zika	23773	0	23773	*
J11	Influenza humana por novo subtipo (pandêmico)	690,62	245	445,62	2,22
P37.1	Toxoplasmose congênita	379,16	0	379,16	*
J07	Síndrome respiratória aguda	411,11	80,71	330,4	0,33
O98.6	Doenças causadas por protozoários complicando gestação, parto ou puerpério	155,55	0	155,55	*
G03.9	Meningite	74,24	0	74,24	*
F99	Transtorno mental	68,43	0	68,43	*
Y09	Violência doméstica, sexual e/ou outras violências	71,36	21,64	49,72	0,96
B09	Doenças exantemáticas	43,75	0	43,75	*
A35	Tétano acidental	38,4	0	38,4	*
B55.0	Leishmaniose visceral	76,08	61,29	14,79	2,17
X29	Acidente por animal peçonhentos	42,99	30,83	12,16	0,49
O98.1	Sífilis em gestante	51,6	45,51	6,09	2,25
A50.9	Sífilis congênita	91,66	90,57	1,09	1,57
B54	Malária	78,88	84	-5,12	1,67
B57.1	Doença de chagas aguda	347,22	360	-12,78	0,89
B55.1	Leishmaniose tegumentar americana	19,79	97,14	-77,35	0,5
B58	Oculopatia por toxoplasmose	922,22	1039,05	-116,83	1,54
A53.9	Sífilis não específica	59,49	339,94	-280,45	1,6
A80.9	Paralisia flácida aguda (Poliomielite)	379,17	688,57	-309,4	0,67
A90	Dengue	37,66	444,63	-406,97	0,79
A95.9	Febre amarela	6853,24	8804,29	-1951,05	0,57

Fonte: (FGV, 2019)

Risco Relativo igual a Incidência x 100.000 em atingidos sobre Incidência x 100.000 em controles.

* Este RR não foi calculado, por ter 0 casos, no período, registrados no SINAN, para os municípios controle.

d Os números negativos, indicados em vermelho, indicam uma variação da incidência após o desastre, maior para os municípios controle.

Segundo os dados, o número de municípios que relataram aumento nos principais agravos listados na Tabela 5 foram (FGV, 2019):

- Febre de Chikungunya, aumentada em 38 municípios atingidos
- Doença aguda pelo vírus Zika, em 39 municípios
- Febre amarela, em 30 municípios
- Leishmaniose tegumentar americana, em 13 municípios
- Sífilis não especificada, em 27 municípios
- Influenza humana por novo subtipo (pandêmico), em 19 municípios
- Violência doméstica, sexual e/ou outras violências, em 34 municípios

Na tabela 6 e 7, apresentamos as distribuições dos 20 agravos de notificação obrigatória mais frequente, antes e após o rompimento da Barragem de Fundão para o conjunto de municípios atingidos, analisados de forma agrupada.

Tabela 5 - Agravos mais comuns no pré-rompimento da Barragem de Fundão para os municípios atingidos

Código CID	Incidência por 100.000 por 100.000	Nome do Agravo
A90	51,32	Dengue
W64	25,86	Atendimento antirrábico
Y09	13,29	Violência doméstica, sexual e/ou outras violências
X29	10,63	Acidente por animais peçonhentos
T65.9	9,6	Intoxicação exógena
B01.9	7,33	Varicela sem complicações
B65.9	4,31	Esquistossomose
A53.9	3,92	Sífilis não especificada
B19	3,08	Hepatites virais
B24	3,04	AIDS

Fonte: (FGV, 2019)

A tabela 7 mostra as diferenças percentuais dos 20 agravos que apresentaram maior variação após o rompimento da barragem, no conjunto de municípios atingidos, quando comparados com a situação anterior ao rompimento.

Tabela 6 - Agravos mais comuns no pós-rompimento da Barragem de Fundão e variação em relação ao pré-rompimento da Barragem de Fundão nos municípios atingidos

Código CID	Incidência por 100.000 hab.	Nome do Agravado	Variação percentual
A92.0	26.13	Febre de Chikungunya	48670,04
A92.8	10.57	Doença aguda pelo vírus Zika	36717,04
A95.9	0.80	Febre Amarela	6853,24
B01	0.09	Meningite por Varicela	1113,89
B58	0.20	Oculopatia por Toxoplasma	922,22
J11	1.17	Influenza Humana por Novo Subtipo (Pandêmico)	480,48
J07	0.01	Síndrome Respiratória Aguda	411,11
P37.1	0.10	Toxoplasmose Congênita	393,69
A80.9	0.02	Paralisia Flácida Aguda Poliomielite	379,17
L98.9	0.02	Dermatoses Ocupacionais	130
H83.3	0.02	Pair	123,61
A81.0	0.01	Doença de Creutzfeldt-Jacob	123,61
B55.1	0.74	Leishmaniose Tegumentar Americana	93,9
F99	0.04	Transtorno Mental	68,43
Z57.9	0.33	Ler Dort	59,72
A53.9	6.25	Sífilis não especificada	59,49
O98.1	3.07	Sífilis em Gestante	48,07
O98.6	0.10	Doenças Causadas por Protozoários Complicando Gestação, Parto, Puerpério	47,86
Y09	19.76	Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências	45,35
A35	0.02	Tétano Acidental	38,4

Fonte: (FGV, 2019)

Particularmente importante é o aumento de incidência dos transtornos mentais, violência doméstica e acidentes por animais peçonhentos, o que vai de encontro a literatura especializada (OPAS, 2014). Chama atenção o registro de casos da doença via transmissão de vetores e doenças que poderiam ter sido preventivamente reduzidas via imunização coletiva das populações atingidas. O registro de doença de Creutzfeldt-jakob também chama atenção, pois trata-se de uma condução extremamente rara e fatal. Os casos foram registrados de forma dispersa ao longo da bacia, desde o município de Mariana até a região do litoral em São Mateus e também ao longo do tempo.

Na tabela 8, apresenta-se os agravos que mais cresceram na região atingida em comparação à região controle, analisando os municípios de forma agregada.

Tabela 7 - Agravos com maior variação percentual entre municípios atingidos controles

Código CID	Nome do Agravado	Varição percentual
A92.8	Doença aguda pelo vírus zika	36717.04
B01	Meningite por varicela	1113.89
P37.1	Toxoplasmose congênita	393.69
A81.0	Doença de creutzfeldt-jacob	123.61
H83.3	Pair	123.61
F99	Transtorno mental	68.43
O98.6	Doenças causadas por protozoários complicando gestação, parto, puerpério	47.86
Y09	Violência doméstica, sexual e/ou outras violências	45.35
A35	Tétano acidental	38.43
B54	Malária não especificada	0.00
B58	Oculopatia por Toxoplasma	0.00

Fonte: (FGV, 2019)

No quadro 13 destacamos os principais registros de agravos por municípios avaliados da bacia do Rio Doce. Cabe destacar que a maioria desses agravos correspondem a doenças infecciosas (transmissão vetorial), com exceção da Doença de creutzfeldt-jacob, Pair, acidentes por animais peçonhentos e violência doméstica (quadro 13). Em relação aos registros de doença de Creutzfeldt-Jacob, que um tipo de encefalopatia espongiiforme transmissível (EET), doença neurodegenerativa, ocasionada por príons, aparece aumentada nos municípios de Mariana, Ponte Nova, Resplendor e São Mateus. Nenhum caso desta doença foi registrado nos municípios controles.

Quadro 13 - Agravos identificados no banco de dados SINAN para os municípios atingidos pelo desastre da Samarco.

MUNICÍPIOS DO ALTO RIO DOCE	
Mariana	Sífilis não Especificada, Paralisia Flácida Aguda Poliomielite, Doença de Creutzfeldt-Jacob, Febre de Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Barra Longa	Sífilis não Especificada, Febre Amarela, Oculopatia por Toxoplasmose, Violência Doméstica, Sexual E/ou outras Violências.
Ponte Nova	Sífilis Não Especificada, Doença De Creutzfeldt-Jacob, Febre de Chikungunya, Doença Aguda pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Oculopatia por Toxoplasmose, Sífilis em Gestante.
Rio Doce	Violência Doméstica, Sexual e /Ou Outras Violências
Santa Cruz do Escalvado	Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências
MUNICÍPIOS DO MÉDIO RIO DOCE	
Sem Peixe	Paralisia Flácida Aguda Poliomielite, Violência Doméstica, Sexual E/ou outras Violências
São José do Goiabal	Febre De Chikungunya, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências
São Pedro dos Ferros	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.

Rio Casca	Sífilis Não Especificada, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Oculopatia por Toxoplasmose.
Raul Soares	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Oculopatia por Toxoplasmose, Síndrome Respiratória Aguda, Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências
Córrego Novo	Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Leishmaniose Tegumentar Americana, Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Pingo-D'água	Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Transtorno Mental, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Caratinga	Tétano Acidental, Sífilis Não Especificada, Paralisia Flácida Aguda Poliomielite, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Oculopatia por Toxoplasmose, Transtorno Mental, Síndrome Respiratória Aguda, Dermatose Ocupacional, Toxoplasmose Congênita, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências
Bom Jesus do Galho	Tétano Acidental, Sífilis Não Especificada, Doença Aguda pelo Vírus do Zika, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Leishmaniose Tegumentar Americana, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Ipaba	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Varicela sem complicações, Leishmaniose Tegumentar Americana, Oculopatia por Toxoplasmose, Síndrome Respiratória Aguda, Sífilis em Gestante
Bugre	Tétano Acidental, Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Oculopatia por Toxoplasmose, Transtorno Mental, Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências, Ler Dort.
Iapu	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Oculopatia por Toxoplasmose, Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Sobralia	Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Oculopatia por Toxoplasmose, Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências, Ler Dort.
Fernandez Tourinho	Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Oculopatia por Toxoplasmose, Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Alpercata	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Leishmaniose Tegumentar Americana, Oculopatia por Toxoplasmose.
São Domingos do Prata	Sífilis Não Especificada, Paralisia Flácida Aguda Poliomielite, Febre De Chikungunya, Febre Amarela, Leishmaniose Tegumentar Americana, Oculopatia por Toxoplasmose, Trastorno Mental, Síndrome Respiratória Aguda, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violência.
Dionísio	Dengue, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Leishmaniose Tegumentar Americana, Transtorno Mental, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Ler Dort.
Marliéria	Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Leishmaniose Tegumentar Americana, Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências
Timóteo	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Oculopatia por Toxoplasmose, Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Santana do Paraíso	Sífilis Não Especificada, Paralisia Flácida Aguda Poliomielite, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Leishmaniose Tegumentar Americana, Oculopatia por Toxoplasmose, Transtorno Mental, Sífilis Em Gestante, Doenças Causadas Por Protozoários Complicando gravidez, parto ou puerpério, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Belo Oriente	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Leishmaniose Tegumentar Americana, Oculopatia por Toxoplasmose, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Naque	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Pair, Sífilis Em Gestante.
Periquito	Tétano Acidental, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Dermatoses Ocupacionais, Sífilis Em Gestante.
Governador Valadares	Tétano Acidental, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Oculopatia por Toxoplasmose, Transtorno Mental, Pair, Toxoplasmose Congênita, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Tumiritinga	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Transtorno Mental, Pair, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências, Ler Dort.
Galiléia	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Oculopatia por Toxoplasmose, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violência.
Conselheiro Pena	Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Oculopatia por Toxoplasmose, Pair, Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.

