



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

GRACIENE SANTOS BRITO

Desastres Envia Sinais: Estudo de Caso de
Brumadinho



SALVADOR
2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL**

GRACIENE SANTOS BRITO

**DESASTRES ENVIAM SINAIS: ESTUDO DE
CASO DE BRUMADINHO**

Salvador

2024

GRACIENE SANTOS BRITO

**DESASTRES ENVIAM SINAIS: ESTUDO
DE CASO DE BRUMADINHO**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial-PEI da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Anastácio Pinto
Gonçalves Filho

Salvador

2024

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Bernadete
Sinay Neves, Escola Politécnica – UFBA.

B862 Brito, Graciene Santos.

Desastres enviam sinais: estudo de caso de Brumadinho / Graciene Santos Brito. – Salvador, 2024.

80f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Anastácio Pinto Gonçalves Filho.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2024.

1. Desastre – indústria - Brumadinho. 2. Segurança - cultura.
3. Desastre – desenvolvimento. I. Gonçalves Filho, Anastácio Pinto. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDD: 363.34

DESASTRES ENVIAM SINAIS: ESTUDO DE CASO DE BRUMADINHO

GRACIENE SANTOS BRITO

Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

Documento assinado digitalmente
 **ANASTACIO PINTO GONCALVES FILHO**
Data: 12/07/2024 11:28:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Anastácio Pinto Gonçalves Filho (UFBA/MPEI)

Documento assinado digitalmente
 **JOYCE BATISTA AZEVEDO**
Data: 12/07/2024 14:44:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Joyce Batista Azevedo (UFBA/ICTI)

Documento assinado digitalmente
 **PABLO RODRIGUES MUNIZ**
Data: 12/07/2024 14:49:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Pablo Rodrigues Muniz (Instituto Federal do Espírito Santo/IFES)

Salvador, BA - BRASIL
Julho/2024

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter me iluminado e me capacitado para que eu chegasse até aqui e por ter me dado dois anjos como mãe e irmã. Marisete (mãe) e Selma (irmã) muito obrigada por terem sempre me apoiado, motivado e incentivado na minha jornada acadêmica. Por terem sempre acreditado em meu potencial, mesmo quando eu duvidava dele e por terem me ensinado a nunca desistir dos meus sonhos. Amo muito vocês!

Gostaria de agradecer também ao meu querido orientador, professor Dr. Anastácio, pela confiança, compreensão, paciência e incentivo. O senhor é um orientador como poucos e sou muito grata a Deus por ter me permitido trabalhar esse tempo com o senhor.

Agradeço também ao meu querido amigo Marcão por acreditar em mim e me incentivar a ir sempre além. Aos queridos amigos do Laboratório de Reprodução Animal da EMEVZ-UFBA, Mari, Ed, Nay, Alana, Gleicinha, Elton, Carmo, Milena e Isabella por sempre torcerem por mim e por vibrarem comigo em todas as minhas vitórias. Obrigada!

Muito obrigada também aos amigos das Indústrias Nucleares do Brasil, Andresa, Emerson Jorge, Joel, Lucineia, Naira e Rodrigo por sempre me ajudarem e por mostrarem sempre que eu posso ir mais longe.

Gostaria de agradecer também a tantos outros que fizeram e fazem parte da minha vida e que, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

ACKNOWLEDGMENTS

I would first like to thank God for enlightening me and enabling me to get here and for giving me two angels as a mother and sister. Marisete (mother) and Selma (sister) thank you very much for always supporting, motivating and encouraging me on my academic journey. Thank you for always believing in my potential, even when I doubted it, and for teaching me to never give up on my dreams. Love you so much!

I would also like to thank my dear advisor, Professor Dr. Anastácio, for his trust, understanding, patience and encouragement. You are a mentor like few others and I am very grateful to God for allowing me to work with you during this time.

I would also like to thank my dear friend Marcão for believing in me and encouraging me to always go further. To my dear friends from the Animal Reproduction Laboratory at EMEVZ-UFBA, Mari, Ed, Nay, Alana, Gleicinha, Elton, Carmo, Milena and Isabella for always rooting for me and cheering me on in all my victories. Thank you very much!

Thank you also to my friends at Indústrias Nucleares do Brasil, Andresa, Emerson Jorge, Joel, Lucineia, Naira and Rodrigo, for always helping me and showing me that I can go further.

I would also like to thank so many others who were and are part of my life and who, directly or indirectly, contributed to my achievements and helped me get here.

BRITO, Graciene Santos. DESASTRES ENVIAM SINAIS: ESTUDO DE CASO DE BRUMADINHO. 2024 (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2024

RESUMO

O desastre ocorrido em Brumadinho, Minas Gerais/Brasil, ocasionado pelo rompimento da Barragem I (BI) de rejeitos de mineração de propriedade da empresa Vale S/A (Vale) é considerado o maior desastre industrial da história do Brasil, pois ceifou a vida de centenas de pessoas, entre trabalhadores próprios da Vale, terceiros e moradores da comunidade vizinha à organização, além de provocar um impacto ambiental sem precedentes. Muitos estudos abordaram este desastre sob diferentes olhares, no entanto, nenhum deles o abordou sob o ponto de vista de uma Teoria de Desastre. Sendo assim, esta pesquisa joga uma nova luz para a sua compreensão. O objetivo deste trabalho é estudar o desastre ocorrido em Brumadinho à luz da Teoria dos Desastres provocados pelo Homem e identificar se esse desastre seguiu os seis estágios propostos por esta Teoria e, assim, poderia ser prevenido. Como fontes de dados foram utilizados o relatório oficial de investigação do acidente, realizado por órgão governamental; o relatório elaborado por um comitê independente contratado pela Vale; além dos relatórios das Comissões Parlamentares de Inquérito (CPI) do Senado Federal, da Câmara dos Deputados Federal e da Assembleia Legislativa de Minas Gerais. A existência dos seis estágios de desenvolvimento do desastre foi caracterizada durante o estudo. O estágio 1 ficou evidenciado pela existência da crença, pelos empregados da organização e pela população vizinha a Mineradora, de que a BI era segura e de que não havia risco de rompimento. O estágio 2 ficou caracterizado como um período longo que teve início na construção da BI, pois não haviam informações sobre a sua fundação nem sobre o material utilizado nos primeiros alteamentos. O estágio 3 ficou caracterizado pelo momento exato do desastre. O estágio 4 ficou evidenciado pelas consequências causadas pelo desastre. O estágio 5 se caracteriza pelo resgate e salvamento de vítimas e ficou evidenciado pelo excelente trabalho dos órgãos governamentais e, em contrapartida, pela falta de preparo da Vale no resgate e salvamento. Por fim, o estágio 6, ficou caracterizado por meio de mudanças na legislação voltada para a segurança das barragens de rejeitos de mineração. Conclui-se que o desastre de Brumadinho passou pelos seis estágios de desenvolvimento do desastre, mais especificamente o período de incubação, no qual sinais de que um desastre estava prestes a acontecer se tornaram aparentes, conseqüentemente, medidas poderiam ter sido tomadas para evitá-lo.

Palavras-chaves: Desastre, Brumadinho, Desastre Industrial, Cultura de Segurança, Desenvolvimento de Desastres

BRITO, Graciene Santos. DISASTERS SEND SIGNS: BRUMADINHO CASE STUDY. 2024 (Master's Dissertation). Postgraduate Program in Industrial Engineering. Federal University of Bahia, Salvador, 2024

Abstract

The disaster in Brumadinho/Brazil, caused by the collapse of Dam I of mining tailings owned by the company Vale S/A (Vale), is considered the biggest industrial disaster in the history of Brazil, as it claimed the lives of hundreds of people, including Vale's own workers, third parties and residents of the community surrounding the organization, as well as causing an unprecedented environmental impact. Many studies have approached Brumadinho disaster from different perspectives, but none of them have tackled it from the point of view of a Disaster Theory. This research therefore sheds new light on understanding of the disaster. The aim of this paper is to study the Brumadinho disaster in the light of the Theory of Man-Made Disasters and to identify whether this disaster followed the six stages proposed by the Man-Made Theory and could thus have been prevented. Data sources used included the official investigation report into the accident, carried out by a government body; the report drawn up by an independent committee hired by Vale; in addition to the reports of the Parliamentary Commissions of Inquiry (PCI) of the Federal Senate, the Federal Chamber of Deputies and the Legislative Assembly of Minas Gerais. The existence of the six stages of disaster development was identified during the study. Stage 1 was evidenced by the existence of a belief among the organization's employees that Dam I was safe and that there was no risk of a break. Stage 2 was characterized as a long period that began with the construction of the Dam I foundation, since there was no information about its foundation or the material used in the first elevations. Stage 3 was characterized by the exact moment of Dam I break. Stage 4 was evidenced by the consequences caused by the disaster, such as deaths of people and environmental damage. Stage 5 is characterized by the rescue and salvage of victims and was evidenced by the excellent work of government agencies and, on the other hand, by Vale's lack of preparation in rescue and salvage. Finally, stage 6 was characterized by changes in legislation aimed at the safety of mining tailings dams in Brazil as whole. It can be concluded that the Brumadinho disaster went through the six stages of development, more specifically the incubation period, in which signs that a disaster was about to happen became apparent and consequently measures could have been taken to avoid it.

Key words: Disaster, Brumadinho, Industrial Disaster, Safety culture, Disasters development

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	JUSTIFICATIVA	16
1.2	DISTRIBUIÇÃO DOS CAPÍTULOS DO DOCUMENTO.....	17
2.	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1	DEFINIÇÃO DE DESASTRE	19
3.2	TEORIAS SOBRE DESASTRES	22
3.3	CULTURA DE SEGURANÇA.....	35
4.	METODOLOGIA.....	38
4.1	FONTES DE DADOS UTILIZADAS.....	38
4.1.1	Relatório de Análise de Acidente de Trabalho	39
4.1.2	Relatório de investigação de Acidente desenvolvido pelo Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Apuração (CIAEA)	39
4.1.3	Relatório da Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) do Senado Federal.....	39
4.1.4	Relatório da CPI da Câmara dos Deputados Federal.....	39
4.1.5	Relatório da CPI da Assembleia Legislativa de Minas Gerais.....	39
4.2	INSTRUMENTO PARA EXTRAÇÃO DOS DADOS.....	40
5.	RESULTADOS	41
5.1	ESTÁGIO 1: PONTOS DE PARTIDA IDEALMENTE NORMAIS.....	41
5.2	ESTÁGIO 2: PERÍODO DE INCUBAÇÃO DO DESASTRE.....	44
5.3	ESTÁGIO 3: EVENTO PRECIPITANTE - O ROMPIMENTO DA BARRAGEM	47
5.4	ESTÁGIO 4: INÍCIO - AS CONSEQUÊNCIAS	49
5.5	ESTÁGIO 5: RESGATE E SALVAMENTO	52
5.6	ESTÁGIO 6: REAJUSTE CULTURAL TOTAL	54

6.	DISCUSSÃO.....	59
6.1	BREVE DESCRIÇÃO DO DESASTRE.....	59
6.2	O DESENVOLVIMENTO DO DESASTRE.....	60
6.3	USO DA TEORIA DOS DESASTRES PROVOCADOS PELO HOMEM.....	70
6.4	A CULTURA ORGANIZACIONAL DA VALE E AS TEORIAS SOBRE DESASTRES..	71
6.5	LIMITAÇÕES E FUTUROS ESTUDOS.....	72
7.	CONCLUSÃO.....	74
7.1	OS ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DO DESASTRE DE BRUMADINHO.....	74
7.2	INFLUÊNCIA DA CULTURA DA VALE NO DESASTRE DE BRUMADINHO.....	75
7.3	CONTRIBUIÇÕES DESTE ESTUDO E POSSIBILIDADE DE TRABALHOS FUTUROS	76
	REFERÊNCIAS.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Teoria dos Dominós.....	23
Figura 2 – Modelo do "Queijo Suíço".....	24
Figura 3 – Migração do comportamento para o limite de desempenho aceitável.....	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Breve descrição dos estágios de desenvolvimento dos desastres.....	33
Quadro 2 - Resumo das Teorias sobre desastres	34
Quadro 3 - Estágio 1: Pontos de partida idealmente normais	42
Quadro 4 - Estágio 2: Período de Incubação.....	45
Quadro 5 - Estágio 3: Evento Precipitante	48
Quadro 6 - Estágio 4: Início	50
Quadro 7 - Estágio 5: Resgate e Salvamento	53
Quadro 8 - Estágio 6: Reajuste cultural total	55

LISTA DE SIGLAS

ANM – Agência Nacional de Mineração

APA – Área de Preservação Ambiental

APP – Área de Preservação Permanente

BI – Barragem I da Mina do Córrego do Feijão

BP – British Petroleum

Cenima – Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais

CexBruma – Comissão Externa do Desastre de Brumadinho

CIAEA – Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Apuração

CPI – Comissão Parlamentar de Inquérito

CSN – Companhia Siderúrgica Nacional

DB – Desastre de Brumadinho

DCE – Declaração de Condição de Estabilidade

DHP – Drenos Horizontais Profundos

Fhemig – Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais

FS – Fator de Segurança

Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IEF – Instituto Estadual de Florestas

INSAG – International Nuclear Safety Advisory Group

MPMG – Ministério Público de Minas Gerais

MMD – Man Made Disasters

PAEBM – Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração

REDUC – Refinaria Duque de Caxias

UCC – Union Carbide Corporation

CAPÍTULO 1

Neste capítulo será apresentada a introdução desta dissertação, realizando a contextualização do tema proposto. No item 1 será possível verificar que os desastres ocorrem não somente em países em desenvolvimento, mas também em países desenvolvidos e que é necessário um aprofundamento nos estudos voltados para a forma como estes desastres ocorrem, para que possamos preveni-los.

1. INTRODUÇÃO

Desastres relacionados a processos produtivos começaram a ganhar publicidade em todo o mundo a partir dos anos 1970 e criaram uma percepção geral de um mundo perigoso, repleto de riscos industriais (Swuste, 2008). O desastre de Bhopal em 1984, na Índia, é um desses exemplos, no qual mais de 35 toneladas de gases tóxicos vazaram de uma fábrica de pesticidas, de propriedade da multinacional americana, Union Carbide Corporation (UCC).

Das 35 toneladas de gases que vazaram, aproximadamente 24 toneladas consistiam de isocianato de metila, gás venenoso, e o restante de produtos de reação, possivelmente incluindo toxinas como cianeto de hidrogênio, óxido nitroso e monóxido de carbono. Aproximadamente três dias após o vazamento, mais de 7.000 pessoas morreram e muitas outras ficaram feridas, além das 15.000 que morreram de doenças relacionadas à exposição aos gases tóxicos nos últimos 15 anos (Anistia Internacional, 2005).

Em 26 de abril de 1986 outro desastre de grandes proporções chocou o mundo. O desastre de Chernobyl é considerado como o acidente mais grave já ocorrido na indústria de energia nuclear. A explosão do reator número 4 liberou uma quantidade considerável de material radioativo para o meio ambiente, causando a morte, em poucas semanas, de 30 trabalhadores e ferimentos devido a radiação em mais de uma centena de outros.

Além disso, as autoridades evacuaram, em 1986, cerca de 115.000 pessoas das áreas em torno do reator e, após 1986, realocaram cerca de 220.000 pessoas da Bielo-Rússia, Federação Russa e Ucrânia.

Este desastre causou graves perturbações sociais e psicológicas nas vidas das pessoas afetadas e grandes perdas econômicas em toda a região. Grandes áreas dos três países foram contaminadas com materiais radioativos, e os radionuclídeos da liberação de Chernobyl puderam ser medidos em todos os países do hemisfério norte (UNSCEAR, 2021).

Em março de 2005, os habitantes de uma pequena cidade no Golfo do México, Estados Unidos, foram surpreendidos por uma série de explosões e incêndios, vindos da refinaria Texas

City, da British Petroleum (BP), situada nos arredores da cidade. Toda a população recebeu ordens para permanecer em suas casas.

Da cidade foi possível ver uma fumaça negra subir aos céus e, devido a força das explosões, estilhaços de construção foram encontrados num raio de mais de um quilômetro do local da tragédia. Este desastre ocasionou a morte de 15 trabalhadores e outros 180 ficaram feridos (Ferreira, 2019).

Há também exemplos de desastres no setor offshore, como o caso da plataforma Piper Alpha em 1988, em que 167 pessoas, das 226 que estavam a bordo, e mais dois homens que estavam numa embarcação de resgate morreram (Paté-Cornell, 1993).

Temos exemplos também no setor de transporte ferroviário, como o desastre em Clapham Junction, Londres, em 1988, em que 35 vidas foram perdidas (Clarke, 1998).

Há também exemplo de desastre no transporte marítimo, como o naufrágio de uma balsa transportando 476 pessoas, entre passageiros e tripulantes, na Coreia do Sul, em 2014, que causou a morte ou desaparecimento de 304 pessoas (Hyungju; Stein; Bouwer, 2016).

Esses desastres mostraram que eventos como esses podem nos surpreender. Dessa forma, precisamos aprender com os desastres já ocorridos, para que assim, estejamos atentos aos sinais enviados e possamos preveni-los.

No Brasil, ao longo das últimas décadas, ocorreram diversos desastres que ocasionaram não só danos ambientais irreversíveis, como também doenças e a morte de centenas de pessoas.

Em setembro de 1987 dois catadores de lixo de Goiânia encontraram uma máquina de radioterapia em uma clínica abandonada. Eles desmontaram a máquina e encontraram uma cápsula que venderam para um ferro velho. Esta cápsula continha 19 gramas de Césio-137, que foram manipuladas por várias pessoas, incluindo familiares e amigos do proprietário do ferro velho.

As consequências desta tragédia, que foi considerada como o maior desastre radioativo da história, ocorrido fora de uma instalação nuclear, foram a demolição do ferro-velho e de dezenas de casas vizinhas a ele; centenas de objetos, de refrigeradores a sofás, o pavimento de ruas inteiras, veículos, e até mesmo árvores e animais foram destruídos e descartados como lixo nuclear.

Duas pessoas morreram, sendo que uma delas foi uma criança de seis anos, filha do dono do ferro velho, e 249 pessoas tiveram níveis significativos de radiação em seus corpos (Pappon, 2018).

Uma falha no projeto do oleoduto PE-II da Refinaria Duque de Caxias (REDUC) provocou, em 18 de janeiro de 2000, o maior desastre ambiental que a Baía de Guanabara

conheceu. O vazamento ocorreu no primeiro trecho enterrado do duto, localizado na saída da área da refinaria e liberou 1,292 milhão de litros de óleo atingindo 23 praias da Baía de Guanabara e a Área de Preservação Ambiental (APA) de Guapimirim, que é a maior área de mangue preservado no Estado do Rio de Janeiro (Monteiro, 2003).

A realização de duas operações não rotineiras ocasionou explosões que resultaram no colapso da plataforma P-36, situada na Bacia de Campos, Rio de Janeiro. Este desastre, ocorrido em 14 de março de 2001, teve como consequências a morte de 11 trabalhadores, a perda total da plataforma, cuja produção a plena carga seria de 180 mil barris de petróleo por dia, e um prejuízo estimado em um bilhão de Reais (Figueiredo et al., 2018).

Em 5 de novembro de 2015, o rompimento da barragem de Mariana, Minas Gerais, derramou 70 milhões de metros cúbicos de lama que destruiu os vilarejos de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo, percorreu 663km ao longo dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, chegando à foz deste e afetando seu ecossistema marinho em área de reprodução de espécies marinhas.

Foram atingidos 35 municípios em Minas Gerais e quatro no Espírito Santo (Porto, 2016). Além de matar 19 pessoas, essa lama afetou drasticamente a vida e a economia da região, assim como sua fauna e flora, tornando as águas do Rio Doce impróprias para o consumo humano em muitas das cidades afetadas (Oliveira e Oliveira, 2019).

Aproximadamente quatro anos depois ocorreu um novo rompimento de barragem, desta vez em Brumadinho, também situada em Minas Gerais. O colapso da barragem de rejeitos do Córrego do Feijão, operada pela Vale S.A. (Vale), é considerado como “uma das maiores tragédias socioambientais do país”.

Trata-se de uma catástrofe industrial que causou mais de 300 vítimas fatais (identificadas e desaparecidas), além de impactos incomensuráveis ao patrimônio histórico e cultural, ao meio ambiente e à economia local (Reis, 2019).

Desastres, como os de Mariana e Brumadinho, poderiam ter sido evitados? Eles mandam avisos ou acontecem do dia para noite? De acordo com Turner e Pidgeon (1997), desastres não acontecem simplesmente, mesmo aqueles que parecem obra do acaso, raramente o são de fato.

No livro, *Man Made Disasters (MMD)*, os autores apresentam uma lista de “falhas de previsão”, falhas em perceber indícios de um desastre iminente, devido a: suposições errôneas; dificuldade em lidar com informações em situações complexas; atraso cultural nas precauções existentes e relutância em enfrentar (ou imaginar) os piores resultados possíveis (Manning, 1998).

Turner e Pidgeon (1997) enfatizam que quase sempre existe alguém em uma organização que sabe algo sobre perigos iminentes, mas a organização falha em agir sobre o perigo por falta de fluxo de informações. A qualidade desse fluxo é, portanto, significativamente importante para controlar os riscos e evitar desastres.

Nesse sentido, se faz necessário um estudo aprofundado do desenvolvimento dos desastres, no intuito de prevenir que novas tragédias aconteçam, tornando nossos processos produtivos mais seguros, preservando a saúde, segurança e integridade física dos trabalhadores e da comunidade em geral, além de impedir danos ao meio ambiente.

Existem diversas Teorias sobre Desastres, cada uma delas com uma abordagem específica para tratar da questão. Algumas dessas Teorias serão discutidas no Capítulo 3, assim como a Teoria escolhida como base para esse estudo, a Teoria dos Desastres provocados pelo Homem (*Man Made Disasters – MMD*)

Assim, essa pesquisa teve o objetivo de estudar o Desastre de Brumadinho (DB) para tentar identificar as origens de suas causas, se foram enviados sinais antes de sua ocorrência e que medidas preventivas poderiam ser tomadas para evitá-lo. Para atingir este objetivo, o DB será estudado à luz da Teoria do *MMD* proposta por Turner e Pidgeon (1997).

1.1 JUSTIFICATIVA

Estudos anteriores analisaram este desastre, buscando entender as suas causas (Piciullo et al., 2022; Botelho e Vilela, 2022; Oliveira e Oliveira, 2019; Rose, Mugi e Saleh, 2023), por exemplo, Botelho e Vilela (2022) analisaram o desastre de Brumadinho (DB) do ponto de vista da falta de estrutura do Estado para fiscalização. Saes et al. (2021) abordaram o erro na percepção de risco da Vale. No entanto, nenhum deles o abordou sob o ponto de vista de uma Teoria de Desastre. Neste sentido, este trabalho contribui para o entendimento deste desastre com uma perspectiva diferente dos estudos anteriores.

Esta pesquisa utiliza as lentes da Teoria dos Desastres provocados pelo Homem para olhar para o Desastre de Brumadinho (DB) de forma diferente de como ele foi olhado até aqui, contribuindo para entender como os acontecimentos evoluíram até culminar com o desastre e quais as mudanças ocorridas pós-desastre. Um segundo objetivo é identificar se a Teoria de Turner e Pidgeon (1997) ainda consegue capturar a evolução dos desastres ocorridos atualmente e contribuir para sua prevenção.

Sendo assim, esta pesquisa deve responder as seguintes questões: Quais foram as fases que compuseram o desastre? Houve um período de incubação, onde sinais que uma catástrofe

estava prestes a ocorrer foram ignorados? A cultura da organização contribuiu para o desencadeamento dos fatos que ocasionaram a tragédia?

1.2 DISTRIBUIÇÃO DOS CAPÍTULOS DO DOCUMENTO

Com a finalidade de atingir os objetivos propostos, essa pesquisa foi estruturada da seguinte forma, no Capítulo 2 são detalhados os objetivos, geral e específicos, deste trabalho. O Capítulo 3 traz o referencial teórico e algumas definições de desastre, além de discorrer sobre algumas das principais Teorias sobre desastres e também uma discussão sobre cultura de segurança.

O Capítulo 4 aborda a Metodologia utilizada nesta pesquisa, um método qualitativo que utiliza um instrumento de extração de dados para coletar as informações desejadas por meio da avaliação dos documentos oficiais relacionados ao DB. O Capítulo 5 apresenta os resultados encontrados e o instrumento de extração de dados. No Capítulo 6 são discutidos os resultados encontrados e no Capítulo 7 apresenta a conclusão.

CAPÍTULO 2

2. OBJETIVOS

Neste capítulo são descritos os objetivos que nortearão esta dissertação. No item 2.1 será apresentado o objetivo geral e no item 2.2 são descritos os objetivos específicos.

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo estudar o processo de desenvolvimento do desastre provocado pelo rompimento da barragem de rejeitos da companhia Vale, ocorrido em 25 janeiro de 2019 em Brumadinho, Minas Gerais, considerado o maior acidente industrial da história do Brasil, à luz da Teoria dos Desastres provocados pelo Homem.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar dados dos documentos utilizados como referência para esse estudo, para verificar a existência dos seis estágios de desenvolvimento do desastre propostos pela teoria *MMD* e verificar se ela ainda é válida para a avaliação e aprendizado com desastres;
- Verificar, por meio do instrumento de extração de dados utilizado, se houve um período de incubação no qual sinais de que um desastre estava prestes a ocorrer tenham sido ignorados;
- Avaliar o papel da cultura organizacional no desencadeamento dos fatos até a ocorrência do desastre.

CAPÍTULO 3

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo está dividido em três seções. Cada uma delas aborda um tema específico que servirá como fundamentação teórica para o desenvolvimento desta dissertação. Na seção 3.1 são apresentados alguns conceitos de desastre. Na seção 3.2 serão abordadas as diversas teorias sobre desastres. Na seção 3.3 será discutida a cultura de segurança e como ela interfere no desenvolvimento dos desastres.

3.1 DEFINIÇÃO DE DESASTRE

Originalmente, a pesquisa sobre desastres teve seu foco principal no domínio da sociologia. Porém, ao longo das últimas décadas, ela tem atraído participantes de todas as ciências sociais e de gestão e é definida formalmente como um campo multidisciplinar e aplicado (Kreps, 1984). Para Perry (2007), qualquer pessoa tem o direito de propor uma definição de desastre, e a definição proposta depende dos propósitos ou interesses de quem o define.

Desta forma, várias disciplinas e organizações definem desastres, como é o caso da sociologia, psicólogos, jornalistas e historiadores. Já no âmbito governamental, dos gestores de emergências e agências reguladoras, como a Defesa Civil, por exemplo, existem as definições “obrigatórias” de desastres para determinar os limites da gestão e resposta a emergências.

Perry (2007) afirma que é necessário reconhecer que desastre sempre significará muitas coisas para muitas pessoas, e a descrição servirá a muitos propósitos diferentes, assim, haverá muitas definições. Neste sentido, o que se torna importante é a especificação do público para a definição, tendo em vista o uso que esse público dará à definição. Dessa forma, serão apresentadas definições de desastre abrangendo algumas das disciplinas citadas.

No sentido etimológico, a palavra desastre é derivada do francês médio *désastre* e do italiano antigo *disastro*, que por sua vez vem do prefixo pejorativo grego antigo $\delta\nu\sigma-$, (dus-) “mau” e $\alpha\sigma\tau\acute{\eta}\rho$ (aster), “estrela”. A raiz da palavra desastre (“estrela ruim” em grego) vem do sentido astrológico de uma calamidade atribuída à posição dos planetas (Etymologyonline, 2021).

Para órgãos do governo, como a Coordenadoria de Defesa Civil (2021), os desastres são produtos e também processos decorrentes da transformação e crescimento da sociedade, do

modelo global de desenvolvimento adotado, dos fatores socioambientais relacionados a modos de vida que produzem vulnerabilidades sociais e, portanto, vulnerabilidade aos desastres.

De acordo com McFarlane e Norris (2006), desastre é um evento com potencial traumático que é experimentado coletivamente, possui início agudo e delimitado no tempo. Estes autores também afirmam que os desastres podem ser cíclicos e com interações, não podendo ser simplesmente representados por fases claramente definidas, e que a utilização do termo “agudo” é relativa, uma vez que o ciclo de um desastre pode ter sim um período agudo, mas também pode ter seu curso estendido ao longo do tempo.

Britton (1986) considerou desastres, emergências e acidentes como períodos de crise social, caracterizados por diferentes graus de estresse coletivo. Ele declara que os desastres podem ser vistos, principalmente, como um produto social, onde a melhoria das consequências do desastre, vai depender da consciência, da percepção e do nível de preparação da comunidade.

Diz ainda que as características culturais, sociais e psicológicas de uma população afetada por um impacto de perigo podem ser tanto restritivas quanto libertadoras, e podem ser mobilizadas para compensar ou exacerbar os efeitos do agente de desastre (Britton, 1986).

Paul Swuste (2008) define desastres como eventos espetaculares que ocorrem de maneira totalmente inesperada e têm uma influência dramática na vida e nas famílias das pessoas envolvidas. Essa definição se assemelha ao significado da palavra desastre existente no dicionário: um evento inesperado, como um acidente muito grave, uma inundação ou um incêndio, que mata muitas pessoas ou causa muitos danos (Oxford Learner’s Dictionary).

Para Favero et al. (2014), quando se trata de definir desastre, muitas vezes surge a dúvida sobre quais fenômenos podem ser abrangidos pela definição e como eles diferem de emergências e acidentes, por exemplo. Para estes autores, tal diferenciação faz-se importante especialmente do ponto de vista operacional, em que declarar um evento como um desastre pode implicar em maior ou menor mobilização de recursos tanto para a própria gestão da crise quanto para as vítimas, que necessitam se organizar para o enfrentamento (Favero et al., 2014).

Os autores afirmam também que, por outro lado, um desastre não pode ser mensurado apenas pelo número de envolvidos e pela ruptura das estruturas sociais, pois esse tipo de evento não tem apenas atributos objetivos e passíveis de mensuração, mas possuem também repercussões subjetivas, econômicas e sociais, que geralmente se estendem por um longo período de tempo (Favero et al., 2014).

Segundo Choularton (2001), um desastre é uma combinação dos resultados de um evento ou série de eventos, cujo impacto é perturbador, destrutivo e/ou negativo por natureza, e cuja magnitude é suficiente para ser rotulado como "desastroso". Ou seja, para este autor, os

desastres não ocasionam efeitos, mas os efeitos de um evento ou série de eventos são o que denominamos desastre.

De acordo com Birkland (2009), os desastres são oportunidades de mudança e aprendizagem, já que fornecem meios para uma avaliação detalhada dos acontecimentos pré-desastre, durante a fase aguda do desastre e no período de recuperação. Também argumenta que as oportunidades de aprendizado e mudança vêm porque esses são eventos extremos e, portanto, atraem a atenção que os eventos rotineiros não atraem.

Para Turner (1994), desastres são eventos não intencionais, não premeditados ou imprevistos, que ocorrem num sistema inseguro e que se comporta de maneira errática e se move além ou fora do controle de seus gestores.

No livro, *Man-made Disasters* (Turner e Pidgeon, 1997), os autores trazem algumas definições de desastre, obtidas através da pesquisa de autores referenciados no livro. Como por exemplo: desastre é a perturbação relativamente súbita e generalizada do sistema social e da vida de uma comunidade por algum agente ou evento sobre o qual os envolvidos têm pouco ou nenhum controle.

Também pode ser uma mudança na adequação funcional de certos artefatos culturais; ou ainda, uma ruptura básica do contexto social no qual os indivíduos e grupos funcionam, ou um afastamento radical do padrão das expectativas normais (Turner e Pidgeon, 1997).

A partir das definições citadas no parágrafo anterior, Turner e Pidgeon (1997), conceituaram desastre como um evento, concentrado no tempo e no espaço, que ameaça uma sociedade ou uma subdivisão relativamente autossuficiente de uma sociedade com importantes consequências indesejadas como resultado do colapso das precauções que até então eram culturalmente aceitas como adequadas.

De acordo com os autores, esse colapso raramente se desenvolve instantaneamente; pelo contrário, há um acúmulo, durante um período de tempo, de vários eventos que estão em desacordo com a imagem do mundo e seus perigos representados pelas normas e crenças existentes (Turner e Pidgeon, 1997).

Dentro desse "período de incubação", uma cadeia de eventos discrepantes, ou várias cadeias de eventos discrepantes, se desenvolve e se acumula despercebida. O período de incubação é o segundo dos seis estágios do modelo do *MMD* proposto por Turner e Pidgeon (1997); sendo o primeiro, pontos de partida idealmente normais; o terceiro, evento precipitante; o quarto, início; o quinto, resgate e salvamento e o sexto, reajuste cultural total.

Devido a sua capacidade de causar perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais generalizadas que excedem a capacidade da comunidade ou sociedade afetada de

lidar com seus próprios recursos, desastres são um problema muito sério que podem ocorrer durante um curto ou longo período de tempo, visto que, a depender de sua proporção, as consequências podem perdurar por meses ou até mesmo anos.

Sendo assim, não importa em qual sociedade os desastres ocorram, eles tendem a induzir mudanças no governo e na vida social. Eles podem até mesmo alterar o curso da história, afetando amplamente populações inteiras e expondo a má administração ou a corrupção, independentemente de quão rigidamente as informações sejam controladas em uma sociedade.

Além das definições multidisciplinares relacionadas acima, os desastres podem ainda ser classificados como naturais ou provocados pelo homem. Os desastres naturais, conforme o nome sugere, são aqueles ocasionados pelas forças da natureza, como os furacões, terremotos, tsunamis etc.

Já os desastres provocados pelo homem são consequência dos riscos tecnológicos, inerentes ao próprio processo de desenvolvimento da humanidade, como incêndios, derramamentos de óleo, acidentes nucleares, contaminações humanas e ambientais etc.

Neste trabalho, será adotada a definição de desastre proposta por Turner e Pidgeon (1997), pois é a que está mais alinhada com os objetivos da pesquisa, que busca identificar se o desastre ocorrido em Brumadinho enviou sinais antes de ocorrer, ou seja, se ocorreram os estágios de desenvolvimento conceituados pelos autores. Estes estágios serão descritos com mais detalhes na seção 3.2.

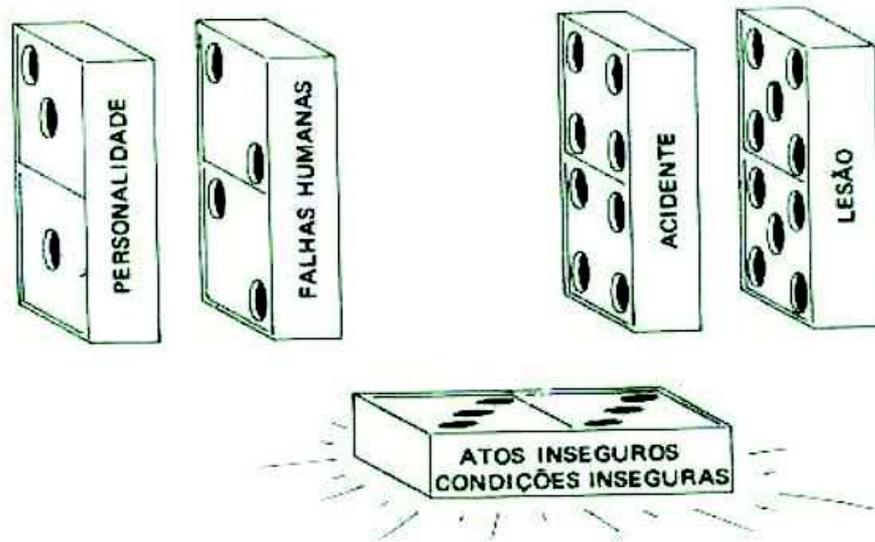
Na seção 3.2 a seguir são descritas diferentes teorias sobre desastres, quando será melhor detalhada a Teoria do *MMD* e assim será possível identificar como os sinais são emitidos antes do desastre ocorrer e os seus estágios de desenvolvimento.

3.2 TEORIAS SOBRE DESASTRES

Ao longo dos anos diversos autores desenvolveram teorias sobre acidentes. Sendo assim, nos parágrafos a seguir serão descritas algumas das teorias sobre acidentes, mas com o foco no seu caso particular, o desastre.

Em seu livro *Industrial accident prevention: a scientific approach*, Heinrich (1959), apresenta a teoria dos dominós. De acordo com esta teoria, a ocorrência de um desastre é comparada a uma sequência linear de eventos ou “pedras”, em que a terceira pedra representa a ocorrência de atos e condições inseguras que estão na origem da visão dicotômica que prevalece em nosso meio (Figura 1).

Figura 1 – Teoria dos Dominós



Fonte: Gonçalves Filho 2011, apud Cooper (1998)

A teoria dos dominós se baseia no pressuposto da existência da forma correta de execução do trabalho (forma segura) definida em normas e procedimentos legais ou administrativos. Assim, para identificar os atos inseguros, o investigador precisaria apenas comparar o ocorrido com esse padrão.

Já para prevenir os atos inseguros, era necessário estimular mudanças nos comportamentos das vítimas, punindo comportamentos não desejados e premiando aqueles desejados. Este tipo de comportamento é também definido como estratégia do chicote e da cenoura.

Esta é uma abordagem simplista, pois entende que as ações e omissões ocorridas no trabalho são produtos de escolhas “conscientes” dos trabalhadores, tomadas em situações em que estes teriam alternativas diferentes dentro de uma variedade de opções, em condições de controle absoluto da situação em andamento, o que não é verdade na maioria dos casos de acidentes.

Além disso, outros aspectos importantes da situação de trabalho não são levados em consideração, por exemplo: contexto, natureza das exigências da tarefa, variabilidade e história das formas usuais de execução do trabalho, adequação do “padrão” na vigência dessa variabilidade e até mesmo os processos psicológicos associados, como por exemplo, o estresse, as incompreensões, etc. Assim, esta é mais uma teoria de atribuição de culpa às vítimas de acidentes.

Reason (1998) propôs o modelo do “queijo suíço” como forma de representar a etiologia de um acidente organizacional (desastre). O autor afirma que em sistemas contemporâneos de alta tecnologia como, por exemplo, usinas nucleares e aviação comercial, existem invariavelmente uma mistura de defesas “duras” e “suaves”.

As defesas duras incluem recursos de segurança projetados – tais como controles automáticos, sistemas de aviso e desligamentos – juntamente com várias barreiras e contenções físicas, enquanto as defesas suaves compreendem uma combinação de papel e pessoas – regras e procedimentos, treinamento, exercícios, controles administrativos e, mais particularmente, operadores de linha de frente, como pilotos e operadores de sala de controle.

Dessa forma, o resultado dessas muitas camadas de defesa é tornar esses sistemas amplamente à prova de falhas simples, humanas ou técnicas. Sendo assim, para que um acidente ocorra em tal sistema, é necessária a combinação improvável de vários fatores diferentes para penetrar nas diversas camadas de proteção e permitir que perigos entrem em contato prejudicial com a planta, o pessoal e o meio ambiente.

Como pode ser visto na Figura 2, as defesas, retratadas como fatias de queijo, são mostradas como interferindo entre os perigos locais e as possíveis perdas. Cada fatia de queijo representa uma camada de defesa.

Assim, em um mundo ideal, todas essas camadas estariam intactas. No entanto, no mundo real, porém, cada uma dessas camadas possui furos ou lacunas. Essas lacunas são criadas por falhas ativas – os erros e violações daqueles na interface do sistema humano – e por condições latentes decorrentes da falha de projetistas, construtores, gerentes e mantenedores em antecipar todos os cenários possíveis.

Figura 2 – Modelo do "Queijo Suíço"



Fonte: Reason (1998)

As condições latentes propostas por Reason estão relacionadas às decisões gerenciais, à cultura, aos investimentos, às políticas dos líderes, às tecnologias e materiais utilizados na organização, às práticas de manutenção etc. (Reason, 1998)

Reason (1998) afirma que os erros praticados pelos trabalhadores imediatamente antes do acidente (erros ativos), têm pouca importância no processo de prevenção de acidentes organizacionais e que o fundamental na prevenção da ocorrência de tais eventos é a correção das condições latentes.

O referido autor afirma ainda que, é provável que os buracos devido a falhas ativas tenham vida útil relativamente curta, enquanto os decorrentes de condições latentes podem permanecer inativos por muitos anos até serem revelados por auditorias (internas ou externas) ou por incidentes e acidentes.

Para o autor, é importante reconhecer que, diferentemente dos buracos nas fatias de queijo suíço, essas lacunas defensivas não são estáticas, principalmente as causadas por falhas ativas. Elas estão em fluxo contínuo, movendo-se, abrindo e fechando de acordo com as circunstâncias locais.

Sendo assim, essa metáfora deixa claro por que os acidentes organizacionais são eventos raros, pois para que um desastre ocorra, é necessário que haja uma abertura dos buracos para permitir uma breve trajetória de oportunidade de acidente.

A Teoria dos Acidentes Normais de Charles Perrow (1999) afirma que, os acidentes são inevitáveis em sistemas tecnológicos complexos e fortemente acoplados, como as usinas nucleares, por exemplo.

A complexidade é um fator que produz, inevitavelmente, interações inesperadas entre falhas independentes. Através do forte acoplamento, essas interações iniciais aumentam rapidamente e, quase sem obstruções, evoluem para uma falha do sistema. A combinação entre complexidade e acoplamento forte torna os acidentes inevitáveis. Devido a isso, Perrow (1999) denominou tais acidentes de acidentes "normais".

De acordo com o autor, quando uma organização precisa lidar com uma tecnologia complexa, interações inesperadas entre as falhas irão ocorrer, de alguma forma. Os membros da organização não são capazes de antecipar essas interações e, uma vez que elas ocorrem, não são compreendidas por eles. Portanto, eles não sabem imediatamente como responder a estas falhas.

Se a tecnologia também estiver fortemente acoplada, ou seja, se as falhas de interação se propagarem de forma rápida e sem obstruções, elas se espalharão por todo o sistema, antes que a compreensão e a recuperação sejam possíveis. Assim, se um sistema é complexo e fortemente acoplado, os acidentes são inevitáveis, eles são endêmicos no sistema.

Para Perrow (1999), alguns sistemas são mais propensos a esses acidentes normais do que outros, pois alguns são mais complexos e fortemente acoplados do que outros.