Resplendor	Sífilis Não Especificada, Paralisia Flácida Aguda Poliomielite, Doença De Creutzfeldt-Jacob, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Sífilis Em Gestante.
Itueta	Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela Transtorno Mental, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Sífilis Em Gestante, Ler Dort.
Aimorés	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Leishmaniose Tegumentar Americana, Pair, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Sífilis Em Gestante, Doenças Causadas Por Protozoários Complicando gestação, parto ou puerpério Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências, Ler Dort.
MUNICÍPIOS DO BAIXO RIO DOCE	
Baixo Guandu	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Leishmaniose Tegumentar Americana, Oculopatia por Toxoplasmose, Síndrome Respiratória Aguda, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Colatina	Sífilis Não Especificada, Paralisia Flácida Aguda Poliomielite, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Oculopatia por Toxoplasmose, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Marilândia	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Varicela sem complicações, Oculopatia por Toxoplasmose, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências, Ler Dort.
Linhares	Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Leishmaniose Tegumentar Americana, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Sífilis Em Gestante, Toxoplasmose Congênita, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências, Ler Dort.
MUNICÍPIOS DO LITORAL CAPIXABA	
São Mateus	Sífilis Não Especificada, Doença De Creutzfeldt-Jacob, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Oculopatia por Toxoplasmose Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Dermatoses Ocupacionais, Sífilis Em Gestante, Toxoplasmose Congênita, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Conceição da Barra	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Oculopatia por Toxoplasmose, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Aracruz	Difteria, Paralisia Flácida Aguda Poliomielite, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Oculopatia por Toxoplasmose, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Sífilis Em Gestante, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências, Doenças Causadas Por Protozoários Complicando gestação, parto e puerpério, Toxoplasmose Congênita, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências, Ler Dort.
Fundão	Sífilis Não Especificada, Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Leishmaniose Tegumentar Americana, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Dermatoses Ocupacionais, Sífilis Em Gestante, Doenças Causadas Por Protozoários Complicando gestação, parto e puerpério, Toxoplasmose Congênita, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.
Serra	Febre De Chikungunya, Doença Aguda Pelo Vírus Zika, Febre Amarela, Varicela sem complicações, Influenza Humana Por Novo Subtipo (Pandêmico), Dermatoses Ocupacionais, Doenças Causadas Por Protozoários Complicando gestação, parto ou puerpério, Toxoplasmose Congênita, Violência Doméstica, Sexual e/ou outras Violências.

Fonte: (FGV, 2019)

Na tabela 9 apresentamos os resultados da análise realizada no Banco de dados do Sistema de Informação Ambulatorial (SAI). Os agravos com maior variação percentual entre municípios atingidos e controles, em ordem decrescente, foram: doenças respiratórias agudas (DRA), dengue, pneumonias, abortos, febre de Chikungunya, leishmaniose tegumentar americana, leishmaniose visceral, Zika e outras febres transmitidas por vetores e dermatites. As doenças respiratórias agudas e a dengue apresentaram aumento nos registros >10 vezes nos municípios atingidos em relação aos controles. Por sua parte, os registros de leishmaniose, tanto visceral (LV) quanto tegumentar americana (LTA), febre Chikungunya e doença pelo vírus da

Zika, também apresentaram aumentos significativos nos atingidos em comparação aos controles. A leishmaniose é uma doença causada por protozoários do gênero *Leishmania* não contagiosa e de transmissão vetorial. Sua evolução se dá de forma crônica, com acometimento sistêmico que, na ausência de tratamento sua taxa de letalidade varia entorno de até 90% dos casos.

É importante chamar atenção que apesar da análise da tabela 9 utilizar dados dos Sistema de Informações Ambulatoriais (SAI) para todos os municípios inclusos no estudo da FGV. Os desfechos de saúde analisados com maior incidência na Bacia do Rio Doce estão relacionados aos achados dos estudos do EPI_SUS e do Instituto Saúde Sustentabilidade, conduzido 7 meses após o desastre na região municipal de Barra Longa.

Tabela 8 - Variação na incidência dos principais agravos no pré e pós-rompimento da Barragem de Fundão, para municípios atingidos (45 total) e controles (85 total) segundo registros do SIA

(CID)	Descrição	Municípios atingidos		Municípios controles		Diferença % entre A e C
		Variação %	Atingidos (A)	Variação %	Controles (C)	
(J20)	Doenças respiratórias agudas	75	Mariana, Ponte Nova, Rio Doce, Ipatinga, Caratinga, Governador Valadares, Colatina, São Mateus, Aracruz, Serra	7	Carandaí, Coronel Fabriciano, Inhapim, João Monlevade, Manhuaçu, Peçanha, Pancas	68
(A90, A91)	Dengue	55	Ipatinga, Belo Oriente, Colatina, São Mateus, Serra	5	Manhuaçu	60
	Pneumonias (*)	170	Ponte Nova, Rio Doce, Ipatinga, Caratinga, Bugre, Governador Valadares, Conselheiro Pena, Aimorés, Colatina, São Mateus, Aracruz, Serra	142	Carandaí, Coronel Fabriciano, Frei Inocêncio, Inhapim, João Monlevade, Manhuaçu, Peçanha, Santa Barbara, Senhora dos Remédios, Pancas	28
	Abortos (#)	6,8	Ponte Nova, Ipatinga, Governador Valadares, Colatina, Serra	0		6,8
(A90)	Febre de Chikungunya	6,3	Ipatinga	0		6,3
(B50, B55)	Leishmaniose tegumentar americana e visceral	6,3	Ipatinga, Governador Valadares, Colatina	0,2	Coronel Fabriciano, Manhuaçu	6,1
(d)	Zika e outras febres transmitidas por vetores	3,8	Ipatinga	0		3,8
	Dermatites (**)	5	Ipatinga, Conselheiro Pena, Colatina, São Mateus, Serra	2,5	Ferros, Inhapim, Manhuaçu, Santa Teresa	2,5
	Malária (##)	0,5	Ipatinga	0		0,5
(A959)	Febre amarela não especificada	0,09	Ipatinga, Serra	0		0,09
	Febre maculosa (***)	0,05	Serra	0		0,05
	Suicídios (^)	-4		-3,8		-0,2
	Uso de psicotrópicos e transtornos mentais (*&*)	15	Ponte Nova, São domingos do Prata, Ipatinga, Caratinga, Governador Valadares, Resplendor, Aimorés, Colatina, Linhares, São Mateus, Serra	40	Coronel Fabriciano, Ervália, Inhapim, Itambacuri, Jaguaraçu, Monlevade, Manhuaçu, Peçanha, Pedro de Anta, Sta. Maria do Saçu, Simonésia, Santa Teresa	-2,5

(A09)	Diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível	180	Ipatinga, Colatina, Linhares, São Mateus, Serra	250	Coronel Fabriciano, Ferros, Inhapim, Manhuaçu, Peçanha, Sta. Teresa	-70
<small>*J178/J158/J118/J188/J111/J129/J153/J180/J150/J120/J159/J100/J121/J181/J156/J154/J13/J1/ 4/J122/J171/J128/J160/J157/J110/J108/J168/J189/J101/J170/J155 #0031/O030/O040/O038/O032/O067/O053/O064/O052/O048/O055/O036/O062/O065/O069/O049/O033/O066/O034/O037/O039/O035/O046/O051/O044/O068 dA929/ A928/ A985/A969/ A960/ A959/ A922/ A99 **L209/L233/L235/L238/L239/L245/L248/L258/L259/L80 ## B500/B508/B509/B510/B518/B519/B520/B528/B529/B530/B531/B538/B54 *** A770/A771/A772/A773/A778/A779 ^X712/X793/X844/X703/X792/X789/X725/X799/X720/X798/X709/X797/X781/X848/X719/X780 X729/X849/X700/X795/X796/X840 * &F190/F195/F132/F180/F118/F109/F145/F163/F120/F130/F158/F141/F102/F131/F101/F129/ F107/F179/F149/F142/F123/F172/F193/F121/F183/F111/F194/F192/F110/F143/F199/F122/F1 05/F103/F147/F140/F108/F125/F197/F104/F100/F191/F160/F178/F162/F119 W Valores negativos indicam aumento na incidência do agravo em alguns municípios no período antes do rompimento da Barragem de Fundão. #0031/O030/O040/O038/O032/O067/O053/O064/O052/O048/O055/O036/O062/O065/O069/O049/O033/O066/O034/O037/O039/O035/O046/O051/O044/O068 dA929/ A928/ A985/A969/ A960/ A959/ A922/ A99 **L209/L233/L235/L238/L239/L245/L248/L258/L259/L80 *** A770/A771/A772/A773/A778/A779 ^X712/X793/X844/X703/X792/X789/X725/X799/X720/X798/X709/X797/X781/X848/X719/X780 X729/X849/X700/X795/X796/X840 * &F190/F195/F132/F180/F118/F109/F145/F163/F120/F130/F158/F141/F102/F131/F101/F129/ F107/F179/F149/F142/F123/F172/F193/F121/F183/F111/F194/F192/F110/F143/F199/F122/F1 05/F103/F147/F140/F108/F125/F197/F104/F100/F191/F160/F178/F162/F119 W Valores negativos indicam aumento na incidência do agravo em alguns municípios no período antes do rompimento da Barragem de Fundão</small>						

Fonte: (FGV, 2019)

Não obstante, foi avaliado o volume total de atendimentos na região atingida. Segundo os dados da FGV (2019), pode ser observado um aumento significativo dos atendimentos a partir de 2015. Particularmente, para os meses após novembro de 2015 até o final de 2018, observou-se ao menos o dobro da demanda de atendimentos nos municípios das regiões atingidas.

Após o rompimento da barragem, a idade média ao morrer entre os atingidos foi de $63,17 \pm 0,015$ anos, enquanto antes os controles foi de $66,97 \pm 0,019$ anos. Ou seja, os atingidos após o rompimento da barragem estão morrendo mais de três anos mais cedo que os controles, pelas mais variadas causas de morte (FGV, 2019).

Nas tabelas 10 e 11, apresentamos o risco de agravos relacionados à mortalidade, na comparação entre atingidos e controles, antes (tabelas 10) e depois (tabelas 11) do rompimento da Barragem de Fundão, e os riscos relativos para cada um.

Tabela 9 - Agravos e riscos relativos em atingidos e controles antes do rompimento da Barragem de Fundão

Agravo	Atingidos	Controle	Risco relativo
Febre hemorrágica devida ao vírus da dengue	0,5282	0,2711	1,9482
Outras febres hemorrágicas especificadas por vírus	0,132	0,0904	1,4612
Piodermite	0,132	0,0904	1,4612
Dengue [dengue clássica]	0,3521	0,3615	0,9741
Bronquite aguda não especificada	0,3521	0,3615	0,9741
Febre amarela não especificada	0,6602	0,9941	0,6642
Diarreia e gastroenterite de origem infecciosa	3,6532	5,5125	0,6627
Leptospirose não especificada	0,088	0,1807	0,4871
Febre viral transmitida por artrópodes, não específica	0,044	0,6326	0,0696

Fonte: (FGV_A, 2019)

Nota: em vermelho, os riscos relativos > 1.

Nota-se um risco relativo muito elevado para mortalidade por “Febre hemorrágica devida ao vírus da dengue” e “Febres hemorrágicas virais não especificadas” nos municípios atingidos em comparação aos controles após o rompimento. Doenças de transmissão sexual e respiratórias também apresentaram associação causal relacionada a região afetada, são elas: ‘Sífilis congênita não especificada’, “Infecções agudas não especificada das vias aéreas” e “Bronquite aguda não especificada” (tabela 11).

Tabela 10 - Agravos e riscos relativos em atingidos e controles depois do rompimento da Barragem de Fundão

Agravo	Atingidos	Controle	Risco relativo
Febre hemorrágica devida ao vírus da dengue	0,9683	0,1807	5,3576
Febres hemorrágicas virais não especificadas	0,3961	0,1807	2,1918
Sífilis congênita não especificada	0,1761	0,0904	1,9482
Infecções agudas não especificada das vias aéreas	0,1761	0,0904	1,9482
Bronquite aguda não especificada	0,4401	0,2711	1,6235
Diarréia e gastroenterite de origem infecciosa	4,8416	5,6028	0,8641
Dengue [dengue clássica]	0,2641	0,3615	0,7306
Leptospirose não especificada	0,2201	0,3615	0,6088

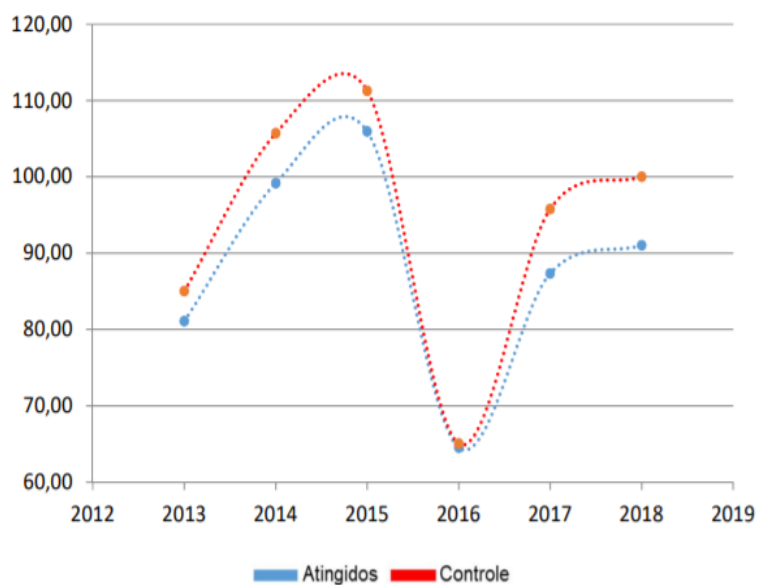
Fonte: (FGV_A, 2019)

Nota: em vermelho, os riscos relativos > 1.