As interações complexas são mais prováveis em sistemas em que os componentes têm funções múltiplas e, portanto, podem falhar em mais direções ao mesmo tempo, como por exemplo em sistemas onde os componentes estão próximos uns dos outros; em sistemas com muitos parâmetros de controle e informações inferenciais; e em sistemas que transformam materiais em outros estados por meio de processos não lineares e incompreensíveis, como na química e na energia nuclear (Perrow, 1999).

Já o acoplamento forte ou rígido é especialmente provável em sistemas que operam em processos de produção uniformes, invariantes e dependentes do tempo; em organizações que empregam pessoal especializado; em sistemas onde os materiais não podem ser facilmente substituídos; onde os dispositivos de segurança estão embutidos e a improvisação é dificilmente possível (Perrow, 1999).

Dessa forma, a recuperação de uma falha é improvável em tais sistemas, porque os processos não podem ser desligados e porque dificilmente existem ajudas de recuperação casuais disponíveis. Sendo assim, em sistemas fortemente acoplados, as falhas de interação iniciais provavelmente se transformarão em desastre (Perrow, 1999).

Hopkins (1999) propõe uma teoria de que a “negação” é a causa de acidentes graves. Em um estudo sobre a explosão da mina de carvão de Moura, na Austrália, em 1994, no qual onze homens foram mortos, ele conduz o leitor a concluir que o acidente foi ocasionado por um conjunto arraigado de crenças que impediram o reconhecimento de sinais de alerta.

A explosão na mina de carvão de Moura foi ocasionada pela combustão espontânea do carvão e, como relatado no artigo, não foi a primeira vez que este tipo de acidente ocorreu. Em 1975, ocorreram explosões em Kianga, perto de Moura, que ocasionaram a morte de treze trabalhadores, e no Box Flat, no Sul de Queensland, em 1972, quando dezessete mineiros foram mortos.

A combustão espontânea emite sinais, tais como um cheiro distinto, que é geralmente descrito como um cheiro de "alcatrão" ou "benzeno", mas isso só pode ser detectado intermitentemente, e também pode gerar uma névoa de calor visível.

Esses sinais, dentre outros relatados no artigo, foram observados pelos funcionários da mina de tempos em tempos nas semanas anteriores à explosão. Eles foram registrados pelos supervisores da equipe de trabalho em seus relatórios de final de turno em duas ocasiões. No entanto, esses relatórios não foram efetivamente monitorados pela gerência e os avisos foram ignorados.

As principais características da teoria da negação que foram evidenciadas no artigo de Hopkins (1999) são:

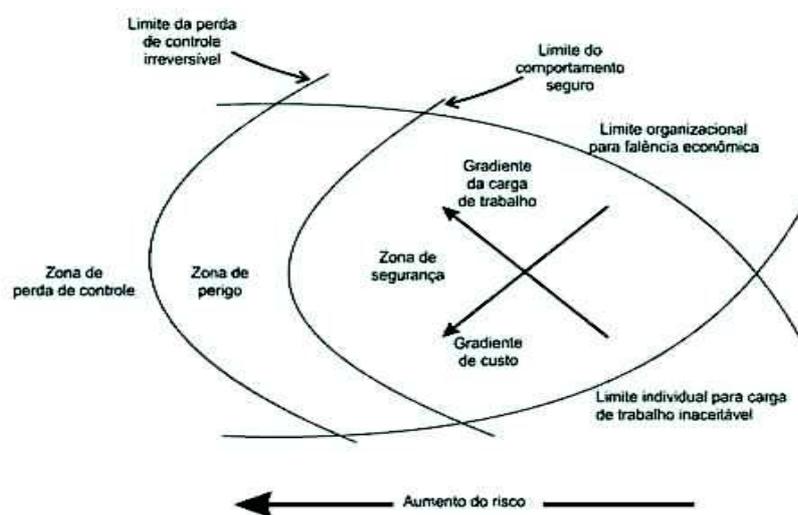
- a hierarquia do conhecimento, ou seja, a experiência pessoal dos tomadores de decisão sobrepõe os fatos relatados verbalmente ou através de relatórios;
- prioridade da comunicação oral sobre a escrita na transmissão de informações, os relatórios escritos não eram lidos pelos gestores;
- a tendência de descontar evidências indesejadas, ou seja, novas evidências parecem confiáveis e informativas se forem consistentes com as crenças iniciais, evidências contrárias tendem a ser descartadas como não confiáveis, errôneas ou não representativas (negação).

Ainda de acordo com o autor, outra crença que contribui diretamente para a cultura da negação diz respeito ao "ônus da prova". Hopkins argumenta que em um julgamento criminal, pelo menos em teoria, o ônus está na acusação de provar, sem sombra de dúvida, que o acusado é culpado. Se a evidência não puder sustentar esse ônus da prova, presume-se que o acusado seja inocente.

No caso estudado por ele, presumia-se que a mina estivesse segura, a menos que as evidências provassem conclusivamente que não estava. Sendo assim, todas as evidências foram ignoradas (negadas), o que resultou na explosão.

Rasmussen (1997) desenvolveu a teoria dos objetivos conflitantes. Esta teoria propõe que indivíduos e organizações estão expostos a pressões organizacionais conflitantes (por exemplo, finanças ou carga de trabalho), o que faz com que os sistemas sociotécnicos migrem para a fronteira de risco aceitável, como pode ser visto na figura 3 (Hyungju; Stein; Bouwer, 2016).

Figura 3 – Migração do comportamento para o limite de desempenho aceitável



Fonte: Rasmussen (1997)

Rasmussen (1997) afirma que, em qualquer sistema de trabalho bem projetado, são tomadas inúmeras precauções para proteger os atores contra riscos ocupacionais e para proteger o sistema contra acidentes graves, usando uma estratégia de *design* de "defesa em profundidade".

O autor afirma ainda que, um problema básico é que, em um sistema com defesas protetoras funcionalmente redundantes, uma violação local de uma das defesas não tem efeito visível imediato e, portanto, pode não ser observada em ação. Nesta situação, a fronteira do comportamento seguro de um ator em particular depende da possível violação das defesas por outros atores (Rasmussen, 1997).

Ainda de acordo com a teoria de Rasmussen (1997), o sistema sociotécnico realmente envolvido no controle da segurança apresenta várias disciplinas acadêmicas envolvidas em vários níveis, conforme elencado abaixo:

- a) a sociedade, por meio do sistema legal;
- b) as autoridades e associações industriais, por meio dos sindicatos de trabalhadores;
- c) os psicólogos do trabalho e pesquisadores em interação homem-máquina; e,
- d) as engenharias envolvidas no projeto de processos e equipamentos produtivos e potencialmente perigosos e no desenvolvimento de procedimentos operacionais.

O autor continua sua análise relatando que a sociedade dinâmica atual traz consigo mudanças drásticas nas condições de gerenciamento de riscos industriais, tais como o ritmo elevado de mudança de tecnologia, o crescente aumento da escala das instalações industriais, o rápido desenvolvimento da tecnologia da informação e comunicação, além de um ambiente muito agressivo e competitivo.

A interação entre os elementos dos sistemas sociotécnicos complexos com a dinâmica da sociedade atual pode gerar conflitos. Sendo assim, atividades paralelas com tomada de decisão distribuída em vários níveis, que variam desde sistemas políticos a operadores individuais, podem alterar o limite de risco aceitável para outra atividade sem que a mudança seja percebida, o que pode ocasionar acidentes ou até mesmo desastres.

A teoria das organizações de alta confiabilidade (HRO – High Reliability Organization) explica como organizações altamente complexas como a aviação comercial e a indústria de petróleo e gás alcançaram ótimo desempenho no gerenciamento de segurança.

Proposta por Weick (1987), esta teoria afirma que os acidentes ocorrem porque os humanos que operam e gerenciam sistemas complexos não são suficientemente complexos para perceber e antecipar os problemas gerados por esses sistemas.

O autor afirma que se trata de um problema de variedade de requisitos, pois a multiplicidade que existe no sistema a ser administrado supera a diversidade das pessoas que devem regulá-lo.

Assim, quando as pessoas têm menos variedade do que o necessário para lidar com o sistema, elas perdem informações importantes, seus diagnósticos são incompletos e suas soluções são limitadas, e podem ampliar em vez de resolver um problema (Weick, 1987).

Dessa forma, Weick (1987) conclui haver menos acidentes quando há uma melhor correspondência entre a complexidade do sistema e a complexidade humana. Uma melhor combinação pode ocorrer basicamente de duas maneiras: ou o sistema se torna menos complexo ou o humano mais complexo.

Sendo assim, se faz necessário tornar o humano mais complexo, e este objetivo é alcançado aumentando a confiabilidade do sistema como um todo, que ocorre através do aumento da imaginação, de experiências anteriores, histórias, simulações e outras representações simbólicas da tecnologia e seus efeitos.

O autor sugere que a precisão e a razoabilidade dessas representações, bem como o valor que as pessoas atribuem à sua construção, devem ter um efeito significativo na confiabilidade do desempenho (Weick, 1987).

Ainda de acordo com Weick, (1987), um sistema que valoriza histórias e narrativas é potencialmente mais confiável porque as pessoas sabem mais sobre seu sistema, sabem mais sobre os possíveis erros que podem ocorrer e estão mais confiantes de que podem lidar com os erros que ocorrem porque sabem que outras pessoas já lidaram com erros semelhantes.

Vaughan (1989) desenvolveu sua teoria a partir da análise do desastre ocorrido com o ônibus espacial Challenger em 1986. De acordo com a autora, explorar a contribuição organizacional para a falha técnica tem implicações para a regulamentação de tecnologias de risco.

Vaughan vai além e afirma que, analisar a tomada de decisão com foco somente no indivíduo como unidade de análise não leva em consideração o fato de que os indivíduos trabalham nas organizações. Ou seja, a posição de um indivíduo em uma organização afeta o comportamento dessa pessoa.

Além disso, a posição de uma organização em seu ambiente afeta o comportamento organizacional. Sendo assim, a conexão entre esses fatores estruturais e a escolha individual é, portanto, essencial para a compreensão de ambos (Vaughan, 1989).

Para a autora, o ambiente competitivo, as características da organização da NASA (sua estrutura, processos e transações) e o ambiente regulatório influenciaram a decisão de prosseguir com o lançamento da Challenger mesmo em condições adversas (Vaughan, 1989).

A NASA possui uma estrutura descentralizada. Além disso, a missão Challenger foi o produto de uma estrutura organizacional que fundiu governo e iniciativa privada. Essas organizações combinadas em um sistema fracamente acoplado caracterizado por domínios, tecnologia, conhecimento, idioma e localização geográfica exclusivos, favoreceu a dificuldade de comunicação e a transferência e tomada de decisões importantes (Vaughan, 1989).

Segundo Vaughan (1989), os processos organizacionais são essenciais para compreender a tomada de decisão dos gerentes. Os processos são as dinâmicas da vida organizacional que afetam os membros individuais.

Se os processos organizacionais são projetados para criar uma situação em que o indivíduo se identifica com a organização e seus objetivos, a sobrevivência de um fica ligada à sobrevivência do outro. Assim, dadas as pressões competitivas e a escassez de recursos, os indivíduos tornam-se motivados para obter recursos em nome da organização.

As transações dentro e fora da empresa são influenciadas pela resposta individual às pressões competitivas e estas são moldadas por outros fatores, internos e externos à organização, tais como afiliação à subunidade, posição no sistema de informação e recompensas e punições de uma variedade de fontes, tanto dentro como fora do local de trabalho (Vaughan, 1989).

Vaughan (1989) continua sua análise dizendo que, os agentes reguladores também influenciam a tomada de decisão nas organizações. Por recompensas, punições e/ou pela inserção de informações no processo de tomada de decisão, os reguladores podem alterar as definições gerenciais de uma situação.

Turner e Pidgeon (1997) desenvolveram a teoria dos desastres causados pelo homem (*Man-made disasters - MMD*). Trata-se de um modelo pioneiro que possui uma relevância histórica e contemporânea central para pesquisadores de desastres (Pidgeon e O'Leary, 2000).

Desde sua primeira publicação em 1978, a Teoria do *MMD* já estava cinco a dez anos adiantada e forneceu grande parte da base conceitual para outros trabalhos da década de 80 que contribuíram para o presente entendimento teórico da catástrofe e crise industrial bem como gerencial e administrativa (Pidgeon e O'Leary, 2000).

A partir da análise de 84 relatórios de acidentes num período de 10 anos, a Teoria dos *MMD* observou que os desastres em sistemas tecnológicos de grande escala não são eventos fortuitos, tão pouco são atos de Deus.

Em vez disso, Turner argumentou que os desastres surgem de uma interação entre os arranjos humanos e organizacionais dos sistemas sociotécnicos estabelecidos para gerenciar problemas de risco complexos e mal estruturados (Pidgeon e O’Leary, 2000).

Além disso, de acordo com Manning (1998), um desastre causado pelo homem resulta de uma combinação entre energia e informação incorretas. A partir de sua análise do livro *Man-Made Disasters (MMD)*, Manning observa que no período de desenvolvimento dos desastres, ocorrem falhas em perceber indícios de um desastre iminente, devido a:

- a) suposições errôneas;
- b) dificuldade em lidar com informações em situações complexas;
- c) atraso cultural nas precauções existentes; e
- d) relutância em enfrentar (ou imaginar) os piores resultados possíveis (Manning, 1998).

Blokley (1998) observa que Engenheiros e tomadores de decisão práticos são muito hábeis em antecipar e lidar com os riscos previstos, mas, de acordo com o autor, Turner não estava preocupado com estes riscos e sim com algumas das razões humanas e organizacionais sutis e difíceis de identificar que ele descobriu, estão no coração dos grandes desastres (Blokley, 1998).

Ainda segundo Blokley (1998), o gerenciamento de riscos e desastres requerem pensamento interdisciplinar e habilidades interdisciplinares, de modo que muitos pontos de vista sejam levados em consideração. Esta interdisciplinaridade está diretamente ligada à cultura de segurança que será discutida na seção 3.3.

De acordo com Turner e Pidgeon (1997), os chamados "acidentes organizacionais" resultam de uma incubação de erros e eventos latentes que estão em desacordo com o que é culturalmente dado como certo, acompanhados por um fracasso coletivo da inteligência organizacional.

Para eles, existem seis estágios de desenvolvimento do desastre e a “incubação” é um desses estágios (Turner e Pidgeon, 1997). Definiremos cada um desses estágios nas alíneas a seguir.

- a) Estágio 1 - Pontos de partida idealmente normais

São crenças iniciais culturalmente aceitas sobre o mundo e seus perigos. São normas de precaução associadas, estabelecidas em leis, códigos de prática, modos e costumes. As origens do desastre estão em circunstâncias que permitem que a energia seja mal direcionada e liberada, de modo a transformar o mundo de maneiras indesejáveis.

Um desastre “causado pelo homem” resulta de uma combinação de energia e informações incorretas. Em seu livro, Turner e Pidgeon (1997) apresentam uma gama de “falhas

de previsão”, falhas em perceber indícios de um desastre iminente, devido a: suposições errôneas; dificuldade em lidar com informações em situações complexas; atraso cultural nas precauções existentes e relutância em enfrentar (ou imaginar) os piores resultados possíveis.

b) Estágio 2 - Período de incubação com percepções equivocadas e falta de fluxo de informações

Este estágio é caracterizado pelo acúmulo de um conjunto despercebido de eventos que está em desacordo com as crenças aceitas sobre perigos e as normas para evita-los. Dentro desse "período de incubação", uma cadeia de eventos discrepantes, ou várias cadeias de eventos discrepantes, se desenvolve e se acumula de forma despercebida.

De fato, mais de um perigo desconhecido geralmente começa a se acumular, e uma investigação de desastre geralmente descobre vários eventos discrepantes não relacionados ao desastre que aconteceram de fato.

c) Estágio 3 - Evento precipitante

O evento precipitante chama a atenção para si e transforma as percepções gerais do segundo estágio (período de incubação). Tal evento chama a atenção por causa de suas características e consequências imediatas – um prédio em chamas ou uma explosão são eventos impossíveis de serem ignorados – e torna inevitável que a percepção geral de todos os eventos discrepantes no período de incubação seja alterada.

O evento precipitante tem ligações com muitas das cadeias de eventos discrepantes no período de incubação. Um único erro que leva a um único acidente é facilmente explicável, rastreável, facilmente compreensível e facilmente acomodado na cultura.

Para uma ruptura em larga escala das expectativas culturais, é necessário acumular um número suficiente de fatores não atendidos ou ambíguos para conseguir uma transformação completa.

d) Estágio 4 - Início

Neste estágio as consequências imediatas do colapso das precauções culturais se tornam aparentes. O evento precipitante é seguido imediatamente pelo início das consequências diretas e não previstas da falha. Este início ocorre com taxa e intensidade variadas, e sobre uma área de abrangência variável.

e) Estágio 5 - Resgate, tratamento de problemas imediatos

Este é o ajuste do primeiro estágio. A situação imediata após o colapso é reconhecida em adaptações para uma finalidade específica (quantidade de vítimas, extensão dos impactos ambientais etc.) que permitem que o trabalho de resgate e salvamento seja iniciado.

Nesta etapa não são realizadas análises prolongadas, mas apenas o reconhecimento mínimo de circunstâncias alteradas que se fazem necessárias para lidar com os problemas imediatamente urgentes de resgate e limpeza após o desastre.

f) Estágio 6 - Reajuste cultural completo

Neste estágio é realizada uma pesquisa de avaliação e as crenças e normas de precaução são ajustadas para se adequarem à nova compreensão do mundo.

Quando os efeitos imediatos do início diminuem, torna-se possível realizar uma avaliação mais lenta e menos superficial do desastre, tentando descobrir como as precauções culturalmente aprovadas puderam se mostrar tão inadequadas, traçando o padrão agora revelado de eventos que se desenvolveram no período de incubação e considerando a natureza dos ajustes que agora precisam ser feitos nas crenças e premissas e nas leis e estatutos.

No Quadro 1 consta um resumo sobre cada um dos seis estágios e no Quadro 2 o resumo de cada uma das Teorias sobre desastres discutidas nessa seção.

Quadro 1 - Breve descrição dos estágios de desenvolvimento dos desastres

Estágio	Breve descrição
1 – Pontos de partida idealmente normais	Crenças iniciais culturalmente aceitas sobre o mundo e seus perigos; normas de precaução associadas estabelecidas em leis, códigos de prática, modos e costumes.
2 – Período de incubação com percepções equivocadas e falta de fluxo de informações	Acúmulo de um conjunto despercebido de eventos que está em desacordo com as crenças aceitas sobre perigos e as normas para evitá-los.
3 – Evento precipitante	Chama a atenção para si e transforma as percepções gerais do estágio 2.
4 – Início	As consequências imediatas do colapso das precauções culturais se tornam aparentes.
5 – Resgate, tratamento de problemas imediatos	A situação imediata após o colapso é reconhecida em ajustes ad hoc que permitem que o trabalho de resgate e salvamento seja iniciado.
6 – Reajuste cultural completo	Pesquisa de avaliação. As crenças e normas de precaução são ajustadas para se adequarem à nova compreensão do mundo.

Quadro 2 - Resumo das Teorias sobre desastres

Teoria/Modelo	Autor	Resumo
Dominós	Heinrich (1959)	A ocorrência de um desastre é comparada a uma sequência linear de eventos ou “pedras”, em que a terceira pedra representa a ocorrência de atos e condições inseguros.
Queijo Suíço	Reason (1998)	As defesas são retratadas como fatias de queijo, elas interferem entre os perigos locais e as possíveis perdas. Cada fatia de queijo representa uma camada de defesa e cada uma dessas camadas possui furos ou lacunas. Essas lacunas são criadas por falhas ativas – os erros e violações daqueles na interface do sistema humano – e por condições latentes decorrentes da falha de projetistas, construtores, gerentes e mantenedores em antecipar todos os cenários possíveis.
Acidentes Normais	Perrow (1999)	Os acidentes são inevitáveis em sistemas tecnológicos complexos e fortemente acoplados, como as usinas nucleares, por exemplo.
Negação	Hopkins (1999)	Um conjunto arraigado de crenças errôneas impedem o reconhecimento dos sinais de alerta enviados pela iminência do desastre.
Objetivos Conflitantes	Rasmussen (1997)	Indivíduos e organizações estão expostos a pressões organizacionais conflitantes (por exemplo, finanças ou carga de trabalho), o que faz com que os sistemas sociotécnicos migrem para a fronteira de risco aceitável.
Organizações de Alta Confiabilidade (HRO - High Reliability Organization)	Weick (1989)	Os acidentes ocorrem porque os humanos que operam e gerenciam sistemas complexos não são suficientemente complexos para perceber e antecipar os problemas gerados por esses sistemas. Assim, haverá menos acidentes quando houver uma melhor correspondência entre a complexidade do sistema e a complexidade humana.
Cegueira ao Risco	Vaughan (1989)	“Uma forma de ver que também é uma forma de não ver”. A posição de um indivíduo em uma organização afeta o comportamento dessa pessoa. Além disso, a posição de uma organização em seu ambiente afeta o comportamento organizacional.
Desastres Provocados pelo Homem (MMD)	Turner e Pidgeon (1997)	Os desastres não são eventos fortuitos, tão pouco atos de Deus. Eles surgem de uma interação entre os arranjos humanos e organizacionais dos sistemas sociotécnicos estabelecidos para gerenciar problemas de risco complexos e mal estruturados.

3.3 CULTURA DE SEGURANÇA

De acordo com o Oxford Learner's Dictionary (2010), cultura é um modo de vida, especialmente os costumes e crenças gerais, de um determinado grupo de pessoas em um determinado momento.

Já o conceito de Cultura de Segurança surgiu em 1986, depois que o *International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG)* introduziu o termo “cultura de segurança” em seu relatório sobre o desastre de Chernobyl. Desde então, investigações ou inquéritos sobre acidentes e incidentes graves frequentemente identificavam a cultura de segurança como um contribuinte essencial para a ocorrência do incidente (Goh, Brown e Spickett, 2010).

De acordo com Cox e Cox (1991), a cultura de segurança reflete as atitudes, crenças, percepções e valores que os trabalhadores compartilham em relação à segurança. Em seu artigo, os autores realizaram um estudo em uma empresa europeia que coletou e analisou dados sobre as atitudes dos operadores em relação à segurança.

Os autores afirmam que parece haver quatro grupos diferentes de objetos estudados sobre as atitudes em relação à segurança: (a) *hardware* de segurança e riscos físicos; (b) *software* e conceitos de segurança; (c) pessoas; e (d) risco. Sendo assim, a ideia é que a cultura de segurança reflita as atitudes, crenças, percepções e valores que os funcionários compartilham em relação à segurança (Cox e Cox, 1991).

Hudson (2003) afirma que, as principais razões para que organizações de alta confiabilidade (HRO – High Reliability Organization), como a aviação comercial e a indústria de petróleo e gás, tenham alcançado um alto nível de desempenho, do ponto de vista da segurança, são as atitudes positivas em relação a segurança e a operação de sistemas efetivos de gerenciamento formal de segurança.

Sendo assim, a cultura de segurança fornece uma explicação importante de por que essas organizações têm um bom desempenho (Hudson, 2003).

Hudson (2003) afirma ainda que, uma cultura de segurança avançada deve: ser informada em todos os níveis; demonstrar confiança por todos, a confiança é desenvolvida por ser justa e informada. Deve ser também adaptável à mudança, a adaptabilidade decorre de ser flexível e aprender com o que corre bem e o que corre mal; além de ser preocupada, o sucesso não gera complacência.

De acordo com Reason (1998), não existe uma definição universalmente aceita de cultura de segurança. Ele afirma que o alto nível de preocupação com a cultura organizacional

no mundo das organizações de alto risco apresenta um desafio e uma oportunidade para os acadêmicos envolvidos nas ciências relacionadas à segurança.

Dessa forma, é preciso desenvolver uma compreensão teórica mais clara das questões organizacionais para criar uma base de princípios para práticas de aprimoramento da cultura mais eficazes.

Para o autor, indústrias de alto risco como usinas nucleares, usinas de processos químicos e aviação comercial, são mais vulneráveis aos efeitos de uma cultura de segurança precária.

Diz também que uma cultura organizacional não surge pronta. Organizações, como organismos, se adaptam. Assim, as culturas de segurança evoluem gradualmente em resposta às condições locais, a eventos passados, ao caráter da liderança e ao humor da força de trabalho (Reason, 1998).

Assim, a cultura de segurança tem efeitos que podem não apenas abrir lacunas e fraquezas, mas também – e o mais importante – podem permitir que permaneçam sem correção. Por isso, o autor conclui afirmando que uma cultura de segurança, além de informada, precisa ser justa (Reason, 1998).

De acordo com Reason (1998), para ser informada, a organização deve criar um sistema de informações de segurança que coleta, analisa e divulga informações de incidentes e quase acidentes, além de verificações proativas regulares dos sinais vitais do sistema.

Manter uma cultura justa não é fácil, pois requer que as pessoas confessem seus deslizes, lapsos e erros. Sendo assim, uma cultura de segurança justa está diretamente relacionada em como a organização lida com a culpa e a punição (Reason, 1998).

Glendon e Stanton (2000) afirmam que a noção de cultura de segurança surgiu do conceito mais inclusivo de cultura organizacional. Em seu artigo, após abordarem as visões alternativas da cultura organizacional, os autores conceituam a cultura de segurança como um conjunto de atitudes, comportamentos, normas e valores, responsabilidades pessoais e recursos humanos, como treinamento e desenvolvimento (Glendon e Stanton, 2000).

Hopkins (2006) afirma não haver acordo na literatura sobre o conceito de cultura de segurança. Assim, em seu artigo, ele resolve ignorar a “confusão” existente em torno do conceito de cultura de segurança e desviar a atenção para o conceito mais abrangente de cultura organizacional.

De acordo com o autor, toda organização tem uma cultura (ou talvez uma série de subculturas) e pode-se esperar que essa cultura tenha impacto na segurança. Afirma ainda que, compreender como isso acontece pode fornecer informações sobre as maneiras pelas quais as

culturas organizacionais precisam ser modificadas para dar uma prioridade mais alta à segurança (Hopkins, 2006).

Para Pidgeon e O'Leary (2000), cultura de segurança é o conjunto de premissas e suas práticas associadas, que permitem que crenças sobre perigo e segurança sejam construídas. De acordo com os autores, essa cultura é criada e recriada à medida que os membros da organização repetidamente se comportam e se comunicam de maneiras que lhes parecem naturais, óbvias e inquestionáveis e, esse comportamento servirá para construir uma versão particular de risco, perigo e segurança.

Os autores afirmam ainda que a cultura de segurança pode refletir e ser promovida por pelo menos quatro características:

1. compromisso da alta administração com a segurança;
2. cuidado compartilhado e preocupação com os perigos e uma solicitude sobre seus impactos sobre as pessoas;
3. normas e regras realistas e flexíveis sobre perigos; e
4. reflexão contínua sobre a prática por meio de sistemas de monitoramento, análise e *feedback* (aprendizagem organizacional).

Em seu artigo de revisão de literatura, Guldenmund (2000) definiu cultura de segurança como os aspectos da cultura organizacional que terão impacto nas atitudes e comportamentos relacionados ao aumento ou diminuição do risco. O autor afirma que a cultura de segurança possui três camadas ou níveis nos quais pode ser estudada separadamente.

O primeiro nível é o núcleo, constituído pelas suposições básicas, que são inconscientes e relativamente inespecíficas e que permeiam toda a organização. O segundo, consiste nos valores adotados, que são operacionalizados como atitudes. O terceiro nível, a camada mais externa, consiste em manifestações particulares (Guldenmund, 2000).

O autor conclui afirmando que a avaliação da cultura de segurança fornece informações sobre as atitudes relativas à segurança e que, devido a isso, produz a essência para melhorias de segurança e para evitar acidentes graves imprevistos (Guldenmund, 2000).

CAPÍTULO 4

4. METODOLOGIA

Neste capítulo é descrita a metodologia utilizada no desenvolvimento desta dissertação. De acordo com Gonçalves Filho (2011), qualquer trabalho de investigação científica necessita confrontar teorias com dados de experimentação ou de observação. Com esta finalidade, o método de estudo e as técnicas utilizadas pelo pesquisador precisam ser delineados.

Assim, para atender aos objetivos propostos neste trabalho de dissertação, o presente capítulo exporá, nos itens a seguir, o caminho utilizado na realização desta pesquisa e os meios utilizados para alcançar tais objetivos.

O método utilizado nesta pesquisa será o estudo de caso, em que por meio de uma abordagem qualitativa de natureza aplicada, os documentos oficiais relacionados ao DB serão analisados e os dados extraídos destes documentos serão compilados em quadros (instrumento de extração de dados) apresentados no Capítulo 5.

4.1 FONTES DE DADOS UTILIZADAS

Utilizou-se como fonte de extração de dados os documentos oficiais, relatórios de investigação do DB, publicados por órgãos governamentais, tais como o Relatório de Análise de Acidente de Trabalho desenvolvido pela Secretaria Regional do Trabalho de Minas Gerais (SRT/MG) (Brasil, 2019b); o Relatório de investigação de Acidente desenvolvido pelo Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Apuração (CIAEA, 2020); assim como os Relatórios das Comissões Parlamentares de Inquérito (CPI) do Senado Federal, da Câmara dos Deputados Federal e da Assembleia Legislativa de Minas Gerais (Brasil, 2019c; 2019a; 2019d).

Além do relatório de investigação do acidente da SRT/MG e do relatório do CIAEA, utilizou-se também os relatórios das CPI do Senado Federal, da Câmara dos Deputados Federal e da Assembleia Legislativa de Minas Gerais, pois não existe no Brasil um órgão especializado em investigação de acidentes, somente para investigação de acidentes aéreos.

Assim, optou-se por ignorar o viés político de tais relatórios e a atenção foi voltada para a parte técnica contida neles que se mostrou bastante rica de informações para o desenvolvimento dessa pesquisa. Dessa forma, foi possível acrescentar mais três relatórios oficiais e proporcionar maior riqueza de informações para esse trabalho.

Optou-se por não utilizar como fonte de extração de dados reportagens publicadas em jornais e revistas de grande circulação no Brasil e no mundo acerca do desastre de Brumadinho,

pois tais documentos possuem cunho somente informativo e sem o detalhamento técnico necessário para essa pesquisa.

Nas subseções 4.1.1 a 4.1.5 são detalhados os relatórios utilizados como fonte de dados para essa pesquisa.

4.1.1 Relatório de Análise de Acidente de Trabalho

Relatório elaborado a partir da investigação do DB realizada pelos Auditores Fiscais do trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego (Brasil, 2019b).

4.1.2 Relatório de investigação de Acidente desenvolvido pelo Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Apuração (CIAEA)

Comissão constituída pelo Conselho de administração da Vale para atuar na apuração das causas e responsabilidades no contexto do rompimento da Barragem I da Mina do Córrego do Feijão. Com o objetivo de garantir a sua independência e autonomia, o CIAEA foi constituído por três membros externos, selecionados com o apoio da empresa de consultoria internacional Korn Ferry (CIAEA, 2020).

4.1.3 Relatório da Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) do Senado Federal

Comissão destinada a “apurar as causas do rompimento da barragem na Mina Córrego do Feijão, da empresa de mineração Vale, em Brumadinho; tendo como objetivo identificar os responsáveis, quais foram as falhas dos órgãos competentes, os autores dos laudos técnicos e adoção das providências cabíveis para evitar novos acidentes” (Brasil, 2019c).

4.1.4 Relatório da CPI da Câmara dos Deputados Federal

Comissão constituída com o objetivo de investigar as causas do rompimento da barragem de mineração da Mina Córrego do Feijão, da empresa Vale S.A., bem como apurar responsabilidades por esse sinistro e avaliar formas de minorar os riscos da ocorrência de novos acidentes (Brasil, 2019a).

4.1.5 Relatório da CPI da Assembleia Legislativa de Minas Gerais

Comissão constituída com o objetivo de investigar as causas do rompimento da barragem e, ao mesmo tempo, deixar instrumentos de controle e fiscalização para que crimes como o de Brumadinho nunca mais aconteçam (Brasil, 2019d).

4.2 INSTRUMENTO PARA EXTRAÇÃO DOS DADOS

Para a construção do instrumento de extração de dados (Quadros 3 a 8 do Capítulo 5), os documentos oficiais relacionados ao DB foram avaliados pela autora desta pesquisa e por dois engenheiros com vários anos de experiência em investigação de desastre, que aceitaram voluntariamente o convite para colaboração neste trabalho.

A autora dessa pesquisa conduziu a reunião inicial apresentando a Teoria *MMD*, a definição e características de cada um dos seis estágios de desenvolvimento dos desastres propostos por Turner e Pidgeon (1997). Essas informações foram discutidas com os engenheiros convidados com a finalidade de dirimir dúvidas e alinhar o entendimento com relação aos estágios de desenvolvimento dos desastres propostos pela Teoria do *MMD*.

Em sequência, os dados dos documentos que evidenciaram cada um dos seis estágios foram extraídos isoladamente pela autora desta pesquisa e pelos dois convidados. Assim, ocorreu uma troca em que a autora dessa pesquisa forneceu os dados teóricos necessários para a compilação dos dados e os convidados forneceram sua experiência prática em investigação de acidentes

Após a extração dos dados para evidenciar cada estágio, a autora se reuniu novamente com os engenheiros convidados e as divergências foram eliminadas por consenso. Quando não havia consenso que um determinado dado evidenciava a existência de um dos estágios, o dado era eliminado do estágio em análise.

Capítulo 5

5. RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados (instrumentos de extração de dados) encontrados no desenvolvimento desta pesquisa. De acordo com a metodologia apresentada no Capítulo 4, os dados retirados dos documentos oficiais utilizados como referência são dispostos nos Quadros 3 a 8 de acordo com cada um dos seis estágios de desenvolvimento do desastre.

5.1 ESTÁGIO 1: PONTOS DE PARTIDA IDEALMENTE NORMAIS

No Quadro 3 são apresentadas as diversas citações, retiradas dos documentos utilizados como referência, que corroboram a existência do primeiro estágio de desenvolvimento do desastre no rompimento da barragem de Brumadinho.

De acordo com o que foi apresentado no Capítulo 4, o estágio 1 consiste em crenças iniciais culturalmente aceitas sobre o mundo e seus perigos, são normas de precaução estabelecidas em leis, códigos de prática, modos e costumes.

Como exemplo deste estágio podemos citar um dos trechos extraídos de Brasil, 2019c. Nele é possível verificar estas crenças iniciais sobre a segurança e ausência de risco de rompimento da barragem B1:

“A Vale repetiu aqui, depoimento após depoimento, que todas as medidas de segurança relativas à barragem B1 da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, estavam de acordo com as normas e protocolos relativos a esse tipo de barragem.”

Já as normas de precaução estabelecidas em leis, códigos de prática, modos e costumes, que também caracterizam o estágio em discussão, foram identificadas no desastre da Vale, como mostra o trecho extraído de Brasil (2019c): *“Não havia, nem da minha parte, nem da de meus antecessores, qualquer tipo de informação sobre risco com relação ao posicionamento daquele escritório. Por que que não havia? Porque existiam laudos de estabilidade que diziam que a barragem não tinha nenhum risco ou que o risco era perfeitamente aceitável, dentro das condições normais (Fábio Schvartsmann).”*

Quadro 3 - Estágio 1: Pontos de partida idealmente normais

Estágio 1 – Evidências
"Sempre que havia algum registro de oscilação discrepante do histórico, a orientação era ignorar a leitura exatamente porque não correspondia ao histórico." (Brasil, 2019b)
"Informou que cerca de três horas depois de encaminhar o e-mail, apenas o Senhor Artur Ribeiro respondeu comentando que outros instrumentos da barragem estavam dentro da normalidade. Desta forma o Senhor Tércio entendeu que as variações por ele informadas talvez estivessem dentro da normalidade, pois não tem capacidade técnica para interpretar os sinais, cabendo a ele apenas informar as variações detectadas pelo equipamento." (Brasil, 2019b)
"A linha freática alta, que atravessava alguns diques de alteamento e o dique inicial, era a principal preocupação da Vale e de seus consultores, pois impactava diretamente na segurança do barramento. Contudo, mesmo não sendo a solução que colocaria, em pequeno espaço de tempo, a barragem em condição de estabilidade, a Vale resolveu instalar Drenos Horizontais Profundos (DHP) para o rebaixamento da linha freática." (Brasil, 2019b)
"Apesar da existência de Declarações de Condição de Estabilidade (DCE) formais para a barragem B I, estas só puderam ser emitidas porque alguns parâmetros para cálculo e interpretação dos Fatores de Segurança para a condição não drenada da barragem foram considerados ou desprezados de acordo com a conveniência." (Brasil, 2019b)
"De 2016 a março de 2018, ensaios de solo não recomendados, que propiciavam razões de resistência fora das previstas na teoria adotada, e que dessa forma geraram fatores de segurança inflados, foram empregados em detrimento de ensaios mais conservadores." (Brasil, 2019b)
"Assim emitiu-se uma Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) condicionada à não ocorrência de situações (algumas delas não controláveis, diga-se de passagem) que pudessem provocar um gatilho." (Brasil, 2019b)
"A cronologia das análises de estabilidade da B1 revela que a situação de fragilidade da barragem e a necessidade de adoção de medidas de mitigação de riscos eram conhecidas". (CIAEA, 2020)
"Não obstante as recomendações feitas entre 2010 e 2013 pela empresa Pimenta de Ávila, para realização de estudo de liquefação, tal estudo só foi realizado em 2014, novamente pela Geoconsultoria. Esse novo estudo foi feito a partir de reinterpretação da campanha de investigação de 2005, e não de realização de novos ensaios. Como resultado, foi apontada a suscetibilidade do rejeito da B1 a liquefação, com a ressalva de que a probabilidade de ocorrência de gatilho seria remota. Além disso, naquele estudo foram obtidos fatores de segurança para a condição drenada que variavam entre 1,6 e 2,1 e para a condição não-drenada variando entre 1,5 e 1,8." (CIAEA, 2020)
"No entanto, as evidências indicam que o relatório da auditoria interna de barragens já havia sido compartilhado com Peter Poppinga desde, pelo menos, 31/05/2016. Ademais, Peter Poppinga enviou, em 20/06/2016, e-mail a Murilo Ferreira (então Diretor Presidente da Vale) com o referido relatório anexo, informando-o de que nada grave havia sido identificado no relatório da auditoria interna de barragens, dizendo que, até mesmo, teriam sido elogiados pelo Diretor de Auditoria Interna." (CIAEA, 2020)
"Ressalta-se, ainda, que a ausência de informações sobre a fundação da B1 era conhecida há muitos anos (pelo menos desde 2003), tendo em vista os relatórios de auditoria externa de barragens emitidos por empresas especializadas fornecidos a Vale desde a aquisição da Ferteco." (CIAEA, 2020)
"A Vale repetiu aqui, depoimento após depoimento, que todas as medidas de segurança relativas à barragem B1 da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, estavam de acordo com as normas e protocolos relativos a esse tipo de barragem." (Brasil, 2019c)
"Disse ainda que transformou o comitê de riscos em órgão permanente e recebeu inúmeros relatórios que indicavam estabilidade e qualidade das barragens da empresa (Fábio Schvartsmann)." (Brasil, 2019c)
"No caso de Brumadinho, posso afirmar, categoricamente, que jamais chegou ao meu conhecimento nenhuma denúncia pelos canais oficiais da empresa ou por quaisquer outros, nem mesmo os anônimos, relatando risco de rompimento iminente de barragens. Ao contrário, todos os relatórios enviados à Diretoria e ao Conselho de Administração indicavam estabilidade das barragens. Nunca chegaram à Diretoria quaisquer informações sobre risco de rompimento, apesar de existirem canais para isso." (Brasil, 2019c)
"Em seguida o Senador Carlos Viana relembrou ao depoente que ele havia afirmado, nove meses antes da tragédia, que as barragens estavam impecáveis e em estado de impressionante qualidade." (Brasil, 2019c)
"Não havia nenhuma informação individualizada sobre qualquer barragem. E as informações davam conta de que todas elas estavam em plena condição de estabilidade e possuíam laudo de estabilidade." (Brasil, 2019c)
"Não havia, nem da minha parte, nem da de meus antecessores, qualquer tipo de informação sobre risco com relação ao posicionamento daquele escritório. Por que não havia? Porque existiam laudos de estabilidade que diziam que a barragem não tinha nenhum risco ou que o risco era perfeitamente aceitável, dentro das condições normais." (Brasil, 2019c)
"... até o momento da ruptura, nós trabalhamos sempre acreditando na segurança da estrutura, a partir da confiança de todas as informações que nós tínhamos relacionadas às declarações, aos estudos, às análises, às inspeções, às instrumentações. Então, até o momento da ruptura, nós sempre trabalhamos acreditando na estabilidade da estrutura (Renzo Albieri - Gerente)." (Brasil, 2019c)
"...segundo seu conhecimento, a estrutura B1 estava monitorada, controlada, auditada não só internamente como externamente, mas pelos órgãos competentes, apresentava um laudo de estabilidade, e, por fim, não tinha o risco iminente de ruptura (Rodrigo Melo)." (Brasil, 2019c)
"Essa revelação de Marcelo dos Santos foi relevante por ser mais um indício de que a situação da barragem quanto à presença de água em seu interior era muito pior do que a Vale S.A. queria aceitar." (Brasil, 2019d)
"No aludido depoimento, o Sr. Poppinga reconhece que as anomalias apresentadas pela barragem B1, consideradas isoladamente pela Vale como "pequenas", poderiam ser "grandes" quando analisadas em conjunto." (Brasil, 2019a)

“Como se depreende do e-mail do Sr. Poppinga, desde 2016 a barragem B1 mostrava problemas, que geravam “dúvida” nos gestores da Vale e direcionamento no sentido de avaliação de “medidas de reforço” a serem executadas em caráter preventivo.” (Brasil, 2019a)

“E ali, mesmo correndo, mesmo correndo daquela situação, nunca passava na minha cabeça que era a barragem. Eu pensava que era desmonte, eu pensava que era outra coisa. Para mim, era segura. E para todas as pessoas que estavam lá, inclusive gerente, era segura.” (Brasil, 2019a)

“Na Assembleia de 2018, por exemplo, apresentamos um voto específico sobre a segurança de barragens, mencionando o complexo do Córrego de Feijão, mas a empresa nos respondeu falando que estava tudo OK, que estava tudo de acordo (Foi na assembleia dos acionistas de 2018).” (Brasil, 2019a)

5.2 ESTÁGIO 2: PERÍODO DE INCUBAÇÃO DO DESASTRE

O Quadro 4 mostra diversas citações extraídas dos relatórios oficiais utilizados como referência que corroboram a existência do estágio 2 no DB. O período de incubação é definido por Turner e Pidgeon (1997) como o acúmulo de um conjunto despercebido de eventos que está em desacordo com as crenças aceitas sobre perigos e as normas para evitá-los.