Na figura 19, apresentamos a cobertura vacinal nos municípios controle e atingidos, considerando os anos antes e após o desastre da Samarco. É possível notar que houve uma queda generalizada nas taxas de cobertura vacinal, tanto nos municípios atingidos quanto nos controles. Além disso, nota-se uma clara queda significativa nas taxas de cobertura vacinal entre os anos imediatamente anteriores ao rompimento da barragem (2015) e imediatamente após (2016), tanto para os municípios atingidos quanto para os controles.

Isso pode ser reflexo da demanda que ocorreu após o desastre para outros serviços de saúde, fato que denota uma baixa capacidade de resposta na região atingida como também para os municípios controle. E apresenta correlação com uma desestruturação generalizada dos serviços de saúde do estado de Minas Gerais. Que pode ter influencia direta nos achados da pesquisa, considerando que grande parte dos agravos identificados são processos de adoecimento que poderia ter sido reduzido a partir de um programa de imunização em massa para a população alvo.

Figura 18 - Cobertura vacinal série temporal nos municípios atingidos e controle



Fonte: (FGV_A, 2019)

Considerando-se que muitos dos programas de reparação previstos sofreram atrasos e/ou ainda estão em curso. Estes efeitos do rompimento da Barragem de Fundão poderão perdurar e gerar consequências para a economia local e regional, por meio de reduções no tamanho da população em idade ativa e possivelmente alterações no perfil de saúde desta, e, ainda, para o comportamento demográfico futuro, por exemplo, intensificando o envelhecimento populacional, o que, por sua vez, pode gerar novas demandas por serviços de saúde.

7 DESAFIOS PARA A GOVERNANÇA EM UM CENÁRIO DE VULNERABILIDADES E INCERTEZAS

Atualmente há 802 barragens de mineração no Brasil; as duas que romperam eram classificadas como de baixo risco de acidentes e alto dano potencial associado. Os casos apresentados evidenciam a fragilidade do sistema de governança para a redução do risco de desastres. Ao mesmo tempo, os riscos de rompimento de barragem têm crescido em intensidade e extensão muito mais rápido que a capacidade da sociedade em lidar com eles, como demonstrado anteriormente.

No Capítulo 3, explanamos que o processo de saúde e doença é particular de cada pessoa, sendo consequente a fatores de caráter coletivo como o meio ambiente, e o contexto social, econômico, histórico e cultural de uma dada sociedade. É também determinado por outros fatores de caráter individual, como o mapa genético de cada um, a carga genética que herdamos de nossos familiares, o estado nutricional, de desenvolvimento e o grau de maturidade do nosso organismo. A junção destas duas ordens de fatores é que determina o processo de saúde e doença em uma pessoa, e explica porque alguns adoecem e outros não, quando expostos aos fatores de risco gerados pelo desastre, às substâncias químicas, e porque podem ocorrer processos de adoecimento dispares em pessoas expostas ao mesmo risco.

Além disso, é importante lembrar que as vulnerabilidades que já existiam para as populações expostas, tais como: baixa escolaridade, baixa renda, subemprego, condições precárias de saneamento, múltiplas doenças infecciosas, subnutrição, doenças crônicas, entre outras, permanecem após o desastre e, em alguns casos, se agravam. Nestas populações, a exposição a situações deletérias às condições de reprodução social somado a presença de substância química, ou múltiplas substâncias, se configura como um fator de risco adicional, agravando sua vulnerabilidade. Além disso, a resposta biológica nem sempre corresponde às descrições existentes na literatura.

Existem também incertezas geradas pela insuficiência dos dados e pela rotina metodológica aplicada, particularmente nos achados relacionados com a exposição e os efeitos adversos. Fato que leva a conclusões e recomendações em relação ao perigo à saúde para as populações expostas de maneira extremamente conservadoras, e varia a depender dos interesses dos diferentes grupos envolvidos no caso. Porém, deve-se considerar que essas populações

estão expostas a um ou mais fator de risco, inclusive contaminantes químicos, por várias vias, durante períodos distintos de tempo.

No Capítulo 4, procurou-se demonstrar a situação das barragens no Brasil e o estágio de implementação da Política Nacional de Barragem PNSB- dispositivo com potencialidade de instituir mudanças no cenário nacional de gestão de risco de desastre em barragem de mineração, porém ainda não totalmente efetivado.

O arranjo institucional implementado a partir desse dispositivo é capaz de cumprir seu papel, por integrar e unir diversos esforços institucionais na fiscalização, monitoramento e intervenção, e por trazer a discussão ao cenário nacional de gestão de barragens. No entanto, sua implementação efetiva ainda se apresenta morosa e carece de investimento em recursos humano, capacitação e aplicação tecnológica para monitoramento.

Outro mecanismo que deve ser implementado e efetivado no universo de gestão de risco de barragens são as políticas e estratégias de gestão para a redução dos riscos de desastres. De maneira integrada, existe um conjunto de objetivos e interesses dos setores ambiental, proteção e defesa civil, mas também a Saúde Coletiva entre outros atores relevante à gestão que estão ausente do processo. A importância de se trabalhar de forma articulada os temas dos desastres tecnológicos exige articulação intersetorial para os processos de prevenção de acidentes de forma integrada e participativa. Para além dos órgãos e setores envolvidos no licenciamento e fiscalização, a participação proativa dos setores de saúde, trabalho, proteção e defesa civil, assim como dos trabalhadores, comunidades e ONGs, certamente iria favorecer planos de preparação e respostas capazes de atuarem de forma oportuna na mitigação e remediação de situações de exposição e risco. E teria evitado que nos desastres da Samarco e Vale tivéssemos planos de emergências inefetivos, presente só no papel de forma a simbolizar à sociedade que existiria algum tipo de controle e preparação. Nos dois casos estudados, o mecanismo de resposta se demonstrou falho, os sistemas de alerta e alarme se quer foram acionados em tempo oportuno, se apresentando inexistentes (no caso da Samarco) e inefetivos (no caso da Vale).

Aquilo que parecia ser uma prática responsável da empresa que envolvia peritos, fiscais e um robusto sistema público e privado de regulação, nos laudos, nos licenciamentos, nas fiscalizações, nos planos de emergência que ficaram nas gavetas e nas sirenes que permaneceram em silêncio, revela como o cenário de gestão de risco de barragem é opaco e criminoso. O anormal funcionamento das instituições que deveriam nos proteger se demonstrou escabroso e ineficiente.

Nesse ponto, o Brasil não só avançou desenvolvendo políticas específicas ao tema, mas também desenvolveu aparatos institucionais e avanços em relação às necessidades identificadas até o momento, porém existe ainda a necessidade de envolvimento de instituições em diferentes níveis federativos capazes de efetivamente implementar de forma oportuna medidas de redução de risco. De forma participativa, seria necessário a efetivação de uma grande conjunto de medidas estruturais às barragens existentes, mas também que essas iniciativas sejam seguidas de medidas de redução de risco não estruturais, efetivando ações tanto corretiva, às estruturas já existentes, como também a implementação de mecanismos de proteção e defesa de maneira prospectiva as possíveis estruturas de risco futuras. Não obstante, caberia aos setores envolvidos definir os possíveis cenário de risco na possibilidade de um desastre futuro. Ao setor saúde, que sejamos capazes de assumir a responsabilidade de prover assistências necessárias em tempo oportuo, mas também no estabelecimento de medidas de proteção e monitoramento de longo prazo e o empenho de ações de vigilância em saúde visando cessar ou reduzir a exposição aos novos cenários de risco gerados por esses desastres.

Se por um lado, nos últimos anos, assistimos a implementação e o fortalecimento de instituições e políticas públicas voltadas à redução de risco de rompimento de barragem, com a ampliação dos espaços institucionais e a atuação intersetorial, resultando na melhoria e implementação desses mecanismos. Por outro, essas conquistas ocorrem em um contexto de redução dos investimentos públicos e do papel do estado em assegurar que não haja comportamento empresarial predatório e a realização dos direitos sociais e ambientais básicos. Os resultados assegurados até o momento ainda se demonstram insuficientes, no entanto, possibilitam vislumbrar um horizonte de trabalho futuro ainda a ser concluído.

Cabe ainda pontuar a necessidade de atualização das estratégias de combate sobre o comportamento organizacional das mineradoras. O que se apresenta de concreto é a falta de integração das exigências e interesses das partes envolvidas (sistema financeiro, agencias de regulação, defesa civil, meio ambiente, setor saúde), sem, contudo, deixar que incluir os grupos mais diretamente exposto ao risco de rompimento de barragem de mineração. Aos criadores de riscos foi permitido que suas decisões privadas e relacionadas aos seus negócios se sobrepusessem aos interesses e bens públicos, resultando em óbitos, danos e destruição. Investimentos privados que geram riscos para a vida e bens públicos têm de ser efetivamente regulados e controlados pelos órgãos responsáveis, com permanente transparência e

participação da sociedade (principalmente comunidades sob riscos e trabalhadores diretos e indiretos, principais vítimas fatais)

Nesse sentido, no Capítulo 4, reconstituímos o cenário de risco pré e imediatamente após o desastre. Conforme procuramos demonstrar, rompimentos de barragens da mineração não são tão raros, mas no Brasil parecem ter se tornado rotina, revelando um universo em que tudo que parecia sob controle e seguro, mas na verdade não é. Para tanto, é preciso que se considere desde o papel que o Brasil ocupa no mercado global no fornecimento de minérios e os aumentos na demanda desta matéria-prima. Para que tenhamos as funções básicas de controle e prevenção de riscos institucionais efetivadas e as diferentes visões que devem compor as discussões no estabelecimento de medidas gerenciamento desses riscos e sua importância para a tomada de decisão. Para tanto, ainda carecemos de arenas de discussões plurais e que os interesses dos poderosos não se sobreponha sobre os demais interesses da sociedade.

No Capítulo 5 e 6, apresentamos uma compreensão sistêmica das causas e impactos desses desastres que aponta diretamente para os desafios que estão colocados em termos da governança para a redução de risco de desastres. Considerando que, gerir o risco de sistemas sociotécnicos complexos envolve desde políticas e ações de prevenção até as de preparação e respostas, como também, integrar os processos de recuperação, reabilitação e reconstrução de forma compatível com os riscos envolvidos. Alterações das trajetórias de vida, repentinas e não por decisão própria, as quais permanecem, por exemplo, no caso Samarco, sem resolutividade 5 anos após o desastre, determinam uma condição de sofrimento emocional e psíquico, de desarrajo e inadequação social, de insegurança pessoal, familiar, e das interrelações comunitárias que têm consequências diretas e indiretas sobre a saúde das populações expostas.

Uma visão integrada de gestão de risco de desastre envolveria um sistema de governança estruturado e integrado, de forma que os setores de governo nos diferentes níveis (minas e energia, meio ambiente, defesa civil e saúde, para citar alguns), como também, como também o setor privado, ajam com transparência dos seus processos e que tenha participação da sociedade de forma transversal. O que vimos nesse desastre foi não só uma fragmentação dessas políticas e ações, como um conjunto de anormalidades transformadas em normalidades que permitiram e permitem que barragem de mineração com mais de 55 milhões de metros cúbicos de rejeitos e com diversas falhas ainda operasse ininterruptamente, permitindo até que refeitórios fossem deliberadamente construídos e funcionassem onde nenhum trabalhador

poderia se salvar. Essas mesmas estruturas eram classificadas como de baixo risco, como tantas outras centenas de barragens existentes no Brasil.

Miopias tão normalizadas que tornaram aceitável a ausência de um requisito básico, como um plano de emergência e de um sistema de alerta e alarme envolvendo defesa civil e sistema de saúde, com a participação das comunidades locais. Planos de emergência no papel, quando não exercitados e atualizados pelos atores diretamente envolvidos e potencialmente afetados, não são nada mais do que planos que, no máximo, cumprem requisitos burocráticos para os órgãos de governo, mas que não cumprem, em nada, sua função de proteger e salvar vidas, assim como não minimizam os efeitos, danos e a destruição socioambiental.

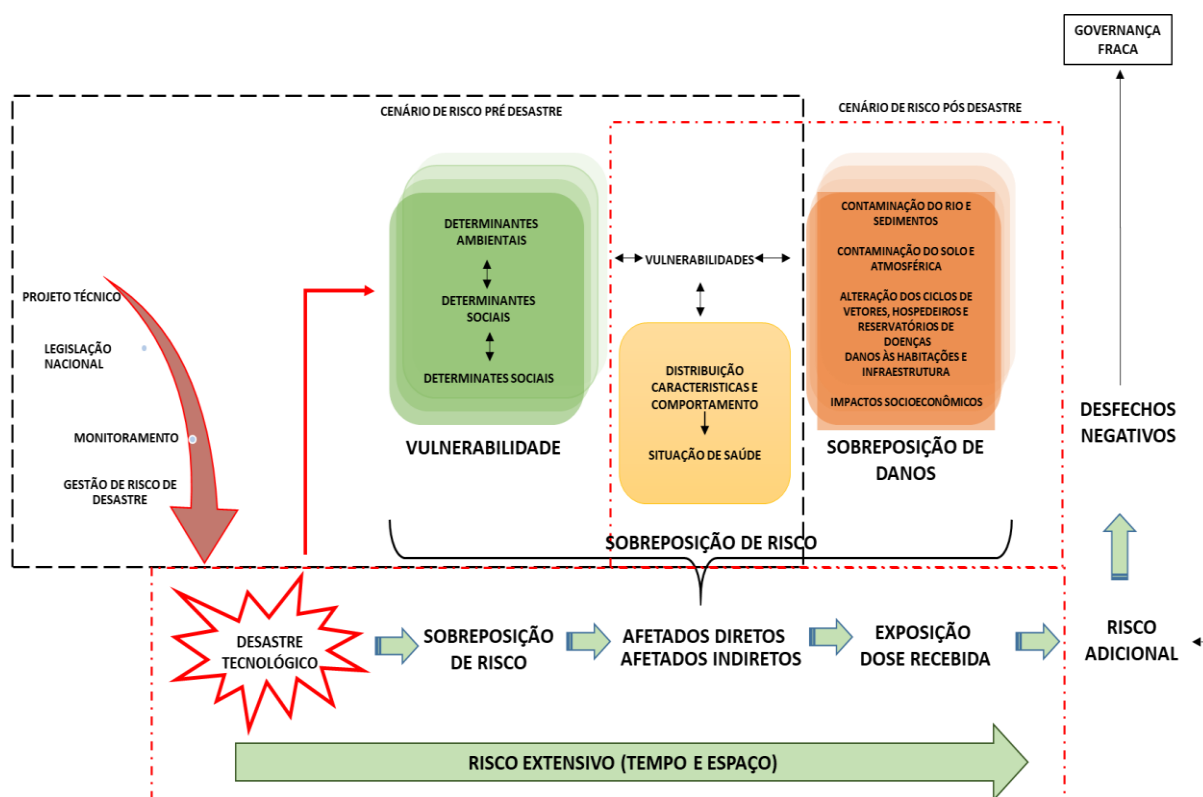
Também seremos incapazes de aprender lições desse desastre se não analisarmos e compreendermos os impactos de modo sistêmico, pois os impactos socioeconômicos se mesclam com as alterações ecológicas e nos serviços dos ecossistemas, assim como o surgimento de doenças e agravos na saúde da população nas diferentes escalas de espaço (local, microrregional e macrorregional) e tempo (curto, médio e longo prazos). As diferentes escalas espaciais e temporais envolvem diferentes necessidades para a reabilitação e recuperação ecológica, na saúde e na esfera socioeconômica. Além disso, encontra-se como grande desafio incorporar os diferentes conhecimentos e saberes no nível local, possibilitando compreender que se os aspectos macro e microrregionais apontam para padrões comuns, existem também diversidades expressas no nível local e de suas populações que devem ser consideradas, não só como objetos de pesquisas e intervenções, mas como atores fundamentais para ações de recuperação e reconstrução.

Na figura 19, sistematizamos alguns dos fatores de risco e efeitos dos desastres tecnológicos em barragens de mineração apresentados nos Capítulos anteriores. No que se refere à instalação e implantação de barragens é possível identificar um ciclo composto que antecede a ocorrência do evento. Sua dimensão organizacional, apresentada no Capítulo 4, revela que algumas dessas estruturas apresentaram claramente erros e julgamentos que podem ter sido considerados aceitáveis em determinado momento, mas provaram ser catastróficos quando conjugados com outros eventos ou situações.

Ademais, os fatores apresentados se combinam com a baixa capacidade do Estado brasileiro de regular e fiscalizar os sistemas sociotécnicos complexos que requerem conhecimento especializado, recurso e autonomia de atuação, mas também evidenciam um sistema de gestão de risco falho por parte dos atores tanto público como privado. Dessa forma,

podemos sugerir que esses processos estão relacionados com falhas e e/ou ausência de atualização nas concepções de projetos minerários; do licenciamento; da fiscalização, monitoramento e gerenciamento dos riscos (técnicos ou organizacionais) que foram tomadas e identificadas ao longo do tempo.

Figura 19 – Fatores envolvidos no cenário de risco Pré e no Pós-desastre tecnológicos de barragens de mineração.



Fonte: elaborado pelo autor.

Ainda em relação a figura 19, considerando os postulados do Capítulo 4, destacamos, que os desastres são resultados de uma difusa e complexa cadeia de eventos pretéritos que refletem um incompleto processo de estruturação dos órgãos governamentais, ausência de transparência e participação da sociedade nas políticas e ações de redução de riscos, mas também como resultado de processos de construção social de políticas que favorecem determinado modelo de desenvolvimento econômico em que os custos ambientais e humanos são externalizados e considerados marginais, resultando em iniquidades, contradições e violação de direitos das comunidades, bem como injustiças ambientais.

Bankoff (2004) corrobora com a nossa perspectiva, denotando que as raízes dessas ocorrências estão claramente na história e no desenvolvimento social das sociedades que deflagram os desastres. Por um lado, desastres escancaram a apropriação desigual da riqueza, injustiças e a fragilidade dos valores democráticos quando atingem os grupos mais vulneráveis, por outro, demonstram vulnerabilidades institucionais que favorecem e estão complacentes com equívocos, omissões e descaso sequenciais, fatores que estão na raiz da ocorrência desses eventos (BANKOFF, 2004).

Quarentelli (2015) defende que desastre não é um acontecimento físico. Segundo o autor, desastre é uma ocorrência social e não seria apropriado trata-lo como se pudesse existir o evento fora das ações e decisões dos seres humanos e sua sociedade. Nesse sentido, as características, frequências e intensidades dos desastres se originam e são encubados a partir de decisões e fatores sociais. Em certo sentido, é necessário qualificar o risco por meio de uma análise com foco na vulnerabilidade e tomar o risco de sua ocorrência não em fatores físicos, quantificações técnicas ou mesmo preceitos da engenharia, mas através de seu potencial de dano.

Segundo Freitas e col. (2001), o conceito de vulnerabilidade é de especial importância para identificar as dificuldades adicionais que sociedades, regiões e populações enfrentam em termo de segurança e risco. São capacidades inerentes as dimensões de antecipar-se, sobreviver, resistir e se recuperar dos efeitos desses desastres. E tem igual contribuição na capacidade de identificar, reduzir ou cessar as exposições de cenários de risco gerados pelos desastres, como também de responder aos novos cenários de risco, seja no curto, como também no médio e longo prazo (FREITAS, PORTO, *ET AL* 2001).

Destacamos ainda que, a partir do evento, vulnerabilidades populacionais (individual e coletiva) e institucionais se inter-relacionam e favorecem a magnificação dos riscos através de situações intermediárias, com potencial de ampliação das escalas temporais e espaciais (HALES, BUTLER, *ET AL* 2004). Vulnerabilidade populacional, expressam características da estrutura social, como a posição que determinados grupos ocupam e estão inseridos no processo de exclusão e marginalização dos direitos e necessidade básicas; já a vulnerabilidade institucional, expõem as deficiências do funcionamento da sociedade em termos de políticas, processos decisórios e instituições reguladoras e fiscalizadoras dos sistemas sociotécnicos complexos, seja na prevenção ou controle dos mesmos; reflete também a falta de legislação e conformidade, de recursos técnicos e humanos, ou mesmo o desequilíbrio de forças nos

processos de tomada de decisão (FREITAS, PORTO, *ET AL* 2001). Incluem desde a capacidade de redução de risco passado e presente, mas também reflete a capacidade de redução de risco de doenças e agravos à saúde futuro, como apresentado nos parágrafos anteriores, e reproduzido na figura 19.

O que estamos tentando chamar atenção, é que apesar de graves efeitos e danos imediatos as diversas formas de exposição e situações deletérias às vidas registrado, esses efeitos se prolongam e são agravados e acentuados pelas vulnerabilidades. Os processos saúde-doença decorrentes lançam desafios ao conhecimento e às práticas em saúde, mostrando que os temas e objetos da saúde requerem abordagens complexas em seus postulados teóricos, esquemas conceituais, métodos e práticas compatível com a situação.

As consequências para a saúde das populações expostas são duradouras em situações de desastres. Representam inúmeros desafios para os municípios atingidos e envolvem diversos setores. Os problemas que surgem são complexos e diversos, sendo de difícil gestão, pois envolvem uma multiplicidade e sobreposição de situações de exposições, riscos e efeitos, que se estendem no espaço e no tempo. Tais características exigem o monitoramento e acompanhamento das populações afetadas para além dos impactos imediatos (óbitos, lesões, perda de infraestrutura e equipamentos públicos etc.), envolvendo efeitos no médio (semanas e meses) e longo (anos e décadas) prazos decorrentes dos diferentes modos de exposições e impactos que esses eventos podem causar em toda extensão territorial e suas populações atingidas - que vão para muito além dos municípios incubadores do evento.

Esses processos afetam populações e territórios de modo mais amplo e sistêmico, gerando impactos sobre as condições de vida e situações de saúde (tensões, depressões, inseguranças, ampliação e agravamento de doenças crônicas) com aumento dos problemas e necessidades de saúde. Esse cenário exige maiores investimentos financeiros para a ampliação dos serviços, como também uma nova visão dessas instituições para atuarem em cenário de risco complexos e incertos.

A procrastinação na reparação dos danos causados pelo rompimento da barragem da Samarco ampliou os efeitos sobre a saúde da população, incluindo o aumento expressivo de doenças respiratórias geradas pela poeira da lama contaminada em Barra Longa e modificação do padrão esperado de adoecimento infectocontagiosos ao longo de toda a bacia do Rio Doce. A demora na reconstrução não só prolongou o sofrimento, mas também estigmatizou essas populações. Algumas comunidades ainda estão à espera do assentamento, mesmo após anos do

desastre. O acordo judicial firmado entre as empresas, a União e os governos estaduais capixaba e mineiro elaborou 42 programas de reparação estabelecidos no Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC), em março de 2016. Porém, estes programas trazem consigo a falta de transparência e a baixa efetividade de implementação e execução das ações necessárias.

A experiência acumulada com os desastres da Samarco, em Mariana, e da Vale, em Brumadinho, nos apontam que se por um lado esses desastres envolvem inúmeras incertezas para a ciência e para a gestão pública, exigindo políticas e ações que sejam baseadas no princípio da precaução e que reduzam riscos e exposição, há também uma multiplicidade de atores sociais e interesses envolvidos no curso da resposta. As empresas, em contextos de precarização e/ou fragilização das instituições públicas, muitas vezes sobrepõem seus interesses, em uma relação assimétrica, aos das populações atingidas de diferentes modos ao longo dos espaços e territórios, bem como ao longo do tempo.