Foi possível identificar nas referências estudadas vários exemplos de eventos discrepantes que foram se acumulando durante o período de incubação. Como por exemplo a “...precariedade das estruturas do sistema de drenagem da B1, tais como canaletas superficiais para fluxo de água da barragem obstruídas ou erodidas, e problemas no sistema de bombeamento da água do reservatório da B1, pelo menos, entre dezembro de 2018 e janeiro de 2019.” (CIAEA, 2020)

Ainda de acordo com o CIAEA (2020), o somatório dos eventos destacados acima culminou no rompimento da barragem 1 da Mina do Córrego do Feijão, como pode ser verificado no extrato a seguir:

“Ressalta-se que, pelo menos desde 1995, já existiam registros de problemas de drenagem interna que resultavam em alto nível freático na barragem. Também foram encontradas evidências de mau funcionamento do sistema de drenagem interna existente nos alteamentos. Dos 56 (cinquenta e seis) medidores de vazão que se encontravam instalados na B1, somente 12 (doze) apresentavam vazão em 2018. Além disso, contribuíram para a condição de saturação o modo de disposição dos rejeitos, os aportes dos córregos e nascentes na área do reservatório e a infiltração de águas superficiais e subterrâneas.” (grifos nossos)

A presença do estágio 2 também pode ser verificada em Brasil (2019a), esse relatório registra que “...a crucial característica da Mina Córrego do Feijão – que salta aos olhos de qualquer pessoa – é que o refeitório e a área administrativa, entre outras estruturas, estavam localizados pouco mais de 1 km a jusante da barragem B1. No entanto, a Vale, simplesmente, nunca se preocupou em relocar tais estruturas para sítio mais seguro, mesmo com seguidos indícios de que a saúde da barragem B1 não ia bem.”

Quadro 4 - Estágio 2: Período de Incubação

Estágio 2 - Evidências
"Conforme evidenciado em diversos documentos apresentados pela empresa Vale S.A., havia a jusante da B I estruturas como terminal ferroviário de carga e instalações de tratamento de minérios, e, acerca de um quilômetro, um centro de atividades administrativas (escritórios, refeitório, vestiários, almoxarifado etc)." (Brasil, 2019b)
"Apesar de ter realizado ensaios geotécnicos de campo em 2005, 2016 e 2018, a Vale, depois de mais de 17 anos da aquisição da Mina do Córrego do Feijão junto à Ferteco Mineração, ainda não conhecia por completo a fundação na qual se apoiava o dique inicial da B I. Somente em 22/01/2019, três dias antes do rompimento, a TÜV SÜD apontou, baseado em ensaios de campo realizados em 2018, nova caracterização para os solos da fundação da barragem, bem diferente daquela até então utilizada pelas empresas que calculavam o fator de segurança de estabilidade da B I." (Brasil, 2019b)
"Além disso, junto ao pé do dique inicial, existia uma camada de 4 a 6 metros de talus (canga laterítica), isto é, um solo transportado que não era considerado nos cálculos do fator de segurança para estabilidade da barragem. Logo, os fatores de segurança de estabilidade da B I, até então apresentados nos vários relatórios contratados junto às empresas de auditoria, não eram confiáveis, podendo ser estes ainda menores que os calculados até então." (Brasil, 2019b)
"Os Gerentes e Diretores Regionais da Vale tiveram conhecimento da fratura hidráulica e da paralisação dos serviços. Contudo, nenhuma outra solução foi efetivamente implementada pela empresa até janeiro de 2019 para rebaixamento da linha freática na B I, o que contribuiu para manter elevado o nível d'água dentro da mesma." (Brasil, 2019b)
"Portanto, os diversos relatórios produzidos pelas empresas de auditoria desde 2015 apontam que a drenagem superficial da B I era muito mal mantida pela empresa, com trincas, assoreamento e empoçamento de água. Os problemas eram recorrentes ano após ano. Toda água que empoça em uma canaleta ou canal, apresentando estes danos no concreto, penetra no barramento. Quando as estruturas citadas estão assoreadas, a água pode transbordar e também penetrar nos diques da barragem." (Brasil, 2019b)
"Também em relação ao sistema extravasor nota-se a conservação precária das estruturas. A galeria de fundo estava muito assoreada e apresentava pontos de infiltração no teto. A laje de saída do sistema extravasor estava assoreada e com erosão a jusante. Por fim, a bacia de dissipação da B I para a B VI estava tomada pela vegetação." (Brasil, 2019b)
"De acordo com as várias informações obtidas pela Auditoria Fiscal do Trabalho, a largura de praia insuficiente na B I, pelo menos até 2015, e a presença de lençóis suspensos contribuíram para que a barragem sempre mantivesse uma linha freática alta. Tal fato permitiu que a água permanecesse junto aos diques de alteamento construídos com rejeito arenoso, saturando-os e contribuindo para o processo de liquefação que ocorreu em 25/01/2019." (Brasil, 2019b)
"Ressalta-se também que, desde sua instalação e especialmente a partir de novembro de 2018, o radar indicava movimentações significativas no barramento que não foram devidamente consideradas. Vemos, portanto, que não havia monitoramento efetivo da percolação da água, nem da movimentação do lençol freático e tampouco da movimentação do maciço." (Brasil, 2019b)
"A revisão técnica concluiu que o rompimento da B1 ocorreu por instabilidade estrutural com liquefação, e que a enxurrada para jusante foi causada pela combinação da ocorrência de liquefação no material depositado na B1 e da falta de capacidade estrutural da barragem para conter material liquefeito." (CIAEA,2020)
"Quanto a liquefação, a Equipe Técnica do CIAEA verificou a existência dos três requisitos necessários para sua ocorrência: (i) presença de material contrátil e suscetível a liquefação; (ii) condição de saturação do material da barragem; (iii) ocorrência de um gatilho." (CIAEA,2020)
"Ressalta-se que, pelo menos desde 1995, já existiam registros de problemas de drenagem interna que resultavam em alto nível freático na barragem. Também foram encontradas evidências de mau funcionamento do sistema de drenagem interna existente nos alteamentos. Dos 56 (cinquenta e seis) medidores de vazão que se encontravam instalados na B1, somente 12 (doze) apresentavam vazão em 2018. Além disso, contribuíram para a condição de saturação o modo de disposição dos rejeitos, os aportes dos córregos e nascentes na área do reservatório e a infiltração de águas superficiais e subterrâneas." (CIAEA,2020)
"Ainda em 2017, conforme mencionado anteriormente, Vale, Potamos e Tuv Sud, no contexto das análises de riscos geotécnicos e da RSB, discutiram alternativas para incremento do fator de segurança da B1, que resultou na decisão, pela Vale, de executar DHPs e lavar os rejeitos da barragem. A execução dos DHPs foi iniciada em fevereiro de 2018, com base em projeto elaborado internamente pela Vale. Ela foi interrompida em 11/06/2018, em decorrência de fraturamento hidráulico em parte do maciço, resultante da execução da perfuração do 15 DH na B1 ("DHP 15"), que causou surgência de água no talude com carreamento de sólidos." (CIAEA,2020)
"Além disso, evidências indicam precariedade das estruturas do sistema de drenagem da B1, tais como canaletas superficiais para fluxo de água da barragem obstruídas ou erodidas, e problemas no sistema de bombeamento da água do reservatório da B1, pelo menos, entre dezembro de 2018 e janeiro de 2019." (CIAEA,2020)
"Indagado a respeito de quem teria determinado as construções que foram destruídas pelo rompimento da barragem, bem como quem teria determinado que elas lá permanecessem, mais uma vez o depoente deixou de apontar os culpados, dizendo que "Não havia informação individualizada sobre qualquer barragem e as informações davam conta de que todas elas estavam em plena condição de estabilidade e possuíam laudo de estabilidade." (Brasil, 2019c)
"... E eu não tinha uma solicitação de que não fossem realizadas detonações na cava. (...) A cava, nós temos conhecimento de detonações antes disso. Então, as detonações da cava nunca foram um problema para a estrutura da Barragem I. (...) Eu não tive nenhuma orientação de que fossem paralisadas as detonações na cava." (Brasil, 2019c)
"Na verdade, como vimos nas audiências anteriores, há farto material probatório no sentido de que problemas existiam e eram de conhecimento do depoente e da diretoria da Vale." (Brasil, 2019c)

<p>“Uma série de descuidos e negligências, que normalmente permanecem escondidos em relatórios incompreensíveis a um leigo, veio à tona depois da tragédia. A cadeia de comando e o fluxo de informações, por mais que tenha havido a tentativa de apresentá-las como falhas, cumpriram o seu papel: a gerência e a diretoria da Vale sabiam dos riscos e decidiram assumi-los.” (Brasil, 2019c)</p>
<p>“houve uma série de eventos que, mesmo que não guardem ligação direta com as causas da tragédia, se fossem analisados em profundidade, poderiam ter revelado que algo não corria bem.” (Brasil, 2019c)</p>
<p>“Após adquirir a Mina Córrego do Feijão, a empresa instalou sua área administrativa em local próximo à principal barragem de rejeitos do complexo minerário. Além de escritórios, foram construídos posto médico, refeitório e auditório, entre outras benfeitorias. Desde então, toda a área operacional e de vivência dos trabalhadores passou a funcionar logo abaixo da Barragem 1 (B1).” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Pouco se sabe sobre os estudos feitos para o projeto da B1, elaborado pelo engenheiro alemão Christoph Erb para a Ferteco, em 1975.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Em 1984, ao ser desenvolvido o projeto do quarto alteamento, a barragem já estava abaixo do fator de segurança recomendado pela norma técnica.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Pode-se concluir que, apesar de realizados ensaios geotécnicos de campo em 2005, 2016 e 2018, a Vale, depois de mais de 17 anos da aquisição da Mina do Córrego do Feijão junto à Ferteco Mineração, ainda não conhecia por completo a fundação na qual se apoiava o dique inicial da B1. Bem junto ao pé do dique inicial, existia uma camada de 4 a 6 metros de talus (canga laterítica), isto é, um solo transportado que não era considerado nos cálculos do fator de segurança para estabilidade da barragem. Logo, os fatores de segurança de estabilidade da B1, apresentados nos vários relatórios contratados junto às empresas de auditoria, poderiam sofrer alterações caso essa camada fosse levada em consideração nos cálculos, podendo, assim, não demonstrar a real estabilidade física do barramento.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Uma série de inconformidades já demonstravam, mais de seis meses antes do colapso, a degradação da estabilidade da estrutura: as surgências de água relatadas pelo engenheiro Armando Mangolim; os drenos e a manilha jorrando água quando desobstruídos; as canaletas de drenagem trincadas e com marcas de coloide, comprovando a saída de rejeitos de dentro da barragem; as erosões e as medições do radar que detectaram, durante o fraturamento hidráulico, estufamento e recalque do maciço, entre outras evidências.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Após a emissão do relatório de segurança pelo consórcio, em junho de 2018, o estado da barragem continuou piorando. Somente metade dos DHPs tinham sido instalados, o radar dava sinais crescentes de que o maciço da B1 estava se movimentando, os piezômetros informavam o aumento do nível de água em seu interior, mas tudo isso foi desconsiderado.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Segundo depoimentos nesta CPI, existe pouca documentação sobre a barragem, tais como projetos de construção e alteamentos, em suas primeiras etapas. De acordo com Paulo César Abrão, consultor da Vale, em depoimento à CPI Bruma no dia 8/8/2019, só havia um relatório escrito em alemão descrevendo a barragem inicial.” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“Convém registrar que a crucial característica da Mina Córrego do Feijão – que salta aos olhos de qualquer pessoa – é que o refeitório e a área administrativa, entre outras estruturas, estavam localizados pouco mais de 1 km a jusante da barragem B1. Nos 17 anos seguintes à aquisição da Ferteco, a Vale, simplesmente, não se preocupou em relocar tais estruturas para sítio mais seguro, mesmo com seguidos indícios de que a saúde da barragem B1 não ia bem.” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“Assim, desde o projeto já teriam se verificado erros, tais como: baixo coeficiente de segurança (1,3); local inadequado, em região montanhosa, para uma barragem destinada à contenção de finos de sinterização (sinter feed), que absorvem água rapidamente, mas a liberam lentamente, tendendo a ficar saturados e mais suscetíveis a liquefação; método construtivo a montante, inadequado para barragens de rejeito em vale; declividade alta nos taludes, aumentando a poropressão contra a base da estrutura; altura insuficiente do dique inicial e da fundação (18 m) para a barragem projetada (87 m); taxa de alteamento elevada (2,2 m/ano) para as propriedades do sinter feed; e sistema de drenagem inadequado, permitindo que a superfície freática passasse dentro do maciço da barragem.” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“Em suma – enfatizando –, já em 2016, o estudo “Análise de Estabilidade – Projeto: Estudo de Liquefação Estática – Barragem B1 – Córrego do Feijão” apontava para uma situação não segura da barragem B1, materializado pelo seu Fator de Segurança, que descumpria as premissas consagradas pelas boas práticas de engenharia internacionalmente aceitas, bem como as determinações do licenciamento ambiental estadual e do Manual de Operações.” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“Excelência, no dia 8, com uma semana de funcionamento do equipamento, foi possível identificar quatro áreas iniciais, quatro áreas pequenas, em torno de 200 a 400 metros quadrados. À medida que o tempo foi passando, conforme eu falei agora há pouco, o equipamento vai juntando informações, vai juntando dados, e vai se tornando capaz de verificar, com mais assertividade, outras informações. Então, à medida que o tempo foi passando, foi sendo possível identificar outras áreas, também áreas pequenas, em torno de 200 a 400, 500 metros quadrados. Mas foi se tornando possível identificar outras áreas na estrutura que apresentavam variação nas leituras.” (Brasil, 2019a)</p>

5.3 ESTÁGIO 3: EVENTO PRECIPITANTE - O ROMPIMENTO DA BARRAGEM

Observam-se no Quadro 5 os trechos retirados dos documentos avaliados que evidenciam a existência do evento precipitante. Este estágio é definido por Turner e Pidgeon (1997) como o evento que chama a atenção para si e transforma as percepções gerais do segundo estágio (período de incubação). Ou seja, é o momento exato de ocorrência do desastre que mostra o que não havia sido percebido durante o período de incubação.

Para exemplificar a existência deste estágio no desastre em estudo, destacamos o trecho extraído de CIAEA (2020):

“A partir da análise dos vídeos do rompimento, nota-se que a lama oriunda dos rejeitos da B1 fluiu em alta velocidade como um líquido viscoso ao longo do vale a jusante do ribeirão Ferro-Carvão, o que confirma a hipótese de liquefação.”

Verifica-se também o evento se precipitando e chamando a atenção para si, como a própria definição do estágio 3, no trecho transcrito abaixo, retirado de Brasil (2019a):

“No dia 25/1/2019, às 12h28’30”, completamente alheios ao perigo que lhes cercava, centenas de empregados e terceirizados almoçavam no refeitório, trabalhavam na área administrativa, frequentavam os vestiários ou descansavam nas proximidades, quando se ouviu um barulho ensurdecedor.”

As percepções sobre a segurança da barragem e também sobre como a Vale lidava com a segurança dos seus empregados, colaboradores e da comunidade vizinha, acumuladas ao longo do estágio 2, foram modificadas com a precipitação do evento (estágio 3), como podemos verificar no trecho a seguir extraído de Brasil (2019c):

“A barragem se rompeu no dia 25 de janeiro de 2019. O que causou o rompimento não foi um fato imprevisível (ex. um terremoto, um furacão). Muito ao revés, os critérios supostamente técnicos da TÜV SÜD estavam errados, haja vista que a barragem se rompeu.” (grifo nosso)

Quadro 5 - Estágio 3: Evento Precipitante

Estágio 3 - Evidências
“A partir da análise dos vídeos do rompimento, nota-se que a lama oriunda dos rejeitos da B1 fluiu em alta velocidade como um líquido viscoso ao longo do vale a jusante do ribeirão Ferro-Carvão, o que confirma a hipótese de liquefação.” (CIAEA, 2020)
“A barragem se rompeu no dia 25 de janeiro de 2019. O que causou o rompimento não foi um fato imprevisível (ex. um terremoto, um furacão). Muito ao revés, os critérios supostamente técnicos da TÜV SÜD estavam errados, haja vista que a barragem se rompeu.” (Brasil, 2019c)
“No dia 25 de janeiro de 2019, Minas passou por um dos mais tristes capítulos da sua história. O rompimento da barragem de rejeitos da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, configurou-se como a maior tragédia-crime já vivenciada em nosso estado.” (Brasil, 2019d)
“No dia 25/1/2019, às 12h28’30”, completamente alheios ao perigo que lhes cercava, centenas de empregados e terceirizados almoçavam no refeitório, trabalhavam na área administrativa, frequentavam os vestiários ou descansavam nas proximidades, quando se ouviu um barulho ensurdecedor.” (Brasil, 2019a)

5.4 ESTÁGIO 4: INÍCIO - AS CONSEQUÊNCIAS

No Quadro 6 encontram-se diversos extratos dos documentos analisados que demonstram a dimensão das consequências do desastre em estudo, constatando a existência do quarto estágio de desenvolvimento dos desastres proposto por Turner e Pidgeon (1997).

Este estágio tem como característica que as consequências imediatas do colapso das precauções culturais se tornam aparentes. Este é um estágio relativamente simples de ser evidenciado, pois em um desastre, principalmente em um de grandes proporções como o de Brumadinho, as consequências são bastante evidentes.

Como exemplo, extraímos de Brasil (2019b) o trecho a seguir em que as consequências imediatas e mais gerais do desastre ficam visíveis:

“Do rompimento resultaram 249 mortes confirmadas e 21 pessoas desaparecidas (dados de 5 de setembro). Em seu caminho o rejeito destruiu uma parte do distrito de Córrego do Feijão (matando seis moradores), uma pousada (matando nove de seus trabalhadores, incluindo os proprietários, e cinco hóspedes), um viaduto de linha férrea e várias propriedades rurais.”

Em Brasil (2019d) encontramos os danos causados ao meio ambiente pelo rompimento da BI:

“Milhares de animais, domésticos e silvestres, foram vitimados. Alguns, encontrados presos na lama, ainda vivos, estavam muito machucados ou em situação de difícil resgate. Nos primeiros dias de fevereiro, uma equipe da Fundação SOS Mata Atlântica que analisou as águas do Rio Paraopeba entre a barragem rompida e o município de Pará de Minas, distante 90 quilômetros de Brumadinho, atestou a morte do rio até aquele ponto.”

Brasil (2019b) destacou, dentre outras consequências, que o desastre de Brumadinho foi o maior acidente de trabalho do Brasil além de um desastre de escala mundial. Segundo este relatório o desastre foi o maior acidente de trabalho do Brasil, pois além de dezenas de trabalhadores feridos, causou a morte de centenas de empregados próprios da Vale e de suas terceirizadas.