A partir da ocorrência dos desastres, as vulnerabilidades preexistentes da população são somadas aos novos cenários de riscos, produzindo contextos extremamente complexos em relação às consequências ambientais e sobre a saúde, combinadas com diferentes níveis de incertezas. Nesses contextos, as empresas buscam não só diminuir suas responsabilidades, mas também transferir o ônus da prova dos efeitos negativos à saúde da população aos atingidos. Contando, para isso, com uma estrutura legal que as favorece, a ponto de produzirem seguidos desastres sem nenhuma alteração radical no marco legal e no fortalecimento das instituições públicas que deveriam proteger a população dos riscos e cuidar de sua saúde. O risco e os efeitos adicionais decorrentes desse tipo de evento atingem os mais diversos setores, como apontado neste trabalho. Alterações no marco legal são necessárias, mas pouco avançarão sem que sejam seguidas do fortalecimento dos órgãos públicos responsáveis pela gestão dos riscos de desastres. Uma maior transparência e participação da sociedade, desde os processos de licenciamento até os de preparação para desastres e recuperação das condições de vida, são passos fundamentais para a definição de responsabilidades e o restabelecimento da normalidade para a população das regiões atingidas.

Para a Saúde Coletiva os desafios também não são pequenos. Demostramos que os desastres e seus efeitos ao longo dos meses pós-desastres geraram condições de elevação de internações e excesso de mortalidade. Entre as internações e mortalidade destacam-se as doenças infectocontagiosas, alterações no comportamento esperado de reservatórios de doenças, hospedeiros e vetores e agravamento de condições pretéritas, como as doenças

cardiovasculares. Considerando que os desastres em barragens de mineração têm uma natureza complexa e dinâmica nos seus múltiplos e sobrepostos processos sociais, econômicos, ambientais, culturais e sanitários, cujas fronteiras espaciais e temporais são difusas a depender dos cenários de variabilidades e alterações (degradações) ambientais, exposições, riscos, danos e doenças, há o desafio de se produzir conhecimentos e formação de profissionais numa perspectiva sistêmica, interdisciplinar, intersetorial.

Na figura 19, trouxemos alguns dos fatores de risco que existiam antes do desastre. Assim como tentamos demonstrar que esse cenário de risco se modifica e se intensifica, denotando aos expostos sobreposição de risco de forma direta e indireta capazes de alterar o curso da vida e o processo de saúde e doença. No quadro 14, sistematizamos alguns dos impactos deflagrados sobre o meio ambiente; rupturas econômicas; contaminantes, dispersos e acumulados em diferentes compartimentos ambientais (ar, água, solo, alimentos etc.); efeitos à saúde (física e mental)– efeitos subclínicos, desenvolvimento de doença e agravos ou mesmo a morte. É importante salientar que desastres tecnológicos de rompimento de barragem de mineração favorecem condições para o surgimento de doenças e agravos em saúde que não existiam nesses territórios, bem como afetam as condições de vida e agravam as condições de saúde já existentes na população. No quadro 14, apresentamos os principais impactos das barragens diretos e indiretos no progresso político, social e econômico.

Quadro 14 - Principais efeitos negativos à saúde, meio ambiente e condição socioeconômica, em caso de incidente.

	Curto prazo (dias, semanas e meses)	Médio e longo prazo (meses e anos)
Impacto à saúde	<ul style="list-style-type: none"> óbitos diretamente associados; afogamentos e sufocamento; impacto social (desabrigados, deslocados, desalojados); comprometimento dos serviços de provisão de alimentos e água potável; doenças transmitidas pelo uso de água não adequada para o consumo humano; doenças respiratórias e contaminação com a transformação da lama em fonte de poeiras e material particulado; dermatites; impactos psicossociais e na saúde mental (ansiedade, transtornos mentais, depressão); parasitoses, mordeduras e picadas; arboviroses (dengue, zika, chikungunya, febre amarela, malária); hipertensão arterial sistêmica. 	<ul style="list-style-type: none"> – intoxicação e danos à saúde resultado da toxicidade; – doenças respiratórias e contaminação com a transformação da lama em fonte de poeiras e material particulado; – impactos psicossociais e na saúde mental; – doenças transmitidas pelo uso de água não adequada para o consumo humano; – doenças respiratórias e contaminação com a transformação da lama em fonte de poeiras e material particulado; – Dermatites; – arboviroses (dengue, zika, chikungunya, febre amarela, malária); – parasitoses, mordeduras e picadas; – desfechos negativos à saúde derivado das águas, solo e cadeia alimentar contaminados.

Impacto ambiental	contaminação química (metais; metaloides; oligoelementos), física, radioativa e biológica do manancial e sedimento; contaminação química (metais; metaloides; oligoelementos), física, radioativa e biológica do solo e atmosférica; modificações na qualidade da água e dos sedimentos; escassez hídrica; biota aquática e terrestre potencialmente afetado por centenas de quilômetros; supressão da vegetação ripária; morte e impacto sobre a fauna e flora aquática e terrestre; remobilização de contaminantes não disponível; alteração dos ciclos de vetores, hospedeiros e reservatórios de doenças; de regulação do clima local; erosão das margens.	alteração da dinâmica fluvial; alteração da qualidade atmosférica; alteração do leito da bacia hidrográfica impactada; elevação do risco de inundações e enxurradas; contaminação química (metais; metaloides; oligoelementos), física, radioativa e biológica do manancial e sedimento; contaminação química (metais; metaloides; oligoelementos), física, radioativa e biológica do solo e atmosférica; bioacumulação e biomagnificação trófica; de regulação do clima local.
Impacto socioeconômico	interrupção da atividade econômicas associadas e de entorno; desemprego; perda de recursos ecossistêmicos; danos às habitações e infraestrutura; perda de equipamentos públicos (impactos sobre os serviços públicos essenciais); interrupção de dessedentação animal e práticas agrícolas.	interrupção da atividade econômicas associadas e de entorno; impactos econômicos sistêmicos; desemprego.

Fonte: Adaptado de Silva, Silva (2020)

Assim como demonstrado no Capítulo 5. A postergação das medidas de proteção à saúde vem aprofundando o sofrimento social e criando condições para o subdiagnóstico e agravamento dos casos existentes, mas também favorece o comprometimento da identificação precoce e o tratamento adequado das vítimas. E isso tudo se combina com outros fatores de risco que se sobrepõem sobre tais populações (figura 19).

No curso das disputas, um ponto mostrou-se especificamente decisivo: o dissenso em relação à metodologia adequada para “avaliação do risco à saúde humana e risco ecológico”. Com objetivo de produzir dados para subsidiar o planejamento de ações de saúde, adotando-se da metodologia oficial estabelecida pelo Ministério da Saúde, baseada na metodologia da Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) estudo evidenciou a existência de sítios na “Categoria A: Perigo urgente para a Saúde Pública”, no passado, no presente e no futuro nas localidades atingidas (SILVA, ASMUS, *ET AL* 2019). Em discordância aos resultados preliminares e à metodologia adotada, a Fundação Renova passou a defender o

emprego da metodologia denominada Gestão Integrada para a Saúde e Meio Ambiente (GAISMA) (GESTA, 2019).

Para o Ministério da Saúde, a metodologia GAISMA enfatiza a identificação de associações causais diretas entre as substâncias químicas de interesse, as áreas-alvo e o rompimento da barragem de Fundão. Tal abordagem restringe as perspectivas para o reconhecimento e a reparação de agravos futuros, já que os contaminantes (Cd, Cb, Cu, Ni Zn) se apresentam em rotas de exposição completas e dinamicamente persistentes no ambiente (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). Para as autoridades de saúde estadual, a proposta GAISMA é incipiente, não havendo evidências de que a referida metodologia possa atender os objetivos de um estudo de risco à saúde humana (©LEA: AUEPAS., 2020). Segundo o Ministério da Saúde a utilização de modelos conceituais e estatísticos, como preconiza o método GAISMA, busca estabelecer relação de causalidade ao desastre, ao passo que o setor saúde trabalha com o conceito de risco adicional à saúde, devido ao fato de muitos dos agravos e doenças ocasionados por exposição à substâncias químicas, ao longo dos anos, poderem não ser comprovados pelo estabelecimento de nexo causal” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). Percebe-se, portanto que, tanto a própria questão da cientificidade do método, quanto a do nexo-causalidade são centrais, no que se refere ao dissenso sobre os estudos de saúde (©LEA: AUEPAS., 2020). De um lado estão o conjunto de atores nos territórios e instituições, pautadas e balizadas pelas normas metodológicas nacionais e internacionais. De outro a Fundação Renova, proponente do processo GAISMA, uma metodologia que apresenta fundamentação teórico-metodológica e cronograma de acordo com as expectativas da Fundação.

Deve se notar o monopólio da empresa na gestão dos riscos inclusive em relação ao dispêndio dos recursos públicos reparatórios e indenizatórios; simplificando o processo de gestão dos riscos, maximizando incertezas e minimizando riscos, não só valorizando os resultados dos estudos que produz, mas simultaneamente procurando anular também os estudos que não lhe são favoráveis. Um aspecto considerado crítico é o fato de o diálogo e a participação e controle social restringiram-se a reuniões fragmentadas por território administrativo e com forte tendência propagandística, sem apontar com a mesma ênfase as reparação e mitigação necessárias (RAMBOLL, 2020). Ao invés de ter um foco informativo isento e ser construtiva em diálogo e em espaço de co-decisão sobre os programas de reparação com os atingidos locais, a Fundação Renova faz predominantemente defesa de reputação e apresenta dados não

credenciados tecnicamente pelo sistema de governança. Gerando desconfiança entre as partes, elemento essencial para governança eficaz dos riscos (DE MARCHIA, RAVETZ, 1999).

O Brasil será incapaz de avançar nas políticas e ações de redução de risco de desastre em barragens de mineração, sem que se estabeleça uma clara compreensão integral sobre suas causas, nas dimensões temporais (horas, dias, semanas, meses e anos anteriores ao desastre) e de seus determinantes e condicionantes socioeconômicos. No Capítulo 6 trouxemos os resultados do desastre da Samarco passados anos do evento. Esses dados apresentados reforçam as teorias postuladas de que o desastre não se inicia no evento e tão pouco se encerra com o mesmo. Os novos cenários de riscos gerados são de difícil gestão e poderão reverberar negativamente por anos.

Para tanto, em Silva e Silva (2020), postulamos ao setor saúde, tendo como referência o Marco de Sendai, que ainda nos resta a efetiva implementação de sua atuação nas políticas e ações de redução de risco de desastre em barragens, trazendo os seguintes princípios e diretrizes:

1) o primeiro é o trabalho intersetorial com o objetivo de reformulação dos modelos fragmentados e setoriais de compreensão e governança dos riscos. Exige, além de transparência, o fortalecimento dos órgãos governamentais (com recursos humanos, técnicos e financeiros necessários), a articulação e integração dos setores envolvidos (meio ambiente, recursos hídricos, mineração, trabalho, saúde, assistência social, proteção e defesa civil) e ampliação da participação da sociedade por meio das representações das comunidades expostas e afetadas, organizações não governamentais (ONGs) relacionadas ao tema (como Movimento dos Atingidos por Barragens – MAB) e instituições acadêmicas.

2) que as políticas de saúde sejam aplicadas de forma articulada e intersetorialmente com os diversos órgãos de licenciamento, fiscalização e controle prospectivos e preventivos de redução dos riscos de desastres, sendo imprescindível a participação da saúde do trabalhador e a saúde de modo geral, pois, certamente, esses atores terão muito a contribuir para a gestão de risco das estruturas utilizadas pela indústria minerária;

3) é necessário que o setor saúde melhore as ações de preparação e resposta, ampliando sua capacidade de atuação institucional, não só no curto prazo (dias, semanas e meses), no médio prazo, mas também no longo prazo (anos e décadas), ofertando serviços estratégicos para atendimento das necessidades de saúde das populações atingidas;

4) ainda nos resta que a própria constituição das políticas do setor saúde mude de perspectiva. Temos diversas unidades de saúde em áreas de risco e, provavelmente, na rota das barragens; vulnerabilidade que fragiliza a capacidade de resposta do setor saúde, inclusive a integridade física e psicológica dos profissionais de saúde que nelas atuam.

Os critérios identificados envolvem, segundo (QUARANTELLI, 1997):

- (1) reconhecer corretamente as diferenças entre a resposta e as demandas geradas pelo desastre de forma que entregue serviços oportunos e estrategicamente empenhados para as necessidades enfrentadas;
- (2) desempenhar adequadamente funções de remediação e mitigação de forma que cesse ou reduza a exposição aos fatores de risco existentes;
- (3) mobilizar efetivamente pessoal e recursos necessários;
- (4) gerar uma delegação adequada de tarefas e divisão de trabalho;
- (5) processamento adequado das informações;
- (6) exercer adequadamente a tomada de decisões;
- (7) desenvolver a coordenação geral seguindo os interesses da sociedade;
- (8) combinar comportamentos organizacionais emergentes e estabelecidos;
- (9) fornecer relatórios apropriados para a comunicação de risco baseados no cenário de risco pós desastre;
- (10) ter um centro de operações de emergência funcionando articulado integrado e envolvendo diferentes níveis administrativos (QUARANTELLI, 1997).