Quadro 6 - Estágio 4: Início

Estágio 4 - Evidências
"No dia 25 de janeiro de 2019, às 12:28, ocorreu o rompimento da barragem B I de contenção de rejeitos de minério de ferro, da Mina de Córrego do Feijão, de propriedade da empresa Vale S.A., localizada no município de Brumadinho, a sessenta quilômetros de Belo Horizonte, M.G. O rompimento resultou no maior acidente de trabalho do Brasil por causar, além de dezenas de feridos, a morte de centenas de trabalhadores da empresa e de suas terceirizadas, além da população externa que se encontrava na área do alagamento ocasionado pelos rejeitos, sem contar os impactos ambientais e sociais, que somados o tornaram um desastre de escala mundial." (Brasil, 2019b)
"O rompimento formou ondas de rejeitos que avançaram sobre trabalhadores, veículos, equipamentos, instalações de tratamento e carregamento de minério e locais de trabalho diversos. Calcula-se que a velocidade da lama alcançou cerca de 80 quilômetros por hora." (Brasil, 2019b)
"Do rompimento resultaram 249 mortes confirmadas e 21 pessoas desaparecidas (dados de 5 de setembro). Em seu caminho o rejeito destruiu uma parte do distrito de Córrego do Feijão (matando seis moradores), uma pousada (matando nove de seus trabalhadores, incluindo os proprietários, e cinco hóspedes), um viaduto de linha férrea e várias propriedades rurais." (Brasil, 2019b)
"A pluma de rejeitos chegou ao Rio Paraopeba e impactou o fornecimento de água para comunidades indígenas e quilombola e também para várias cidades, dentre as quais Brumadinho, Pará de Minas e Belo Horizonte. Também foram atingidas várias propriedades rurais nas margens do Córrego do Feijão e do Rio Paraopeba." (Brasil, 2019b)
"As alterações na turbidez e nos níveis de metais na água ainda se fazem presentes e têm sido motivo de preocupação e vigilância constante das autoridades, assim como a saúde dos militares do Corpo de Bombeiros que atuaram e continuam atuando no resgate dos corpos, até a data de elaboração deste relatório." (Brasil, 2019b)
"A economia da região foi duramente afetada em função da perda da produção das propriedades rurais e interrupção da pesca. No município de Brumadinho as atividades de comércio, turismo e pesca foram seriamente afetadas." (Brasil, 2019b)
"Os impactos sócio-econômico-ambientais para toda região do vale do Rio Paraopeba ainda estão sendo mensurados. Por sua vez, as atividades de mineração em Minas Gerais foram duramente atingidas com várias minas tendo suas atividades paralisadas com grande impacto em toda a cadeia produtiva." (Brasil, 2019b)
"Em 25/01/2019 às 12h28, ocorreu o rompimento da B1. A mancha de inundação originada pelo rompimento espalhou-se pela região a jusante da barragem tendo sido registrado um total de 665 (seiscentos e sessenta e cinco) vítimas, das quais 395 (trezentos e noventa e cinco) foram localizadas com vida, e 270 (duzentos e setenta) se provaram fatais. Das vítimas fatais, 259 (duzentos e cinquenta e nove) óbitos haviam sido confirmados pelo Instituto Médico Legal e 11 (onze) ainda não haviam sido localizadas até a data de emissão deste Sumário Executivo." (CIAEA, 2020)
"Às 12h28 do dia 25 de janeiro de 2019, a barragem que armazenava 12,7 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração entrou em colapso e produziu uma avalanche de lama que arrastou os prédios administrativos do complexo industrial, casas e propriedades rurais, até atingir o rio Paraopeba, a uma distância de nove quilômetros." (Brasil, 2019c)
"Até o último dia 5 de junho, data do último corpo identificado pela Polícia Civil mineira, a tragédia de Brumadinho somava 246 mortos identificados, enquanto 24 pessoas continuavam desaparecidas. Ou seja, 270 vítimas fatais." (Brasil, 2019c)
"Os dados preliminares divulgados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) indicam a perda de 133,27 hectares de Mata Atlântica." (Brasil, 2019c)
"Centenas de animais foram mortos ou recolhidos da região, que perdeu cerca de 300 hectares de cobertura vegetal. Os rejeitos de mineração atingiram o Rio Paraopeba, cuja bacia engloba 48 municípios, com população superior a 1,3 milhões de habitantes." (Brasil, 2019c)
"Relatório divulgado pela Fundação SOS Mata Atlântica um mês após o acidente apontou que o Rio Paraopeba apresentava na ocasião níveis de cobre nas águas 600 vezes acima do permitido no caso de rios usados para abastecimento humano, irrigação, pesca e lazer." (Brasil, 2019c)
"Então, em 25 de janeiro de 2019, fui surpreendido com as notícias da tragédia em Brumadinho: uma barragem de rejeitos de mineração da Vale S.A., no Córrego do Feijão, havia se rompido em plena luz do dia e durante o expediente de trabalho na mina, quando vários empregados estavam almoçando num refeitório localizado abaixo daquela estrutura que se rompera. Naquele primeiro momento, ainda não sabíamos as dimensões da tragédia, mas já se falava em 350 pessoas desaparecidas e no indiscutível desastre ambiental." (Brasil, 2019d)
"...rompimento da Barragem 1 da Mina Córrego do Feijão, que despejou 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos sobre uma área de 300 hectares, soterrando seres humanos, animais domésticos e silvestres, contaminando rios e córregos, destruindo casas, pousadas e cultivos agrícolas, atingindo dezenas de municípios ao longo da Bacia do Rio Paraopeba. Foram 272 pessoas mortas ("joias perdidas", como são chamadas por seus familiares), dez das quais continuam desaparecidas." (Brasil, 2019d)
"Às 12 horas, 28 minutos e 25 segundos do dia 25 de janeiro de 2019, uma sexta-feira, a Barragem 1 do Córrego do Feijão desmoronou, com pelo menos 20 trabalhadores em seus degraus. As câmeras de vídeo de monitoramento – equipamento obrigatório por lei – mostraram, segundo a segundo, o desmantelamento da montanha de rejeitos. As imagens correram o mundo, horrorizando a todos pela magnitude e força com que a estrutura gigante explodiu num mar de lama que tudo arrastava, enquanto os trabalhadores corriam desesperados tentando escapar da morte." (Brasil, 2019d)
"Por ser horário de almoço, o refeitório situado logo abaixo estava lotado de trabalhadores, não só da Mina do Córrego do Feijão como da de Jangada. A lama levou apenas meio minuto para chegar lá. E, em menos de um minuto, aproximadamente 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos da mineração encobriram e arrastaram todas as instalações. Nada ficou no lugar." (Brasil, 2019d)

<p>“A 2,7 quilômetros dali funcionários, hóspedes e proprietários da Pousada Nova Estância não tiveram melhor sorte: como a sirene de alerta não soou, eles não puderam nem tentar se salvar. Calcula-se que a lama tenha chegado lá entre um minuto e meio e dois minutos.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Trabalhadores e famílias que estavam no caminho do tsunami de ferro também foram atingidos, em poucos minutos. A lama destruiu ou comprometeu de modo irreparável todas as formas de vida por onde passou, arrasando uma área equivalente a 300 campos de futebol.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Os rejeitos da barragem sepultaram o Ribeirão Ferro-Carvão e mais de 130 hectares da vegetação de Mata Atlântica, além de casas, sítios e plantações. Atingiram o Rio Paraopeba e avançaram 220 quilômetros, arrasando a fauna e a flora aquáticas. Uma adutora da Copasa, que fazia captação de água no rio para abastecer a Região Metropolitana de Belo Horizonte, precisou ser desativada devido à contaminação do rio.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Milhares de animais, domésticos e silvestres, foram vitimados. Alguns, encontrados presos na lama, ainda vivos, estavam muito machucados ou em situação de difícil resgate. Nos primeiros dias de fevereiro, uma equipe da Fundação SOS Mata Atlântica que analisou as águas do Rio Paraopeba entre a barragem rompida e o município de Pará de Minas, distante 90 quilômetros de Brumadinho, atestou a morte do rio até aquele ponto.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“... pelo menos 272 mortes (confirmadas ou presumidas), entre as quais dois nascituros. Poucas dezenas das vítimas localizadas estavam com seus corpos inteiros; muitas só puderam ser identificadas graças a exames de DNA. Em alguns casos, as famílias que tiveram o consolo de enterrar seus entes queridos puderam colocar nos caixões apenas um pé, uma mão ou pequenos pedaços disformes.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Ao se romper, a barragem B1 formou ondas gigantes de rejeito, que avançaram em direção a tudo que estava na mancha de inundação. As imagens captadas por câmeras instaladas no local mostraram o momento do rompimento, calculando-se que a velocidade da lama tenha alcançado cerca de 80 km/h, dada a expressiva saturação em água que a barragem e os rejeitos se encontravam, perdendo ritmo pouco a pouco, galgando as pequenas barragens B4 e B4A e alcançando o rio Paraopeba às 15h50’.” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“O rompimento causou a morte de 252 pessoas, além do desaparecimento de 1810, bem como danos ambientais que ainda não podem ser mensurados. Afetou a vida da comunidade e da região de forma irreversível.” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“Com o rompimento das três barragens (B-I, B-IV e B-IVA), no total, foram lançados no meio ambiente cerca de 13 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração contendo diversos metais pesados e substâncias químicas oriundas do processo minerário.” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“A onda de rejeitos atingiu, inicialmente, a área administrativa da companhia e parte da comunidade da Vila Ferteco. Sequencialmente, foram atingidos dezessete municípios ao longo da calha do rio Paraopeba: Brumadinho, Mário Campos, São Joaquim de Bicas, Betim, Igarapé, Juatuba, Esmeraldas, Florestal, Pará de Minas, São José de varginha, Fortuna de Minas, Pequi, Maravilhas, Paraopeba, Curvelo, Pompéu.” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“Sem embargo, os efeitos negativos e danos provocados repercutiram para além da área que recebeu rejeitos e da calha do rio, já tendo sido detectados impactos sociais e econômicos nos municípios que estão além da barragem de Retiro Baixo, como Felixlândia, e fora da calha do rio, como Caetanópolis, por exemplo.” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“Já no aspecto socioambiental, conforme levantamentos preliminares realizados pelos órgãos competentes e setores técnicos do MPMG, o rompimento das barragens em Brumadinho causou severos danos ao longo de toda a Bacia do Rio Paraopeba, de difícil reversão, com prejuízos incalculáveis aos recursos hídricos, à flora, à fauna, ao ar, ao solo, ao patrimônio cultural (material e imaterial) da Bacia do Rio Paraopeba, incluindo o município de Brumadinho...” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“Para além da questão dos danos ambientais – danos à biodiversidade aquática e terrestre, recursos hídricos e ar –, o crime causou problemas de saúde pública, uma vez que interferiu no abastecimento de água em pelo menos 21 municípios.” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“A análise realizada pelo Ibama, portanto, aponta que os rejeitos de mineração devastaram um total de 269,84 ha de vegetação nativa de Mata Atlântica ao longo de cursos d'água atingidos, especialmente no ribeirão Ferro Carvão, afluente do rio Paraopeba.” (Brasil, 2019a)</p>

5.5 ESTÁGIO 5: RESGATE E SALVAMENTO

O Quadro 7 mostra os extratos das referências que evidenciam a existência do quinto estágio de desenvolvimento do desastre na tragédia de Brumadinho. Turner e Pidgeon (1997) definem resgate salvamento como a situação imediata após o colapso, que é reconhecida em ajustes *ad hoc* (para um efeito ou finalidade definida) que permitem que o trabalho de resgate e salvamento seja iniciado.

Destacamos a seguir alguns exemplos dessas medidas. Como no relatório de Brasil (2019a) que destaca que “*Os resgates das vítimas e as buscas por sobreviventes iniciaram-se imediatamente*”.

De acordo com Brasil (2019d), também foram mobilizadas ambulâncias e tomadas providências para que houvessem leitos disponíveis para as vítimas. Além disso, foi criado um sistema de apoio às vítimas e seus familiares, como verificado nos trechos abaixo:

“Deslocaram-se para Brumadinho dezenas de ambulâncias dos municípios vizinhos, a Cruz Vermelha brasileira e serviços particulares de saúde. Criou-se um sistema de apoio às vítimas e seus familiares, que aguardavam a localização de seus entes queridos.”

“A rede da Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais (Fhemig) foi colocada de prontidão, com transferência imediata de pacientes do Hospital de Pronto Socorro João XXIII, de Belo Horizonte, referência em traumatismos, para disponibilizar vagas a possíveis sobreviventes.”

No entanto, também foi possível verificar falhas por parte da empresa responsável pela BI no tocante ao resgate e salvamento, como podemos ver no exemplo a seguir que fala do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) da Vale:

“No item 13.2, Recursos Materiais, é afirmado que os “materiais a serem utilizados nos atendimentos a emergências serão compostos de caminhão de bombeiros, ambulância, extintores de incêndio e outros equipamentos a serem definidos conforme o cenário” e que “cada unidade operacional deverá manter atualizados os inventários de equipamentos de atendimento a urgência e emergência”. Todavia nem essa relação de equipamentos a serem utilizados em caso de emergência na Mina, nem a sua localização, foi apresentada.” (Brasil, 2019b)

Quadro 7 - Estágio 5: Resgate e Salvamento

Estágio 5 Evidências
"No item 13.1, Recursos Humanos, é dito que a equipe de resposta a emergência será composta por no mínimo bombeiros, técnico de enfermagem, médico e brigadista voluntário (não obrigatório este último), ocorre que o documento não descreve a quantidade de cada um desses profissionais que irão compor a equipe e nem os nomes desses profissionais, assim como não são descritos seus procedimentos de operação em caso de emergência." (Brasil, 2019b)
"No item 13.2, Recursos Materiais, é afirmado que os "materiais a serem utilizados nos atendimentos a emergências serão compostos de caminhão de bombeiros, ambulância, extintores de incêndio e outros equipamentos a serem definidos conforme o cenário" e que "cada unidade operacional deverá manter atualizados os inventários de equipamentos de atendimento a urgência e emergência". Todavia nem essa relação de equipamentos a serem utilizados em caso de emergência na Mina, nem a sua localização, foi apresentada." (Brasil, 2019b)
"Outro ponto que deveria constar do Plano de Emergência da Mina, e que não foi demonstrado pela Vale, são os procedimentos de operação das brigadas de emergências para atuar em cada uma das situações de emergência identificadas na Mina." (Brasil, 2019b)
"Apesar do extraordinário esforço do Corpo de Bombeiros do Estado de Minas Gerais, até o presente momento dez dessas joias ainda não haviam sido encontradas." (Brasil, 2019d)
"Logo após o rompimento da barragem, foram mobilizadas as forças municipais, estaduais e nacionais de resgate, os Corpos de Bombeiros do Estado de Minas Gerais e de vários outros estados, órgãos municipais, estaduais e nacional de defesa civil e o Exército Brasileiro. A Vale S.A. também enviou funcionários para apoiar as equipes de resgate e os órgãos de segurança." (Brasil, 2019d)
"A rede da Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais (Fhemig) foi colocada de prontidão, com transferência imediata de pacientes do Hospital de Pronto Socorro João XXIII, de Belo Horizonte, referência em traumatismos, para disponibilizar vagas a possíveis sobreviventes." (Brasil, 2019d)
"Deslocaram-se para Brumadinho dezenas de ambulâncias dos municípios vizinhos, a Cruz Vermelha brasileira e serviços particulares de saúde. Criou-se um sistema de apoio às vítimas e seus familiares, que aguardavam a localização de seus entes queridos." (Brasil, 2019d)
"Os resgates das vítimas e as buscas por sobreviventes iniciaram-se imediatamente." (Brasil, 2019a)
"Logo após o rompimento da barragem, foram mobilizadas as forças municipais, estaduais e nacionais de resgate, os Corpos de Bombeiros do Estado de Minas Gerais e de vários outros estados, órgãos municipais, estaduais e nacional de defesa civil e o Exército Brasileiro. A Vale S.A. também enviou funcionários para apoiar as equipes de resgate e os órgãos de segurança." (Brasil, 2019d)
"Deslocaram-se para Brumadinho dezenas de ambulâncias dos municípios vizinhos, a Cruz Vermelha brasileira e serviços particulares de saúde. Criou-se um sistema de apoio às vítimas e seus familiares, que aguardavam a localização de seus entes queridos." (Brasil, 2019d)

5.6 ESTÁGIO 6: REAJUSTE CULTURAL TOTAL

No Quadro 8 demonstramos evidências do reajuste cultural total proposto por Turner e Pidgeon (1997). Neste estágio é realizada uma pesquisa de avaliação e as crenças e normas de precaução são ajustadas para se adequarem à nova compreensão do mundo. Ou seja, o que era entendido como culturalmente aceitável, já não é mais e necessita ser revisto e modificado.

Podemos destacar como exemplo da existência deste estágio no DB o veto à *construção, a manutenção e o funcionamento de instalações destinadas a atividades administrativas, de vivência, de saúde e de recreação localizadas nas áreas à jusante de barragem sujeitas à inundação em caso de rompimento, consideradas tais situações de risco grave e iminente e passíveis de interdição*. (Brasil, 2019b).

Ainda de acordo com Brasil (2019b) outras medidas foram tomadas após o rompimento da barragem de Brumadinho, caracterizando o estágio 6 de desenvolvimento dos desastres proposto por Turner e Pidgeon (1997), como exemplifica o extrato a seguir:

“Passou a ser proibida a utilização do método de construção ou alteamento de barragens de mineração denominado “a montante” em todo o território nacional. As atuais barragens a montante têm que ser descaracterizadas dentro de certos prazos estabelecidos pela ANM.”

O reajuste cultural total também pode ser evidenciado neste trecho: *“O impacto da tragédia de Brumadinho, pouco tempo depois do acidente de Mariana, levou os órgãos de fiscalização e a própria empresa a mudarem os procedimentos para garantir maior segurança à população que vive no entorno das barragens.”* (Brasil, 2019c)

Já no âmbito do Poder Legislativo, a Assembleia Legislativa do estado de Minas Gerais aprovou, menos de um mês após a catástrofe, a Lei 23.291 de 2019 que proíbe a construção de barragens de alteamento a montante e determina a adoção de tecnologias mais seguras (Brasil, 2019d).

Quadro 8 - Estágio 6: Reajuste cultural total

Estágio 6 - Evidências
"Passou a ser proibida a utilização do método de construção ou alteamento de barragens de mineração denominado "a montante" em todo o território nacional. As atuais barragens a montante têm que ser descaracterizadas dentro de certos prazos estabelecidos pela ANM." (Brasil, 2019b)
"Está vedada a construção, a manutenção e o funcionamento de instalações destinadas a atividades administrativas, de vivência, de saúde e de recreação localizadas nas áreas à jusante de barragem sujeitas à inundação em caso de rompimento, consideradas tais situações de risco grave e iminente e passíveis de interdição. As atuais precisam ser retiradas até 12/10/2019." (Brasil, 2019b)
"O fator de segurança para as análises de estabilidade e estudos de susceptibilidade à liquefação na condição não drenada agora deve ser calculado com base na ABNT NBR 13.028/2017, nas normas internacionais e nas boas práticas de engenharia, sendo vedada para as análises de estabilidade e estudos de susceptibilidade à liquefação na condição não drenada valores inferiores a 1,3 para resistência de pico. Na Portaria 70.389/2017 esse fator ficava a critério da empresa auditora. Além disso, os parâmetros de resistência devem ser obrigatoriamente definidos a partir da análise e interpretação de resultados de ensaios geotécnicos atualizados e representativos, conforme definido pelo projetista, realizados no próprio material constituinte do barramento e do reservatório." (Brasil, 2019b)
"Para casos em que o fator de segurança, nas condições drenada ou não drenada, esteja momentaneamente abaixo dos valores mínimos estabelecidos pela norma ABNT NBR 13.028/2017 e conforme descrito no caput, fica a barragem de mineração imediatamente interdita e o empreendedor obrigado a suspender o aporte operacional na barragem e a notificar a ANM por meio do SIGBM, bem como a implementar ações de controle e mitigação para garantir a segurança da estrutura e avaliar a necessidade de evacuação da área à jusante, até que o fator de segurança retorne aos valores mínimos." (Brasil, 2019b)
"Barragens com Dano Potencial Associado (DPA) alto devem ter monitoramento de instrumentação (piezômetros, medidor de nível d'água, inclinômetro, etc) em tempo real e integral até 15/12/2020. Antes, na 70.389/2017, era obrigatório apenas para as barragens com DPA alto, mas que também atingissem pessoas e que tivesse método construtivo a montante. Agora qualquer barragem com DPA alto precisa ter monitoramento automatizado e em tempo integral de seus instrumentos. Isso aumentou o número de barragens com este tipo de monitoramento." (Brasil, 2019b)
"Barragens com necessidade de ter Plano de Ação de Emergência (PAEBM) devem contar com sistemas automatizados de acionamento de sirenes instalados fora da mancha de inundação, além dos manuais já existentes." (Brasil, 2019b)
"Tornou-se obrigatória a apresentação de estudos para redução de aporte de água no reservatório." (Brasil, 2019b)
"Agora quem assina a Declaração de Condição de Estabilidade junto com o Responsável Técnico é a pessoa Física de maior autoridade na hierarquia da empresa. Antes, poderia ser qualquer representante legal da empresa." (Brasil, 2019b)
"A ANM passou a exigir estudos sísmicos para Barragens de Mineração, tendo por base a norma da ABNT NBR 13.028." (Brasil, 2019b)
"Se queremos evitar tragédia semelhante ou pior, tratemos, pois, nós, do Parlamento, de endurecer a legislação e cobrar de todos os envolvidos - no governo e nas empresas -responsabilidade." (Brasil, 2019c)
"O impacto da tragédia de Brumadinho, pouco tempo depois do acidente de Mariana, levou os órgãos de fiscalização e a própria empresa a mudarem os procedimentos para garantir maior segurança à população que vive no entorno das barragens." (Brasil, 2019c)
"...barragens construídas ou alteadas a montante, principalmente as mais antigas, devem ter um tratamento diferenciado e um monitoramento mais de perto até que sejam extintas. Tal situação demanda alterações e inovações infra legais para que a sociedade esteja salvaguardada." (Brasil, 2019c)
"A Agência também impôs às empresas responsáveis por barragens de mineração, independentemente do método utilizado em sua construção, a obrigação de atualizar seus planos de emergência e avaliar a necessidade de remover instalações administrativas que estejam nas áreas de influência das barragens." (Brasil, 2019c)
"A ANM proibiu construções na zona de autossalvamento de barragens de rejeitos de mineração e obrigou a instalação de sirenes de emergência à prova de falhas somente após a ocorrência do desastre de Brumadinho." (Brasil, 2019c)
"A ANM editou a Resolução nº 4, de 2019, que proibiu barragens de rejeitos alteadas a montante e estabeleceu prazo para o monitoramento permanente e automatizado das barragens com dano potencial alto, entre outras medidas." (Brasil, 2019c)
"O Senador Carlos Viana insistiu na pergunta sobre o que mudar hoje, e o depoente listou as seguintes propostas: proibir novas barragens alteadas a montante, descaracterizar as existentes, só permitir barragens de rejeitos (com outros métodos construtivos que não alteamento a montante) quando não houver outra forma de lidar com os rejeitos, retirar pessoas e atividades da zona de autossalvamento." (Brasil, 2019c)
"O Ministério Público de Minas Gerais propôs, já no dia primeiro de fevereiro, uma Ação Civil Pública, na qual postulam diversas medidas, entre as quais, a contratação de auditorias externas independentes para aferir a situação dessas barragens, além da atualização ou elaboração de estudos técnicos, como estudo de cenários de ruptura e planos de ações emergenciais das barragens." (Brasil, 2019c)
"O TCU, após Brumadinho, está fazendo uma auditoria de conformidade, para ver se a ANM desrespeitou a lei e se teve alguma responsabilidade na ocorrência do acidente." (Brasil, 2019c)
"Sobre as barragens, o Sr. Wilson Brumer destacou que os desastres da Samarco e da Vale, em Brumadinho, deixaram o setor em alerta, deixando lições que levaram ao início de um processo de troca de experiências nacionais e internacionais e à revisão de processos por parte das empresas, visando formas de melhorar a segurança operacional dessas estruturas." (Brasil, 2019c)

<p>“Ao longo de todo o ano de 2019, o Parlamento estadual elaborou e aprovou uma legislação mais rigorosa para licenciamento de mineradoras, apurou as causas do rompimento e estabeleceu medidas de amparo aos atingidos. Todas as comissões da Assembleia foram mobilizadas, promovendo visitas a Brumadinho e audiências públicas para apoiar a população e esclarecer as causas do rompimento.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Menos de um mês após a catástrofe, que causou tão desmedida consternação, a Assembleia já entregava aos mineiros o marco legal da Política Estadual de Segurança de Barragens, com a aprovação da Lei 23.291, que proíbe a construção de barragens de alteamento a montante e determina a adoção de tecnologias mais seguras.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Em 4 de fevereiro de 2019, foi noticiada uma sentença proferida pela 22ª Vara Cível da Comarca de Belo Horizonte em ação movida pelo Ministério Público do Estado de Minas Gerais. A decisão proibiu a Vale S.A. de lançar rejeitos ou praticar qualquer atividade que aumentasse os riscos em oito de suas barragens, entre as quais a Laranjeiras, da Mina do Brucutu, a maior do estado, localizada no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Em 7 de fevereiro, a Barragem Sul Superior do Complexo da Mina Gongo Soco, em Barão de Cocais, também pertencente à Vale S.A., e uma estrutura da Arcelor Mittal Mineração, localizada no município de Itatiaiuçu, tiveram seu nível de alerta aumentado. Nesse mesmo dia, a Justiça determinou a suspensão das atividades da mineradora Itaminas, no município de Sarzedo, devido a alteamento irregular e ausência de monitoramento adequado da sua Barragem 4.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Em 12 de março, o MPMG expediu recomendação para que a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) providenciasse a retirada de 2 mil moradores das residências próximas à Barragem Casa de Pedra, localizada no município de Congonhas, cinco vezes maior do que a de Brumadinho... (Em 15 de fevereiro, a prefeitura municipal já havia determinado o remanejamento de 250 crianças matriculadas em uma creche e em uma escola situadas a cerca de 200 metros da Casa de Pedra).” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Em meados de março, cerca de mil pessoas haviam sido retiradas de suas casas devido ao rompimento da barragem de Brumadinho ou de protocolos de segurança relacionados a barragens em alerta, em cinco diferentes municípios.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“No dia 20, outras cinco barragens da Vale S.A. entraram em alerta: uma da Mina Vargem Grande, também em Nova Lima, e outras quatro em Ouro Preto (Forquilha I, Forquilha II, Forquilha III e Grupo).” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Em abril, a Justiça determinou que a Vale S.A. comprovasse a regularidade e a segurança de barragens dos complexos Conceição e Mina do Meio, em Itabira. A decisão atendeu a um pedido liminar do MPMG, que alegou que o rompimento da barragem de Brumadinho pôs em dúvida a credibilidade dos laudos técnicos fornecidos pelas auditorias e do cumprimento das determinações ambientais estabelecidas pelo Estado.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Em 12 de agosto, uma ordem judicial determinou a retirada de 20 moradores da comunidade do Quéias, em Brumadinho, por falta de estudo atualizado que atestasse a estabilidade de uma barragem de rejeitos pertencente à empresa Emicon, abandonada há mais de 10 anos.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“O segundo projeto foi transformado na Lei nº 23.291, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens (Pesb), em 25 de fevereiro de 2019. Implementada de modo articulado com a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e com as Políticas Nacional e Estadual de Meio Ambiente e de Proteção e Defesa Civil, a Pesb trata de licenciamento e fiscalização ambiental de barragens de forma rigorosa e pormenorizada, determinando o que deve ser feito em cada um desses processos e quando eles devem acontecer.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Entre muitas disposições relevantes, a Pesb vedou a concessão de licença ambiental para operação ou ampliação de barragens de rejeitos industriais ou de mineração construídas pelo método de alteamento a montante; estabeleceu um prazo de três anos para que as barragens a montante inativas fossem descaracterizadas; e instituiu uma caução financeira para garantir a recuperação socioambiental em casos de acidentes ou desativação das barragens.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Além disso, a Pesb estabeleceu que a construção, a instalação, o funcionamento, a ampliação e o alteamento de barragens no estado dependem de prévio licenciamento ambiental, na modalidade trifásica, que compreende a apresentação preliminar de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (Rima) e as etapas sucessivas de Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO), vedada a emissão de licenças concomitantes, provisórias, corretivas e ad referendum. E proibiu a concessão de licenças para barragens em cujos estudos de cenários de ruptura haja comunidades na zona de autossalvamento.” (Brasil, 2019d)</p>
<p>“Imediatamente após a notícia do desastre provocado pelo rompimento da barragem B1 na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho, as Casas Legislativas dos Entes da Federação envolvidos se mobilizaram para apurar as causas e os efeitos da tragédia e seus responsáveis, bem como para analisar e propor alterações na legislação vigente acerca de segurança de barragens e temas correlatos.” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“Na Câmara dos Deputados, foi criada, constituída e instalada, em 5/2/2019, a Comissão Externa do Desastre de Brumadinho (CexBruma), destinada a “fazer o acompanhamento e fiscalizar as barragens existentes no Brasil, em especial, acompanhar as investigações relacionadas ao rompimento em Brumadinho/MG.” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“No Senado Federal, foi criada, em março/2019, a Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) de Brumadinho e outras Barragens, destinada a “apurar as causas do rompimento da barragem na Mina Córrego do Feijão, da empresa de mineração Vale, em Brumadinho; tendo como objetivo identificar os responsáveis, quais foram as falhas dos órgãos competentes, os autores dos laudos técnicos e adoção das providências cabíveis para evitar novos acidentes.” (Brasil, 2019a)</p>
<p>“Além dos subsídios iniciais a esta CPIBruma, a contribuição mais importante dada pela CexBruma foi a elaboração de nove proposições legislativas, sendo seis projetos de lei, dois projetos de lei complementar e uma proposta de emenda à Constituição.” (Brasil, 2019a)</p>

“Recomendações da CPI da Câmara dos Deputados Federal: 1 - que os órgãos fiscalizadores tenham acesso aos dados de monitoramento das barragens de rejeito de maneira direta e sem filtros, sem a intermediação das empresas interessadas, por meio de instrumentação automatizada e telemétrica, de forma tal que, caso seja imperioso, mediante o poder de polícia estatal, uma situação emergencial possa ser instaurada por iniciativa do poder público competente sem interferência da empresa; 2 - que as pessoas responsáveis pelo acionamento do PAEBM sejam aquelas que trabalhem diretamente com a estrutura e no local dela, bem como que esse acionamento seja rápido e sem burocracia; 3 - que sejam aprovadas por este Congresso Nacional as proposições legislativas dos membros da Comissão Externa do Desastre de Brumadinho (CexBruma), com o objetivo de melhorar a implementação de ações relativas ao PAEBM.” (Brasil, 2019a)

“Com o rompimento da barragem B1, a ANM tomou a decisão de emitir a Resolução nº 4, de 15 de fevereiro de 2019, determinando a descaracterização de barragens que usassem essa técnica de alteamento. No art. 8º, inciso III, obrigava o empreendedor a “até 15 de agosto de 2021, concluir o descomissionamento ou a descaracterização da barragem”. Para tal, determinava a apresentação de projeto técnico correspondente até 15/8/2019.” (Brasil, 2019a)

“Finalmente, a ANM expediu a Resolução nº 13, de 8 de agosto de 2019, que “estabelece medidas regulatórias objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado ‘a montante’ ou por método declarado como desconhecido e dá outras providências.” (Brasil, 2019a)

“COMITÊ GESTOR PRÓ-BRUMADINHO: De iniciativa do Governo de Minas Gerais, o Comitê Gestor Pró-Brumadinho é responsável por coordenar ações governamentais para a recuperação socioeconômica e socioambiental de Brumadinho e dos municípios da Bacia do Rio Paraopeba, afetados pelo rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão. O Comitê é um canal oficial com o objetivo de oferecer transparência às atividades governamentais e ser um facilitador para a comunicação com os atores envolvidos.” (Brasil, 2019a)

A partir do instrumento de extração de dados, Quadros 3 a 8, conseguimos constatar a existência de cada um dos seis estágios de desenvolvimento do desastre propostos por Turner e Pidgeon (1997) no rompimento da barragem I da Mina do Córrego do Feijão de propriedade da Companhia Vale.

Durante a extração dos dados foi possível verificar que não ocorreram divergências de informações entre os documentos tomados como base para esse estudo. Conforme constatado nos Quadros 3 a 8, foram encontrados diversos trechos que constatavam o estágio de desenvolvimento do desastre em análise.

No Capítulo 6 serão discutidos esses achados à luz da teoria dos autores tomados como referência para essa pesquisa.

Capítulo 6

6. DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta a discussão dos resultados encontrados e dispostos no Capítulo 5. Além disso, será discutido como a cultura organizacional presente na Vale contribuiu para a ocorrência do desastre.

6.1 BREVE DESCRIÇÃO DO DESASTRE

Em 25 de janeiro de 2019, às 12h 28min, a barragem de rejeitos da Mina do Córrego do Feijão, explorada pela companhia Vale S.A., rompeu ocasionando o maior desastre de mineração do Brasil (Oliveira e Oliveira, 2019).

Esse desastre é considerado como o maior acidente de trabalho do Brasil, pois, além das dezenas de feridos, causou a morte de centenas de trabalhadores da empresa e terceiros, e também de pessoas que se encontravam na área do alagamento provocado pelos rejeitos. Também é considerado como um desastre de escala mundial, devido aos impactos sociais e ambientais que causou (Brasil, 2019b).

A enxurrada de lama originada pelo rompimento espalhou-se pela região a jusante da barragem, tendo sido registrado um total de 665 (seiscentos e sessenta e cinco) vítimas, das quais 395 (trezentos e noventa e cinco) foram localizadas com vida, e 270 (duzentos e setenta) foram fatais (CIAEA, 2020). Após cinco anos do desastre, três das 270 vítimas fatais continuavam desaparecidas (Agência Brasil, 2024).

Em análise realizada pelo Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais (Cenima) do Ibama, verificou-se que os rejeitos de mineração devastaram 133,27 hectares de vegetação nativa de Mata Atlântica e 70,65 hectares de Áreas de Preservação Permanente (APP) ao longo de cursos d'água afetados pelos rejeitos de mineração (Ibama, 2019).

Devido a grande quantidade de rejeitos e a velocidade com que eles foram liberados, a lama destruiu grande parte da vegetação local e causou a morte de diversas espécies de animais. Vale salientar que a região abrigava uma grande área remanescente de Mata Atlântica, um bioma com grande biodiversidade (Mundo educação, 2019).

Portanto, houve uma enorme perda. De acordo com o Instituto Estadual de Florestas (IEF), Minas Gerais, a área da vegetação impactada representa 147,38 hectares (Mundo educação, 2019).

Além disso, a água ao longo de 305 km do rio Paraopeba apresentou níveis de oxigênio, turbidez e PH totalmente fora dos padrões permitidos para consumo. Foi detectada a presença de óxido de ferro, manganês, cobre e cromo oriundos dos rejeitos da barragem da Vale. As amostras de água foram coletadas em 22 pontos entre 31 de janeiro e 9 de fevereiro de 2019 (Agência Câmara de Notícias, 2019).

De acordo com a coordenadora da Expedição Paraopeba, Malu Ribeiro, o impacto da contaminação sobre a fauna, a flora e o abastecimento de água dos 21 municípios visitados ao longo do rio é muito grande. Ela afirma que “esse trecho todo está sem condição de vida: água completamente comprometida, com qualidade variando de péssima a ruim, portanto, impossível de ser utilizada para usos múltiplos” (Agência Câmara de Notícias, 2019).

6.2 O DESENVOLVIMENTO DO DESASTRE

O estágio 1, pontos de partida idealmente normais, ficou demonstrado, pois não só os empregados da Vale, como também a população vizinha à companhia, acreditavam nos padrões de segurança da empresa e na solidez da barragem de rejeitos BI. Em outras palavras, também pode-se dizer que isso significa que existia na empresa uma crença geral de que a segurança era bem cuidada (Hyungju; Stein and Bouwer, 2016).

Essa crença fez com que determinadas situações e/ou acontecimentos não fossem questionados ou que fossem encarados como normais pelos indivíduos envolvidos, como o fato descrito em Brasil (2019b), em que o técnico responsável pelo equipamento de leitura das oscilações na BI foi orientado a ignorar leituras que não estivessem condizentes com o histórico.

Ainda seguindo essa linha da crença nas condições de segurança da BI, constatou-se, também em Brasil (2019b), que uma Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) foi emitida condicionada à não ocorrência de situações (algumas delas não controláveis, diga-se de passagem) que pudessem provocar um gatilho.

Vale ressaltar também que apesar das recomendações para realização de estudos de liquefação feitas pela empresa de consultoria Pimenta de Ávila em 2010 e em 2013, tais estudos só foram realizados em 2014 (CIAEA, 2020).

Além disso, esse estudo foi feito a partir da reinterpretação de uma investigação de 2005 e não por meio de novos ensaios. Como resultado, foi apontada a suscetibilidade do rejeito da

BI a liquefação, com a ressalva de que a probabilidade de ocorrência de gatilho seria remota (CIAEA, 2020).

O cenário descrito nos parágrafos anteriores, mostra também como o ambiente institucional influencia na forma como os problemas são tratados. É possível verificar que haviam problemas, sinais, mas estes estavam sendo deliberadamente ignorados pela alta gestão da Vale.

Mas por que os sinais emitidos foram ignorados pela empresa? Esta pergunta não tem uma resposta direta. Porém, segundo Hopkins (1999) uma resposta está na “cultura da negação”, um elaborado conjunto de crenças que leva a acreditar que o “desastre não acontecerá aqui”.

Esta cultura existia na Vale antes do desastre, como evidenciado Capítulo 5, pois foi possível verificar dois dos três principais pontos da teoria de Hopkins (1999) nos trechos extraídos dos documentos avaliados, quais sejam:

- a hierarquia do conhecimento, ou seja, a experiência pessoal dos tomadores de decisão sobrepõe os fatos relatados verbalmente ou através de relatórios (conforme o relato citado extraído de Brasil (2019b));
- a tendência de descontar evidências indesejadas, ou seja, novas evidências parecem confiáveis e informativas se forem consistentes com as crenças iniciais, evidências contrárias tendem a ser descartadas como não confiáveis, errôneas ou não representativas (negação). Também de acordo com o trecho extraído de Brasil (2019b).

Nesse contexto, o período de incubação, estágio 2, foi sendo delineado. A incubação de um desastre pode variar de dias, podendo durar até anos, antes de alcançar o próximo estágio de desenvolvimento, evento precipitante.

No caso do DB, o segundo estágio durou vários anos, pois evidências indicam que a incubação iniciou com a aquisição da Mina Córrego do Feijão pela Vale em 2001, pois havia dúvidas por parte dos auditores e da própria Vale com relação a existência ou não de dreno de fundo no dique de partida da BI, conforme relatado em Brasil (2019a).

Além disso, verificou-se em Brasil (2019a, 2019b, 2019d) que mesmo depois de mais de 17 anos de aquisição da Mina pela Vale, a empresa ainda não conhecia por completo a fundação na qual se apoiava o dique inicial da BI.

Somente em 22/01/2019, três dias antes do rompimento da barragem, a empresa de consultoria TÜV SÜD apontou, baseado em ensaios de campo realizados em 2018, nova

caracterização para os solos da fundação da barragem, bem diferente daquela até então utilizada pelas empresas que calculavam o fator de segurança de estabilidade da BI (Brasil, 2019b), ou seja, os fatores de segurança estavam sendo calculados baseados em premissas equivocadas.

Trata-se de uma situação crítica, pois uma barragem de rejeitos é uma estrutura de alto risco inerente e, desta forma, seus mantenedores necessitam ter profundo conhecimento de sua estrutura, além de manter uma rigorosa monitoração de sua condição de segurança.

Além do profundo conhecimento da constituição da barragem, outro fator importante é o controle da água em seu interior, pois o acúmulo de água no barramento contribui para o seu colapso.

Nesse contexto, as premissas sobre a linha freática da BI utilizadas no memorial de cálculo, escrito em Alemão pelo elaborador do projeto Christoph Erb em 1975, não foram confirmadas em estudos de campo posteriores, que mostraram que a linha freática que passava pela seção 4-4 da BI chegou a aproximadamente $\frac{1}{4}$ da altura deste dique, que tinha 18 m de altura, conforme relatado também em Brasil (2019b).

A presença de água dentro do barramento é um problema crítico. Porém, não foi tratada com a reponsabilidade devida, pois como verificado em relatos do CIAEA (2020) pelo menos desde 1995, já existiam registros de problemas de drenagem interna que resultavam em alto nível freático na barragem. Também foram encontradas evidências de mau funcionamento do sistema de drenagem interna existente nos alteamentos.

Na tentativa de rebaixar o nível de água dentro da BI, a Vale optou pela instalação de Drenos Horizontais Profundos (DHP), porém, esta não foi a decisão mais acertada tomada pela empresa, pois durante a instalação do 15º DHP ocorreu um fraturamento hidráulico que causou um sério risco à barragem (Brasil, 2019c).

Somado a isso, dos 56 medidores de vazão que se encontravam instalados na BI, somente 12 apresentavam vazão em 2018. Além disso, contribuíram para a condição de saturação o modo de disposição dos rejeitos, os aportes dos córregos e nascentes na área do reservatório e a infiltração de águas superficiais e subterrâneas (CIAEA,2020).

Assim, conforme constatado em Brasil (2019a), foram verificados erros desde o projeto da BI, quais sejam: local inadequado, em região montanhosa, para uma barragem destinada à contenção de finos de sinterização (*sinter feed*), que absorvem água rapidamente, mas a liberam lentamente, tendendo a ficar saturados e mais suscetíveis a liquefação; método construtivo a montante, inadequado para barragens de rejeito em vale; declividade alta nos taludes, aumentando a poropressão contra a base da estrutura etc. (Brasil, 2019a)

Acrescenta-se a isso, o fato de as instalações administrativas como refeitório, ambulatório além de estruturas como o terminal ferroviário de carga e instalações de tratamento de minério estarem situadas a jusante da barragem (Brasil 2019a, 2019b, 2019c e 2019d).

Tal fato, que salta aos olhos de qualquer pessoa, foi negligenciado pela Vale, pois, conforme relato de Brasil (2019a), nos 17 anos seguintes à aquisição da Mina, a Vale, simplesmente, não se preocupou em relocar tais estruturas para sítio mais seguro, mesmo com seguidos indícios de que a saúde da barragem BI não ia bem.

Existiam diversos indícios da saúde precária da BI, quais sejam a precária conservação do sistema extravasor, responsável pela drenagem interna do barramento (Brasil, 2019b), além da precariedade das estruturas do sistema de drenagem da BI, tais como canaletas superficiais para fluxo de água da barragem obstruídas ou erodidas, e problemas no sistema de bombeamento da água do reservatório da BI, pelo menos, entre dezembro de 2018 e janeiro de 2019 (CIAEA,2020).

Por que a Vale falhou em agir para sanar todos esses indícios de falta de segurança na BI? Turner e Pidgeon (1997) respondem a este questionamento quando enfatizam que, quase sempre existe alguém em uma organização que sabe algo sobre perigos iminentes, mas a organização falha em agir sobre o perigo por falta de fluxo de informações. A qualidade do fluxo de informações é, portanto, significativamente importante para controlar os riscos e evitar desastres.

A falta de qualidade do fluxo de informações imperou dentro da Vale e foi constatada em diversos trechos dos documentos utilizados como base neste estudo. Como exemplo, destacamos o episódio do fraturamento hidráulico quando da instalação dos DHP (Brasil, 2019b e 2019c), em que os gerentes regionais da Vale tiveram conhecimento do ocorrido, mas nenhuma outra ação foi tomada para resolver o problema.

Além disso, conforme relatado em Brasil (2019c), uma série de descuidos e negligências, que normalmente permanecem escondidos em relatórios incompreensíveis a um leigo, vieram à tona depois da tragédia. A cadeia de comando e o fluxo de informações, por mais que tenha havido a tentativa de apresentá-las como falhas, cumpriram o seu papel: a gerência e a diretoria da Vale sabiam dos riscos e decidiram assumi-los.