Essas mudanças exigem a reformulação da situação atual dos modelos de compreensão e governança dos riscos, com o fortalecimento dos órgãos governamentais (com recursos humanos, técnicos e financeiros necessários) e ampliação da participação da sociedade através das representações das comunidades expostas e afetadas, organizações não governamentais, instituições acadêmicas e também de sindicatos.

Nos casos brasileiros, contrastam-se não só a falta de efetivação de legislação e conformidade técnica, mas também a baixa efetividade de recursos técnicos e humanos para identificar os possíveis cenários de riscos. Evidenciando o desequilíbrio de forças nos processos de tomada de decisão, onde os interesses de grupos socialmente dominantes, muitas vezes envolvendo os próprios atores que geram os riscos, se sobrepõem aos das populações e trabalhadores expostos aos riscos. Todos esses processos devem combinar a participação dos

setores trabalho, saúde, serviço social, meio ambiente, águas e mineração, com transparência e participação de representações de trabalhadores e moradores. Estes últimos ainda estão excluídos do acesso a informações e decisões vitais para uma gestão de risco abrangente e eficaz.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se deste desastre podemos extrair lições, estas só fazem sentido se resultarem em políticas e ações, assim como uma governança para a redução de riscos de desastres mais efetivas. As lições aprendidas dos estudos já desenvolvidos no Rio Doce podem beneficiar a predição sobre os efeitos do desastre da Vale S.A, na bacia do Rio Paraopeba. Entretanto, deve-se levar em conta suas especificidades ambientais e sociais.

Isto significa ter como base um modelo de desenvolvimento em que os custos ambientais e humanos não sejam considerados marginais ou externalizados; os planos e ações de redução de riscos em que as injustiças ambientais através da violação dos direitos dos trabalhadores e comunidades não seja tolerada; que as incongruências e contradições das políticas e dos planos de gestão de risco sejam expostas e enfrentadas com efetiva transparência e participação da sociedade. Sem isto, teremos certamente muitos relatórios, estudos e pesquisas, importantes para a geração de conhecimento sobre este desastre, mas insuficientes para gerar lições em que este desastre se torne um marco efetivo nas políticas e ações para a redução de riscos de desastres.

“Acidentes normais”, como os Desastres aqui apresentados, fatalmente continuarão a ocorrer nos sistemas sociotécnicos altamente complexos. Porém, nem sempre estes promovem o aprendizado social e não se obtêm respostas legais e a elaboração de um conjunto de políticas saneadoras necessárias no tempo esperado. É fundamental que as sociedades mineradoras e, principalmente, a cadeia produtiva minerária sejam capazes de combaterem os processos que elevam este risco, incorporando os custos e responsabilidade da gestão de risco de suas estruturas. Mas também estejam preparados para o desafio de indenizar, reparar e restaurar as histórias perdidas, envolvendo-se imediatamente nas respostas não só de curto prazo, mas também de médio e longo prazo, pois os inúmeros impactos sociais, econômicos, ambientais e sanitários são intensivos e extensivos. Esses perigos combinam extrema incerteza com possibilidade de danos irreversíveis que se prolongam por anos.

É necessário que planos, alertas e alarmes não sejam tratados somente como instrumentos burocráticos do licenciamento, mas que envolvam um efetivo e transparente processo de planejamento intersetorial, com a participação da sociedade, fortalecendo as capacidades de preparação e respostas dos municípios por intermédio da transparência e exercícios regulares. Essa mudança evitaria as situações recentes pós-desastre da Vale, como as vivenciadas nos municípios mineiros de Ouro Preto, Nova Lima e Barão de Cocais, entre

outros, que de uma hora para outra sirenes tocaram e famílias foram removidas de suas casas, com seus territórios passando a não ser mais considerados seguros, sem considerar que as incertezas e inseguranças desencadeadas a partir dali têm reflexos nas situações de saúde destas comunidades]

Por fim, a Saúde Coletiva e o SUS como um todo devem trabalhar os efeitos à saúde causados pelos desastres e os processos de reabilitação e recuperação da saúde, bem como a prevenção de doenças integrados com os de reconstrução. As atividades de retirada da lama e reconstrução em Barra Longa ampliaram os efeitos sobre a saúde da população, incluindo o aumento expressivo de doenças respiratórias geradas pela poeira da lama. A longa demora em reconstruir as casas nos distritos rurais de Bento Rodrigues, Gesteira e Paracatu de Baixo não só prolonga o sofrimento e estigma destas comunidades, deslocadas para áreas urbanas em Mariana e com perda de sua vizinhança e territórios, mas também causa um segundo desastre. Não só deve ser adotado o princípio do Marco de Sendai de reconstrução melhor e mais segura para as comunidades atingidas, como a Saúde Coletiva e o SUS devem participar ativamente destes processos, pois a depender do modo como são realizados ou mesmo procrastinados pelas empresas que produziram os desastres, podem reduzir ou ampliar os riscos para a saúde, nos médio e longo prazos.

REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, H.; HERCULANO, S.; PÁDUA, J. A. A justiça ambiental e a dinâmica das lutas socioambientais no Brasil – uma introdução. In: ACSELRAD, H.; HERCULANO, S.; PÁDUA, J. A. **Justiça Ambiental e Cidadania**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004.
- ADAMS, L. I. L. et al **SAINDO DA LAMA A atuação interfederativa concertada como melhor alternativa para solução dos problemas decorrentes do desastre de Mariana**. Belo Horizonte: Fórum, 2019.
- ANA. **Relatório de segurança de barragens 2017**. Agência Nacional de Águas. Brasília, p. 81. 2018. (CDU 627.82(047)).
- ANA, A. N. D. Á. **Encarte Especial Sobre a Bacia do Rio Doce-Rompimento da Barragem em Mariana MG**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos - SPR/Ministério de Meio Ambiente. Brasília DF, p. 50. 2015.
- ANA, A. N. D. Á. **Encarte Especial Sobre a Bacia do Rio Doce-Rompimento da Barragem em Mariana MG**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos - SPR/Ministério de Meio Ambiente. Brasília DF, p. 50. 2016.
- ANVISA. **Nota Técnica da Anvisa sobre consumo de pescado proveniente de regiões afetadas pelo rompimento da Barragem do Fundão/MG**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília. 2019. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=5522130&_101_type=content).
- ARMSTRONG, M.; PETTER, R.; PETTER, C. Why have so many tailings dams failed in recent years?. **Resources Policy**, v. 63, p. 101412, october 2019. ISSN <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101412>.
- AUGUSTO, L. G. D. S.; FREITAS, C. M. D.; TORRES, J. P. M. Risco ambiental e contextos vulneráveis: implicações para a vigilância em saúde. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 11, n. 3, p. 1-4, 2002.
- AZAM, S.; LI, Q. Tailings dam failures: a review of the last one hundred years. **Geotechnical news**, v. 28, n. 4, p. 50-54, 2010.
- AZEDO, L. A. Estudo atesta risco a longo prazo em brumadinho. **O globo**, 2 maio 2019. 9.
- BANKOFF, G. Time is of the essence: disasters, vulnerability and history. **International Journal of Mass Emergencies and Disasters**, v. 22, n. 3, p. 23-24, november 2004.
- BARBON, J. **Folha de São Paulo**. Folha de São Paulo/ UOL, 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/02/sirenes-em-brumadinho-estao-intactas-ao-contrario-de-discurso-inicial-da-vale.shtml>. Acesso em: 06 março 2019.

BELTRAMI, A. C.; FREITAS, C. M. D.; MACHADO, J. H. Acidentes com produtos perigosos no Brasil, no período 2006-2009: análise dos dados dos sistemas de informações como subsídio às ações de vigilância em saúde ambiental. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 439-448, 2012. ISSN DOI: 10.5123/S1679-49742012000300009.

BOWKER, L.; CHAMBERS, D. The risk, public liability & economics of tailings. **Research Pape**, Stonington, ME, 2015.

BRASIL. **Portaria Nº 1339, de 18 de novembro de 1999**. Ministério da Saúde. Brasília. 1999. http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1999/prt1339_18_11_1999.html.

BRASIL. **Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_p2r2_1/_arquivos/livro_2007_106.pdf. Acesso em: 20 out. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. **Relatório de análise de acidente rompimento da barragem de rejeitos fundão em Mariana - MG**. Brasília: MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2016. p. 138.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB. Relatório de Segurança de Barragens 2017: Cadastro de Barragens (planilha Excel)** [internet]. Agência Nacional das Águas, Brasília, DF. 2017.

BRASIL, A. N. D. Á. **Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB. Relatório de Segurança de Barragens 2018: Cadastro de Barragens**. Agência Nacional das Águas. Brasília, DF, p. (planilha Excel) [internet]. 2018.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB. Relatório de Segurança de Barragens 2018: Cadastro de Barragens**. Agência Nacional das Águas. Brasília, DF, p. (planilha Excel) [internet]. 2019.

BRASIL. **Relatório de Análise de Acidente de Trabalho: Rompimento da barragem B I da Vale S.A. em Brumadinho/MG em 25/01/2019**. Ministério da Economia Secretaria Especial de Previdência e Trabalho Secretaria do Trabalho / Subsecretaria de Inspeção do Trabalho Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais SEGUR - Seção de Segurança e Saúde do Trabalhador. Belo Horizonte, p. 238. 2019.

BRASIL. Um ano do desastre da Vale Organização e resposta do Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico**, Ministério da Saúde - Secretaria de Vigilância em Saúde - Ministério da Saúde, v. 51, n. n.esp., p. 1-35, jan 2020.

BREDOW, S. M. S.; LÉLIS, M. T. C.; CUNHA, A. M. O ciclo de alta nos preços das commodities e a economia brasileira: uma análise dos mecanismos externos de transmissão entre 2002 e 2014. **Economia e Sociedade**, v. 25, n. 3, p. 695-731, 2016.

BRIGGS, D. J. A framework for integrated environmental health impact assessment of systemic risks. **Environ Health**, v. 7, n. 61, november 2018. ISSN <https://doi.org/10.1186/1476-069X-7-61>.

BUTLER, C. D.; CORVALAN, C. F.; KOREN, H. S. Human health, well-being, and global ecological scenarios. **Ecosystems**, v. 8, n. 2, p. 153-162, 2005.

CÂMARA, V. D. M.; TAMBELLINI, A. T. Considerações sobre o uso da epidemiologia nos estudos em saúde ambiental.. **Revista brasileira de Epidemiologia**, v. 6, n. 2, p. 95-104, 2003. ISSN <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2003000200004>.

CASTIEL, L. D. Lidando com o risco na era midiática. In: :MINAYO, M. C. D. S.; MIRANDA, A. C. D. **Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós**. 1. ed. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2002. Cap. II.2, p. 113-134. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/xkvy4>>.

CHAMBERS, D. M.; HIGMAN, B. Long term risks of tailings dam failure. **Center for Science in Public Participation**. Montana. 2011.

CHEVASSUS-AU-LOUIS, B. Prevention, precaution, consumer involvement: which model for food safety in the future?. **International Workshop**, CIRAD-FAO. [S.l.], p. 13. 2000. (<http://www.cirad.fr/colloque/fao/pdf/7-chevassus.pdf>).

CIF. **Deliberação CIF nº 58**. COMITÊ INTERFEDERATIVO (CIF). Belo Horizonte, p. 2. 2017.

CIF_A. **Deliberação CIF nº 93**. Comitê Interfederativo. Belo Horizonte, p. 2. 2017.

COELHO, T. P.; MILANEZ, B.; PINTO, R. G. A EMPRESA, O ESTADO E AS COMUNIDADES. In: MANSUR, M. S. E. A. **Questão Mineral no Brasil - vol. 2: Antes fosse mais leve a carga: reflexões**. Marabá- PA: IGUANA, 2016. p. 183-227.

COMISSÃO PARLAMENTAR DE INQUÉRITO. **Relatório: ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE BRUMADINHO**. COMISSÃO PARLAMENTAR DE INQUÉRITO. Brasília, p. 2287. 2019.

CT-SAÚDE. **Nota Técnica CT-SAÚDE nº 51/2021**. Sistema CIF- Câmara Técnica de Saúde. Belo Horizonte, p. 33. 2021.

CZERESNIA, D. As várias faces do conceito de risco em vigilância sanitária. Risco epidemiológico e vigilância sanitária. In: **Seminário temático permanente da Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Brasília: Tópicos temáticos. 2001.

DAVIES, M.; MARTIN, T. Mining market cycles and tailings dam incidents. In: **Proceedings of the 13th International Conference on Tailings and Mine Waste**, 1–4 November 2009. Banff, Alberta, Canada: <http://www.infomine.com/publications/docs/Davies2009.pdf>. 2009.

DE ALMEIDA, E. P. A. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil: os desastres como problema político. **1o Seminário Internacional de Ciência Política-Estado e Democracia em Mudança no Século XXI**. Porto Alegre: [s.n.]. 2015.

DE MARCHIA, B.; RAVETZ, J. R. Risk management and governance: a post-normal science approach. **Futures**, v. 31, n. 7, p. 743-757, September 1999.

DOS SANTOS VERGILIO, C. et al Immediate and long-term impacts of one of the worst mining tailing dam failure worldwide (Bento Rodrigues, Minas Gerais, Brazil). **Science of The Total Environment**, v. 756, Fev. 2021. ISSN <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143697>.

FEMA. **Inventário de barragem do Estado de Minas Gerais**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte, p. 54. 2016. (CDU: 622:504.064(815.1)).

FERNANDES, D. J. A LAMA DA SAMARCO E A SAÚDE DOS ATINGIDOS. In: TARCÍSIO, M. P.; POLIAGNANO, M. V.; ANDRADE, M. **Mar de lama da Samarco na bacia do rio Doce**: em busca de respostas. BRLO HORIZONTE : Instituto Guaicuy, 2019. Cap. 10, p. 316.

FGV. **Análise de Agravos Notificados às Bases do DATASUS – Parte 1**. Fundação Gentulio Vargas. Rio de Janeiro, p. 547. 2019. (CDD – 627.80981).

FGV_A. **Análise de Agravos Notificados às Bases do DATASUS – Parte 2**. Fundação Getulio Vargas. São Paulo, p. 282. 2019. (CDD – 627.80981).

FGV. **Contribuições para a Discussão Sobre a Judicialização da Frente sobre Impactos à Saúde dos Atingidos pelo Rompimento da Barragem do Fundão**. Fundação Gentulio Vargas. Rio de Janeiro, p. 168. 2020.

FREITAS, C. M. D.; PORTO, M. F. D. S.; GOMEZ, C. M. Acidentes químicos ampliados: um desafio para a saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, v. 29, p. 503-514, 1995.

FREITAS, C. M. D. et al Segurança química, saúde e ambiente: perspectivas para a governança no contexto brasileiro. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 249-256, Feb 2002.

FREITAS, C.; SÁ, I. Por um gerenciamento de riscos integrado e participativo na questão. In: PERES, F. **É veneno ou é remédio?: agrotóxicos**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2003. p. 211-250.

FREITAS, C. M. D.; SILVA, M. A. D.; MENEZES, F. C. D. O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. **Cienc. Cult**, v. vol.68, n. 3, p. 25-30, setembro 2016.

FREITAS, C. M. D. et al Conquistas, limites e obstáculos à redução de riscos ambientais à saúde nos 30 anos do Sistema Único de Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 1987-1996, 2018.

FREITAS, C. M. D. et al Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva. **Cad. Saúde Pública [online]**, v. 35, n. 5, mar 2019.

FREITAS, C. M.; SILVA, M. A. D. Acidentes de trabalho que se tornam desastres: os casos dos rompimentos em barragens de mineração no Brasil. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 17, n. 1, p. 21-29, 2019.

FREITAS, C. M. et al **Mudanças climáticas, redução de riscos de desastres e emergências em saúde pública nos níveis global e nacional**. FIOCRUZ. Rio de Janeiro, p. 119. 2019.

FRÓES-ASMUS. **Exposição a Substâncias químicas: risco associados e saúde ambiental**. Estraratégia Fiocruz para agenda 2030. Rio de Janeiro. 2020.

FUNTOWICZ, S.; RAVETZ, J. **Post-normal science**. International Society for Ecological Economics (ed.), Online Encyclopedia of Ecological Economics at <http://www.ecoeco.org/publica/encyc.htm>, 2003.

G1_MG. Poeira afeta saúde em Barra Longa e atendimento médico aumenta 1.000%, 13/07 2016. ISSN <http://g1.globo.com/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/noticia/2016/07/poeira-afeta-saude-em-barra-longa-e-atendimento-medico-aumenta-1000.html>.

GARBOIS, J. A.; SODRÉ, F.; DALBELLO-ARAUJO, M. Determinantes sociais da saúde: o "social" em questão. **Saúde Soc**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 1173-1182, Maio 2014.

GESTA. **Considerações sobre a disputa acerca da Avaliação de Risco à Saúde Humana nos municípios de Mariana e Barra Longa, Minas Gerais, no contexto do desastre da Samarco S.A.** UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - Grupo de Estudos em Temáticas Ambientais. [S.l.], p. 8. 2019.

GIDDENS, A. **As consequências da Modernidade**. 5°. ed. São Paulo: Unesp, 1990.

GIDDENS, A.; SUTTON, P. W. **Conceitos essenciais da sociologia**. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2017.

GOLDENBERG, M. **A Arte de Pesquisar**. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 1998.

GONDIM, G. M. D. M. Do Conceito de Risco ao da Precaução: entre determinismos e incertezas entre determinismos e incertezas. In: FONSECA, A. F.; CORBO, A. M. D. **O território e o processo saúde-doença**. Rio de Janeiro: EPSJV/FIOCRUZ, 2007. (Coleção Educação Profissional e Docência em saúde: a formação e o trabalho do agente comunitário de saúde. [S.l.]: Fundação Oswaldo Cruz. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio. Laboratório de Educação Profissional em Vigilância em Saúde. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007. p. 87-120.

GILMOUR, S. et al Long-Term Changes in Stroke-Related Hospital Admissions After the Fukushima Triple Disaster. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 63, n. 11, p. 2425-2426, 2015.

GIRUNDI, D.; FREITAS, R.; CASTRO, C. M. D. Vale assina acordo de R\$ 37,68 bilhões para reparar tragédia de Brumadinho. **G1**, 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2021/02/04/vale-assina-acordo-bilionario-de-r-3768-bilhoes-para-reparar-danos-causados-em-brumadinho.ghtml>>. Acesso em: 5 junho 2021.

HALES, S. et al Health aspects of the millennium ecosystem assessment. **EcoHealth**, v. 1, n. 2, p. 124-128, 2004.

HATJE, V. et al The environmental impacts of one of the largest tailing dam failures worldwide. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-13, September 2017.

HELLER, L. Desastres de mineração e saúde pública no Brasil: lições (não) aprendidas. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 5, maio 2019.

IBRAM. **Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração**. Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). Brasília, p. 129. 2016. (978-85-61993-10-8).

IBAMA. Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. IBAMA; MMA. Brasília, p. 38. 2015.

IBAMA. **NOTA TÉCNICA Nº 5/2019/NUBIO-MG/DITEC-MG/SUPES-MG. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS**. [S.l.], p. 3. 2019.

IGAM. INFORMATIVO Nº3- Informativo diário dos parâmetros de qualidade das águas nos locais monitorados ao longo do Rio Paraopeba, após o desastre na barragem B1 no complexo da Mina Córrego Feijão da Mineradora Vale/SA no município de Brumadinho – Minas Gerais. IGAM_COPASA_CPRM_ANA. [S.l.], p. 25. 2019.

IGAM. **Encarte Especial sobre qualidade das águas do Rio Doce após 4 anos do rompimento da barragem de Fundão - 2015/2019**. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Belo Horizonte. 2020. ([www.http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2020/QUALIDADE_AGUAS/Encarte%20_4_anos_-_Desastre_Doce_-_Final.pdf](http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2020/QUALIDADE_AGUAS/Encarte%20_4_anos_-_Desastre_Doce_-_Final.pdf)).

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. **Avaliação dos riscos em saúde da população de Barra Longa/MG afetada pelo desastre**. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade. 2017. 217 p. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2017/04/Resumo.18.04.2017.pdf>.

IPCS - INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY. inchem. **Chemical safety information from intergovernmental organizations**, 1978. Disponível em: <http://www.inchem.org/>. Acesso em: 15 mai 2020.

JORNAL HOJEEMDIA. Justiça dá ultimato para reassentamento das famílias atingidas por barragem da Samarco em Mariana, Belo Horizonte, março 2019. ISSN <https://www.hojeemdia.com.br/horizontes/justi%C3%A7a-d%C3%A1-ultimato-para-reassentamento-das-fam%C3%ADlias-atingidas-por-barragem-da-samarco-em-mariana-1.700683>.

KOSSOFF, David, et al Mine tailings dams: characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. **Applied Geochemistry**, v. 51, p. 229-245, 2014.

LACTEC. **Parecer Técnico sobre a avaliação da qualidade do ar à luz dos padrões de qualidade estabelecidos no Brasil, tendo em vista as alterações ambientais decorrentes do rompimento da barragem de Fundão em Mariana – MG**. INSTITUTO DE TECNOLOGIA

PARA O DESENVOLVIMENTO - INSTITUTOS LACTEC. Curitiba, p. 12. 2019. (PA nº 1.22.000.000307/2017-44).

LACTEC. **Parecer técnico sobre nota técnica no 8/2019/SEI/GEARE/GGALI/DIRE2/ANVISA.** O INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO - INSTITUTOS LACTEC. Curitiba, p. 8. 2019. (Parecer n. 22).

LACTEC. **Qualificação e quantificação de elementos potencialmente tóxicos (metais e semimetais) em pescado proveniente da área de proibição da pesca.** Institutos Lactec. Curitiba – Paraná, p. 6120. 2019.

LE COZE, J. C. Globalization and high-risk systems.. Policy and Practice in Health and Safety, v. 15, n. 1, p. 57-81, 2017. ISSN <https://doi.org/10.1080/14773996.2017.1316090>.

LIEBER, R. R.; ROMANO-LIEBER, N. S. O conceito de risco: Janus reinventado. In: MINAYO, M. D. S.; MIRANDA, A. D. **Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós.** Rio de Janeiro: ABRASCO/FIOCRUZ, 2002.

LLORY, M.; MONTMAYEUT, R. O acidente e a organização. Belo Horizonte, MG: Fabrefactum Editora, 2014. Disponível em: <<http://renastonline.ensp.fiocruz.br/recursos/acidente-organizacao>>.

LOSEKANN, C.; MILANEZ, B. A emenda e o soneto: notas sobre os sentidos da participação no TAC de Governança. **Versos - Textos para Discussão**, v. 2, n. 1, p. 26-45, 2018.

LUCCHINI, R. G. et al A comparative assessment of major international disasters: the need for exposure assessment, systematic emergency preparedness, and lifetime health care. **BMC public health**, v. 17, n. 1, p. 46, 2017.

MACHADO, F. V.; DOWBOR, M. W.; AMARAL, I. Desastre da Samarco e políticas de saúde no Espírito Santo: ações aquém do SUS? **SAÚDE DEBATE**, RIO DE JANEIRO, v. 44, n. ESPECIAL, p. 145-158, Julh 2020. ISSN DOI: 10.1590/0103-11042020E210. MARSHALL, J. Tailings dams failures in Brazil and Canada: an. **Caderno Eletrônico de Ciências Sociais**, v. 5, n. 1, p. 27-46, 2017. ISSN <https://doi.org/10.24305/cadecs.v5i1.2017.17793>.

MILANEZ, B. ET AL **Antes fosse mais leve a carga: reflexões sobre o desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton.** Marabá: Editorial iGuana, 2016.

MILANEZ B, M. L. P. R. Da política fraca à política provada: o papel do setor mineral nas mudanças da política ambiental em Minas Gerais, Brasil. **Cad Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 5, Maio 2019.

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**, v. 3, n. 1, p. 1-114, 2019.

MILANEZ, B.; ALI, S. H.; DE OLIVEIRA, J. A. P. Mapping industrial disaster recovery: Lessons from mining dam failures in Brazil. **The Extractive Industries and Society**, v. 8, n. 2, p. 100900, June 2021.

MILANEZ, B.; MAGNO, L.; PINTO, R. Da política fraca à política provada: o papel do setor mineral nas mudanças da política ambiental em Minas Gerais, Brasil. **Cad Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 5, Maio 2019.

MME. **Boletim do Setor Mineral**. Ministério de Minas e Energias - Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Brasília, p. 28. 2020. MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). **Parecer Técnico 01/2020-DSASTE/SVS/MS**. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. [S.l.], p. 8. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). **Parecer Técnico 01/2020-DSASTE/SVS/MS**. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. [S.l.], p. 8. 2020.

MPF, M. P. F. **Força-tarefa, Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da barragem de Fundão em Mariana-MG**. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana-Governo de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 273. 2016.

MPF_A. PARECER PERICIAL Nº 115/2016/6ªCCR - Impactos do desastre socioambiental causado pelo rompimento da Barragem do Fundão, em Mariana, sobre as comunidades indígenas Tupiniquim e Guarani das TIs. Caieiras Velhas II, Comboios e Tupiniquim. MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. [S.l.], p. 25. 2016.

NARVÁEZ, L.; ORTEGA, G. P.; LAVELL, A. **La gestión del riesgo de desastres. Un enfoque basado en procesos. Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina** - PREDECAN. Lima, Perú, p. 105. 2009.

NEVES, M. et al Pesquisa sobre a saúde mental das famílias atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão em Mariana. Belo Horizonte: Corpus, 2018.

NEVES, L. P. **Segurança de Barragens** - Lesgilação federal Brasileira em Segurança de Barragens comentadas. Brasília: [s.n.], 2018.

NIXON, R. **Slow Violence and the Environmentalism of the Poor**. [S.l.]: Harvard University Press, 2011.

NOAL, D. D. S.; RABELO, I. V. M.; CHACHAMOVICH, E. O impacto na saúde mental dos afetados após o rompimento da barragem da Vale. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, Maio 2019. ISSN 10.1590/0102-311X00048419.

NOGUEIRA, M. N. Vale prorrogará por mais 10 meses auxílio emergencial a atingidos por barragem, 28 nov. 2019. 4.

OPAS, O. P. D. S. **Desastres Naturais e Saúde no Brasil**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. (Série Desenvolvimento Sustentável e Saúde, 2).

PASSOS, G. Desastre em Brumadinho: após 2 anos, famílias ainda aguardam Justiça. **agenciabrasil.ebc**, 2021. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia->

nacional/geral/audio/2021-01/tragedia-em-brumadinho-apos-2-anos-familias-ainda-cobram-justica>. Acesso em: 5 junho 2021.

PERROW, C. **Normal accidents: Living with high risk technologies-Updated.** edition. Princeton : Princeton university press, 2011.

PORTO, M. F. D. S. **Uma ecologia política dos riscos:** princípios para integrarmos o local e o global na promoção da saúde e da justiça ambiental. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2007.

PORTO, M. F. D. S. Complexidade, processos de vulnerabilização e justiça ambiental: um ensaio de epistemologia política. **Revista Crítica de Ciências Sociais** [Online], v. 93, p. 31-58, outubro 2011. ISSN <https://doi.org/10.4000/rccs.133>.

QUARANTELLI, E. L. Ten Criteria for Evaluating the Management of Community Disasters. **Disaster**, v. 21, n. 1, p. 39-56, 1997. ISSN <https://doi.org/10.1111/1467-7717.00043>.

QUARANTELLI, E. L. **Uma agenda de pesquisa do século 21 em ciências sociais para os desastres: questões teóricas, metodológicas e empíricas, e suas implementações no campo profissional**1. *O Social em Questão* - nº 33 - 2015. [S.l.], p. 25-56. 2015.

QUEIROZ, H. M. E. A. The Samarco mine tailing disaster: a possible time-bomb for heavy metals contamination? **Science of the Total Environment**, v. 637, p. 498-506, October 2018. ISSN <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.370>.

RAGAZZI, L.; ROCHA, M. **Brumadinho - A Engenharia De Um Crime.** Belo Horizonte: Letramento , 2019.

RAMBOL. **Monitoramento independente do desastre da barragem de Fundão.** RAMBOL. acessado em 06/2021. 2021. (<https://auditoria-riodoce.ramboll.com/programas/pg01-cadastrados-impactados>).

RAMBOLL. **Relatório de monitoramento mensal dos programas socioeconômicos e socioambientais para restauração da bacia do Rio Doce com os indicadores propostos.** [S.l.], p. 202. 2020.

RICO, M. et al Reported tailings dam failures: A review of the European incidents in the worldwide context. **Journal of hazardous materials**, v. 2, n. 152, p. 846-852, 2008.

ROBERTSON, M. Risk Analysis: Failure Modes and Effects Analysis. **Seminário 2012: Gestão de riscos e segurança de barragens de rejeitos.** [S.l.]: FMEA. 2012.

RODRIGUES, L. Enchentes em rios afetados por lama da Samarco e da Vale preocupam MP. **Agência Brasil**, 2020. Disponível em: <<http://agenciabrasil.etc.com.br/geral/noticia/2020-02/enchentes-em-rios-afetados-por-lama-da-samarco-e-da>>. Acesso em: 08 Fevereiro 2020.

ROLAND, M. C. E. A. Negociação em contextos de violações de Direitos Humanos por empresas: uma breve análise dos mecanismos de solução negociada à luz do caso do rompimento da barragem de Fundão. *Versos. Juiz de Fora*, p. 3-25. 2018. (ISSN: 2526-9658).

ROMÃO, A. et al Nota técnica: Avaliação dos impactos do desastre de Brumadinho sobre a saúde, Rio de Janeiro. Observatório de Clima e Saúde. Rio de Janeiro, p. 20. 2019.

ROMÃO, A. et al Nota técnica: Avaliação preliminar dos impactos sobre a saúde do desastre da mineração da Vale (Brumadinho, MG). Fiocruz - Observatório de Clima e Saúde. Rio de Janeiro, p. 21. 2019.

ROSSI, A. Tragédia em Brumadinho: Vale diz que sirenes não foram acionadas por 'velocidade' do deslizamento. **bbc.com/brasil**, 2019. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47063312>>. Acesso em: 06 março 2019.

SÁ, F. et al Time-sequence development of metal (loid) s following the 2015 dam failure in the Doce river estuary, Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 769, p. 144532, May 2021.

SAMARCO MINERADORA S.A. **Mensagem da administração, relatório dos auditores independentes e demonstrações financeiras em 31 de dezembro de 2019**. Samarco Mineradora S. A. [S.l.], p. 103. 2019. Disponível em: https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2020/04/Samarco_Demonstracoes_Financeiras_2019.pdf.

SCHWEIZER, P.-J.; RENN, O. Governance of systemic risks for disaster prevention and mitigation. **Disaster prevention and management: an international journal**, v. 28, n. 6, p. 826-874, 2019.

SEMAD, S. **Parecer Único Nº 0786757/2018** (SIAM. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Belo Horizonte: Subsecretaria de Regularização Ambiental, 2018. p. 112.

SERRA, C. **Tragédia em Mariana: a história do maior desastre ambiental do Brasil**. Rio de Janeiro: Record, 2018.

SILVA, A. P. D. S. et al **Estudo de avaliação de risco à saúde humana em localidades atingidas pelo rompimento da barragem do Fundão – MG**. São Paulo: Ambios Engenharia e Processos, 2019. p. 369.

SILVA, E. L.; SILVA, M. A. Segurança de barragens e os riscos potenciais à saúde pública. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. ESPECIAL, p. 242, Julho 2020.

SILVA, M. A. et al Sobreposição de riscos e impactos no desastre da Vale em Brumadinho. **Ciência e Cultura**, Belo Horizonte, v. 72, n. 2, apr/june 2020.

SILVA, M. A.; XAVIER, S. R.; ROCHA, V. Do global ao local: desafios para redução de riscos à saúde relacionados com mudanças climáticas, desastre e Emergências em Saúde Pública. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 2, p. 38-57, Julho 2020.

SIMONATO, T. C. **Projeção dos impactos econômicos regionais do desastre de Mariana - MG**. UFMG/CEDEPLAR. Belo Horizonte, p. 49. 2018. (ISSN 2318-2377).

SOS MATA ATLÂNTICA. O retrato da qualidade da água nas bacias dos rios Paraopeba e Alto São Francisco após o rompimento da barragem Córrego do Feijão – Minas Gerais. FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. [S.l.], p. 7. 2019.

SPINK, M. J. P. Trópicos do discurso sobre risco: risco-aventura como metáfora na modernidade tardia. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 17(6):1277-1311, , , v. 17, n. 6, p. 1277-1311, nov-dez 2001.

SIQUEIRA, J. Tragédia em Brumadinho: Governo e Vale prorrogam as negociações. **diariodocomercio**, 2021. Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/economia/tragedia-em-brumadinho-governo-e-vale-prorrogam-as-negociacoes/>>. Acesso em: 5 junho 2021.

STENGERS, I. **No Tempo das Catástrofes**. ISBN: 9788540509757. ed. [S.l.]: Cosac & Naify, 2015.

TAMBELLINI, A. T.; CAMARA, V. D. M. A temática saúde e ambiente no processo de desenvolvimento do campo da saúde coletiva: aspectos históricos, conceituais e metodológicos. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 47-59, 1998.

TIERNEY, K. Disaster Governance: Social, Political, and Economic Dimensions. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 37, p. 341-363, 2012.

THOMPSON, F. et al Severe impacts of the Brumadinho dam failure (Minas Gerais, Brazil) on the water quality of the Paraopeba River. **Science of The Total Environment**, v. 705, 2020.

TTAC. TTAC. Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC) entre União/Estados de MG e ES/Samarco/Vale/BHP. [S.l.], p. 119. 2016.

UFMG. UFMG desenvolve 67 pesquisas para avaliar impactos do rompimento da barragem de Brumadinho. **https://ufmg.br/comunicacao/noticias/**, 2021. Disponível em: <<https://ufmg.br/comunicacao/noticias/ufmg-desenvolve-67-pesquisas-para-avaliar-impactos-do-rompimento-da-barragem-de-brumadinho>>. Acesso em: 15 Maio 2021.

UNISDR- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030**. 3rd United Nations World Conference on DRR. Sendai, Japan. 2015.

UNISDR. Words into Action Man-Made and Technological Hazards Practical Considerations for Addressing Man-made and Technological Hazards in Disaster Risk Reduction. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Geneva, p. 66. 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO. **LEA: AUEPAS. Nota Técnica Lea: AUEPAS/NO. 03.2020/MPF/DEMG**. Ouro Preto: UFOP, Laboratório de Educação Ambiental e Pesquisa, Arquitetura, Urbanismo, Engenharias e Processos para Sustentabilidade, 2020. p. 31.

VITTI, G. **“Um Dano Que Se Renova”**: Estado e F (f) undação de Processos De Neoliberalização Na Bacia Do Rio Doce. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de

Janeiro , p. 162. 2019. (Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Planejamento Urbano e Regional).

VORMITTAG, E. D. M. P. A. D. A.; OLIVEIRA, M. A. D. E. G. J. S. Health evaluation of the barra longa population affected by the disaster in Mariana county. **Ambient. soc**, São Paulo, v. 21, nov. 2018. ISSN <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0122r2vu1811ao>.

WANDERLEY, L. J.; MANSUR, M. S.; B.; MILANEZ, PINTO, R.G. Desastre da Samarco/Vale/BHP no Vale do Rio Doce: aspectos econômicos , políticos e socio ambientais. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 3, p. 30-5, 2016.

WHO - World Health Organization. **Revision of the International Health Regulations**. WORLD HEALTH ASSEMBLY (WHA 58.3). [S.l.]. 2005.

WMTF. World mine tailings failures—from 1915. **World mine tailings failures**, 2019. Disponível em: <<https://worldminetailingsfailures.org/>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

WYNNE, B. Unruly Technology: Practical Rules, Impractical Discourses and Public Understanding. **Social Studies of Science**, v. 18, p. 147-167, (1988).

WYNNE, B. Uncertainty and environmental learning: Reconceiving science and policy in the preventive paradigm. **Global Environmental Change**, v. 2, n. 2, p. 111-127, 1992.