O fato constatado e relatado no parágrafo anterior, evidencia ao mesmo tempo os dois primeiros estágios de desenvolvimento do desastre propostos por Turner e Pidgeon (1997). Quando diz que descuidos e negligências vieram à tona após a tragédia, marca o período de incubação. Quando fala da decisão da assunção de riscos da gerência e diretoria da Vale, retrata a crença cega nas condições de segurança e estabilidade da BI.

O evento precipitante, estágio 3, é caracterizado por chamar a atenção para si, transformando as percepções gerais do período de incubação, ou seja, os sinais que foram sendo ignorados ao longo do tempo, porque eram considerados como normais, culminam com o rompimento da BI, ocorrência do desastre.

Como é o caso da presença de água dentro do barramento que resultou no rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho, como verificado em CIAEA (2020) que relata que a lama oriunda dos rejeitos da BI fluiu em alta velocidade como um líquido viscoso ao longo do vale a jusante do ribeirão Ferro-Carvão, confirmando, desta forma, a hipótese de liquefação.

Os sinais ignorados pelos diretores e gestores da Vale tornaram-se aparentes com o rompimento da barragem, principalmente porque o que ocasionou o desastre não foi uma ação imprevisível como forças da natureza (terremotos, furacões, inundações etc.), mas sim porque os critérios supostamente técnicos da TÜV SÜD (empresa responsável pela emissão do atestado de estabilidade para a BI antes do rompimento) estavam errados, haja vista que a barragem se rompeu (Brasil, 2019c).

Além dos critérios de segurança que foram ignorados a fim de permitir a emissão do atestado de estabilidade para a BI, outro sinal ignorado e que espantou a todos, a presença das áreas administrativas da empresa na rota da enxurrada de lama, se tornou aparente após o rompimento da BI.

Este é um outro exemplo de modificação das crenças que eram encaradas como corretas e que mostraram não ser, após a ocorrência do desastre, como comprovado em Brasil (2019a), que destaca que centenas de empregados próprios e terceiros da Vale almoçavam no refeitório ou descansavam nas proximidades completamente alheios ao perigo que os cercava quando a BI rompeu.

A presença do estágio 3 é a mais evidente, pois trata do evento propriamente dito. No caso em estudo, o rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão. Serão discutidas agora as consequências deste desastre, ou seja, o estágio 4.

O DB foi considerado como o maior acidente de trabalho ocorrido no Brasil, devido a quantidade absurda de pessoas afetadas, dentre empregados próprios e terceiros da Vale, além de pessoas que residiam nas vizinhanças da mineradora e turistas hospedados em pousada da região.

Foi registrado um total de 665 vítimas, das quais 395 foram localizadas com vida, e 270 foram fatais (CIAEA, 2020). Após cinco anos do desastre, três das 270 vítimas fatais continuavam desaparecidas (Agência Brasil, 2024).

Fato ainda mais chocante foi a forma como essas vítimas foram encontradas, devido a força e velocidade das ondas de rejeito. De acordo com Brasil (2019b), calcula-se que a velocidade da lama alcançou 80 km/h, fato que mais uma vez confirma a hipótese de liquefação.

Arbex (2022) relata que a partir do início das buscas até a data de publicação do seu livro, 950 segmentos corpóreos foram identificados e que houve casos de os bombeiros encontrarem 15 partes de uma mesma vítima.

A autora relata ainda que 200 fragmentos de restos mortais ainda são mantidos nos frigoríficos do IML, pois os parentes dos mortos se recusam a enterrar apenas partes de seus entes queridos. Ou seja, há ainda um outro aspecto desta tragédia, o luto sem fim dos familiares das vítimas.

Além das terríveis e devastadoras consequências humanas relatadas nos parágrafos anteriores, o DB também gerou diversas consequências socioeconômico-ambientais.

Ocorreu impacto no fornecimento de água para as populações indígenas, já que a pluma de rejeitos alcançou o rio Paraopeba, além da perda de produção das propriedades rurais vizinhas à Mina e a interrupção da pesca conforme relatos de Brasil (2019b).

Houve também a perda de 133,27 hectares de Mata Atlântica, além dos milhares de animais domésticos e silvestres que foram vitimados. Soma-se a isso os danos à biodiversidade aquática e terrestre, recursos hídricos e ar, e os problemas causados à saúde pública uma vez que interferiu no abastecimento de água em pelo menos 21 municípios (Brasil, 2019a, 2019c e 2019d).

Estes impactos trouxeram abalos psicológicos para os sobreviventes, pois além de terem que lidar com a perda de entes queridos e amigos, ocorreu também a perda de seus lares, objetos pessoais e a alteração abrupta da organização social e dos modos de viver e trabalhar historicamente constituídos nos territórios, que causaram efeitos sobre a saúde de acordo com estudo de Freitas et al. (2019).

Assim como o estágio 3, o estágio 4 também é relativamente simples de ser identificado, pois trata-se dos danos decorrentes do desastre. A seguir, o estágio 5 será discutido.

Devido ao número assustador de vítimas do DB, a operação de resgate e salvamento mobilizou forças municipais, estaduais e nacionais de resgate, os Corpos de Bombeiros do Estado de Minas Gerais e de vários outros estados, órgãos municipais, estaduais e nacional de defesa civil e o Exército Brasileiro. A Vale também enviou funcionários para apoiar as equipes de resgate e os órgãos de segurança.

De acordo com Brasil (2019a), o resgate às vítimas iniciou-se imediatamente. Deslocaram-se para Brumadinho dezenas de ambulâncias dos municípios vizinhos, a Cruz

Vermelha brasileira e serviços particulares de saúde. Um sistema de apoio às vítimas e seus familiares foi criado (Brasil, 2019d).

Também foram tomadas providências para que houvesse leitos disponíveis para as vítimas, a rede da Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais (Fhemig) foi colocada de prontidão, com transferência imediata de pacientes do Hospital de Pronto Socorro João XXIII, de Belo Horizonte, referência em traumatismos, para disponibilizar vagas a possíveis sobreviventes.

Verificou-se nos parágrafos anteriores a mobilização das entidades de resgate e salvamento do país para encontrar sobreviventes ou para devolver os corpos das vítimas aos seus familiares. No entanto, em um comunicado da Vale para a imprensa verifica-se como se deu esse estágio no desenvolvimento do DB.

Nesse comunicado a empresa informou que “acionou o Corpo de Bombeiros e ativou o seu Plano de Atendimento a Emergências para Barragens (PAEBM).” Porém, o PAEBM acionado pela Vale mostrou-se falho, como aponta o relatório de Brasil (2019b).

De acordo com este relatório não constam “os procedimentos de operação das brigadas de emergências para atuar em cada uma das situações de emergência identificadas na Mina.”

Outra falha no PAEBM explicitado em Brasil (2019b) é que o documento não estabelece a quantidade de bombeiros, técnicos de enfermagem, médicos e brigadistas voluntários que compõem a equipe de emergência, além de não relacionar os nomes desses profissionais.

Além disso, esse relatório destaca ainda que nem a relação de equipamentos a serem utilizados em caso de emergência na Mina, nem a sua localização, foi apresentada no PAEBM.

Outras fontes estudadas também apontam falhas da Vale no resgate e salvamento das vítimas (estágio 5), desta vez relacionadas à comunicação com os órgãos governamentais. Por exemplo, segundo Oliveira e Oliveira (2019) eram “...notórios e frequentes desencontros entre a empresa, as autoridades e a Defesa Civil.”

Essa situação fez com que centenas de voluntários que se ofereciam para ajudar fossem secamente dispensados. Além disso, havia muitos desencontros entre esses órgãos, pois em “muitos momentos, o comando das operações ora se apresentava concentrado nos bombeiros, ora na Polícia Militar, ora se apresentava pulverizado entre a Defesa Civil do Estado e do Município, enquanto a Vale pouco aparecia nesse cenário.” (Oliveira e Oliveira, 2019)

Desta forma, ficou claro que os ajustes *ad hoc* que permitem que o trabalho de resgate e salvamento seja iniciado, de acordo com a definição do estágio 5, não estavam tão claros para a Vale, que levou algum tempo para se ajustar diante do cenário do desastre.

Vale ressaltar também que as sirenes que seriam responsáveis por avisar a comunidade vizinha sobre o rompimento da barragem não foram acionadas, pois foram engolidas pela avalanche de lama. Mais risco ignorado pela empresa e que levou morte de várias pessoas.

Ficou constatada a existência do estágio 5 no DB, porém, mais pela atuação de entidades e órgãos governamentais do que pela própria atuação da empresa que se mostrou despreparada para atuar no resgate e salvamento das vítimas, apesar de o desastre ter ocorrido conforme previsto nos Mapas de Inundação traçados pela Vale no PAEBM aprovado nove meses antes do rompimento (Arbex, 2022).

Constatou-se novamente a cegueira ao risco, pois de acordo com o estudo de *dam break* (ruptura hipotética) realizado pela Vale, o tempo de chegada da inundação em estruturas que estivessem a menos de 2 quilômetros da barragem seria de 1 minuto.

Cabe ressaltar que os escritórios da mineradora ficavam a 1.371 metros de distância da barragem, ou seja, os gestores da empresa sabiam que não haveria tempo para salvamento, mas resolveram ignorar este fato e assumir o risco de manter as instalações administrativas na rota da lama, supondo que a barragem era segura.

Após todas as consequências desastrosas ocasionadas pelo DB, um reajuste cultural é de fato esperado por todos e foi possível constatar diversas mudanças na legislação brasileira com relação a segurança de barragens, provando a existência do estágio 6 no DB.

A construção de barragens de rejeito pelo método a montante passou a ser proibida em todo território nacional. Além disso, as barragens existentes construídas com este tipo de método de alteamento passaram a ter prazo estabelecido pela Agência Nacional de Mineração (ANM) para serem descaracterizadas (Brasil, 2019a, 2019b, 2019c).

Este método de construção de barragem de rejeitos já era tido como o mais perigoso pela comunidade científica mundial, pois é utilizado como material de construção o rejeito de mineração, ficando o dique de alteamento apoiado sobre o próprio rejeito já disposto (Botelho, 2023). Porém, é o método de construção mais barato e, como não havia legislação que impedisse a sua construção, era o mais utilizado.

De acordo com Dos Santos, Brito e Moreira (2022), por muito tempo, a Vale utilizou-se de alteamento a montante com o intuito de garantir menor custo, maior disponibilidade de material e facilidade construtiva. Vemos mais uma vez a redução de custos se sobrepondo à segurança.

Ocorreram medidas também com relação ao fator de segurança (FS). O FS para as análises de estabilidade e estudos de susceptibilidade à liquefação na condição não drenada passará a ser calculado com base na ABNT NBR 13.028/2017, nas normas internacionais e nas

boas práticas de engenharia, sendo vedada para as análises de estabilidade e estudos de susceptibilidade à liquefação na condição não drenada valores inferiores a 1,3 para resistência de pico (Brasil, 2019b).

Esta medida impedirá equívocos que possam ser gerados com a utilização de artigos científicos como referência para definição do FS e da emissão de Laudo de Estabilidade para as barragens, como o que ocorreu com a empresa Tuv Sud, ao emitir um Laudo de Estabilidade para a BI com um novo valor mínimo de FS de 1,05 (Brasil, 2019b).

Outro fator importante é que os parâmetros de resistência devem ser obrigatoriamente definidos a partir da análise e interpretação de resultados de ensaios geotécnicos atualizados e representativos, conforme definido pelo projetista, realizados no próprio material constituinte do barramento e do reservatório (Brasil, 2019b).

Tal exigência impedirá a utilização de dados de ensaios geotécnicos já realizados nestes cálculos, como constatado em Brasil (2019b), e forçará a realização de novos experimentos mais condizentes com a realidade e com as condições atuais do barramento.

Além disso, foi vedada a construção, a manutenção e o funcionamento de instalações destinadas a atividades administrativas, de vivência, de saúde e de recreação localizadas nas áreas à jusante de barragem sujeitas à inundação em caso de rompimento, consideradas tais situações de risco grave e iminente e passíveis de interdição (Brasil, 2019b).

A medida relacionada às áreas de vivência e administrativas das mineradoras também foi inserida na Norma Regulamentadora 22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração (itens 22.6.1.1, 22.6.1.1.1, 22.6.1.1.2 e 22.6.1.1.3).

A ANM proibiu construções na zona de autossalvamento de barragens de rejeitos de mineração e obrigou a instalação de sirenes de emergência à prova de falhas somente após a ocorrência do desastre de Brumadinho (Brasil, 2019c)

Os vetos relatados nos parágrafos anteriores, deixam clara a mudança na crença anteriormente aceita de que somente o fator de segurança dentro do preconizado e a obtenção do atestado de estabilidade eram suficientes para garantir que as estruturas à jusante da barragem não estavam em situação de risco.

Ocorreram medidas também relacionadas ao Plano de Ação de Emergência de Barragens de Mineração (PAEBM). A Agência Nacional de Mineração (ANM) adotou novas medidas após o desastre. Como por exemplo, obrigou as empresas responsáveis por barragens de mineração, independentemente do método utilizado em sua construção, a atualizarem seus PAEBM e avaliarem a necessidade de remoção das instalações administrativas que estejam nas áreas de influência das barragens (Brasil, 2019c).

Medidas também foram tomadas no sentido de remanejar pessoas de comunidades vizinhas a barragens de rejeito, como a recomendação do Ministério Público de Minas Gerais (MPMG) para que a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) providenciasse a retirada de dois mil moradores das residências próximas à Barragem Casa de Pedra, localizada no município de Congonhas/MG. Esta barragem é cinco vezes maior que a Barragem de Brumadinho (Brasil, 2019d).

Na esteira dessas medidas, uma ordem judicial determinou a retirada de 20 moradores da comunidade de Quéias, em Brumadinho, por falta de estudo atualizado que atestasse a estabilidade de uma barragem de rejeitos pertencente à empresa Emicon, abandonada há mais de dez anos (Brasil, 2019d).

Essas últimas medidas corroboram a presença do estágio 6 no desastre em estudo, já que não ocorreu um remanejamento da comunidade vizinha à BI que ficava na rota de inundação, pois havia a crença sobre a segurança da barragem BI. Mostrando assim a ocorrência de um reajuste cultural total (estágio 6) após o DB.

Ainda no campo do reajuste cultural total, que caracteriza o estágio 6, foram constituídas comissões que objetivaram não só apurar as causas do desastre, mas também a acompanharem e fiscalizarem a barragens existentes no Brasil.

Assim, no âmbito da Câmara dos Deputados, foi criada, constituída e instalada a Comissão Externa do Desastre de Brumadinho (CexBruma). A CexBruma tem o objetivo de acompanhar e fiscalizar as barragens existentes no Brasil, além de acompanhar as investigações relacionadas ao desastre de Brumadinho.

Outra comissão foi criada no âmbito do Senado Federal, a Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) de Brumadinho e outras Barragens, com o objetivo de apurar as causas do rompimento da barragem na Mina Córrego do Feijão, da empresa de mineração Vale, em Brumadinho, para identificar os responsáveis, quais foram as falhas dos órgãos competentes, os autores dos laudos técnicos e adoção das providências cabíveis para evitar novos acidentes.

Verifica-se, desta forma, a presença do estágio 6, após o rompimento da Barragem de Brumadinho, por meio das diversas medidas que foram tomadas após o desastre. Todas elas ajustando as crenças e normas de precaução que vinham sendo aceitas por muitos anos, conforme definição de reajuste cultural total (estágio 6) proposto por Turner e Pidgeon (1997).

6.3 USO DA TEORIA DOS DESASTRES PROVOCADOS PELO HOMEM

Le Coze (2013) questiona se as “velhas” teorias estão atualizadas para capturar os desastres ocorridos atualmente. No entanto, no caso específico do DB, a Teoria dos Desastres Provocados pelo Homem conseguiu capturar a sua evolução, a cultura da empresa pré-desastre, com sua dificuldade de fluxo de informações, com sua cultura de silos e com o controle de custos prevalecendo sobre a segurança.

Foi possível identificar também o período de incubação desde o seu início com a aquisição da Mina do Córrego do Feijão pela Vale, além do pós-desastre com todas as mudanças ocorridas na legislação de segurança de barragens.

Tudo isso foi possível porque a Teoria do *MMD* trata de como arranjos técnicos, sociais, institucionais e administrativos podem produzir desastres. Assim, em nossa opinião, as “velhas” teorias não têm prazo de validade, mas precisam ser mais utilizadas pelas organizações para captar os sinais e prevenir desastres. E os sinais emitidos precisam ser capturados e atendidos pelas organizações.

Por isso, medidas de prevenção precisam ser tomadas. Choularton (2001) sugere que uma das consequências positivas ocasionadas por um desastre é o aprendizado. Fakhrol-Razi e Ainini (2010) também afirmam que além dos impactos negativos de desastres nas vidas e propriedades de uma sociedade, as lições deles também levaram ao desenvolvimento de importantes leis e regulamentos de segurança e ao estabelecimento de organizações e órgãos funcionais especializados.

Choularton (2001) argumenta também que as organizações, assim como a sociedade, aprendem com os desastres. No entanto, a aprendizagem tende a ocorrer em diferentes níveis. Embora o aprendizado superficial seja comum, lições mais fundamentais são mais difíceis de aprender. Portanto, precisamos promover aprendizados mais profundos.

Desta forma, se avaliarmos um desastre em profundidade podemos aprender com ele e tomar atitudes diferentes para prevenir a ocorrência de novos desastres. Se esta teoria houvesse sido aplicada ao desastre de Mariana e se os gestores da Vale tivessem prestado atenção e aprendido com os sinais que estavam sendo emitidos, o DB não teria ocorrido e tantas vidas não teriam sido ceifadas, sem falar no imenso dano ambiental que poderia ter sido evitado.

6.4 A CULTURA ORGANIZACIONAL DA VALE E AS TEORIAS SOBRE DESASTRES

A partir da avaliação dos documentos utilizados como referência para este estudo, foi possível verificar algumas características importantes da cultura de segurança da Vale que se relacionam com algumas das teorias sobre desastres discutidas no capítulo 3.

Conforme explicitado na seção 6.1, haviam diversos problemas de segurança na BI que comprometiam a sua estabilidade. No entanto, constatou-se em CIAEA (2020) que esses problemas não eram de conhecimento de todas as áreas da empresa ficando restrito somente a área de geotecnia de ferrosos responsável pela barragem que se rompeu.

Tal fato é característico do período de incubação proposto pela teoria do MMD e tratado por Manning (1998), que afirma que durante o desenvolvimento do período de incubação há uma dificuldade da empresa, ou de setores desta, em lidar com informações e situações complexas.

Esta é também uma característica da cultura de silos em que há uma fragmentação no fluxo de informações entre as áreas e/ou profissionais da empresa e, devido a isso informações importantes não fluem de forma satisfatória ou até mesmo deixam de ser repassadas para outras áreas e/ou profissionais como ocorreu na Vale (Hopkins, 2006).

Além disso, foi possível verificar também a cultura de negação proposta por Hopkins (1999), pois tanto os gestores, como os empregados e até mesmo a população vizinha à Vale acreditavam na segurança da empresa e na impossibilidade de rompimento da BI.

Esta situação também está de acordo com a teoria do MMD, pois nesta verificamos que dentro do período de incubação também ocorrem falhas em perceber indícios de um desastre iminente, devido a suposições errôneas, a atraso cultural nas precauções existentes e a relutância em enfrentar (ou imaginar) os piores resultados possíveis. Fato corroborado pela manutenção das instalações administrativas da empresa no percurso da lama.

Foi possível identificar também indícios da teoria dos objetivos conflitantes proposta por Rasmussen (1997), pois foi verificado que tanto os empregados quanto a própria Vale estavam expostos às pressões do mercado financeiro, o que colocou em risco a segurança de algumas instalações da Mina do Córrego do Feijão, entre elas a barragem I que se rompeu.

Este fato foi corroborado por CIAEA (2020) quando afirma que na Gerência de Gestão de Riscos Geotécnicos as metas específicas de segurança de barragens tinham peso pequeno em comparação a componentes financeiros. Além disso, foi observado que as metas de

segurança de barragens são, essencialmente, ligadas à conformidade regulatória (como por exemplo obtenção de DCE).

Neste sentido, Botelho (2023) afirma que tanto a diretoria quanto os demais empregados da Vale tinham interesse no retorno financeiro dos acionistas da empresa, pois eles também se tornaram investidores da empresa e teriam perda em seus rendimentos caso o retorno prometido aos acionistas não se concretizasse. O que corrobora também a financeirização da empresa.

Também foi possível identificar características da Teoria da Cegueira ao risco proposta por Vaughan (1989). Foram constatados nos relatórios estudados (Brasil, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d e CIAEA, 2020) que a BI apresentava diversos sinais de problemas, tais como arbustos e vegetação no barramento, surgências e umidade, problemas na drenagem superficial e interna, pontos de erosão, ravinas e deformações no maciço etc.

Além dos problemas já conhecidos da BI, vale ressaltar também, para a confirmação da cegueira ao risco, a manutenção das áreas administrativas da empresa no percurso da lama. Demonstrando “uma forma de ver que também é uma forma de não ver”, como definido por Vaughan (1989), já que todos estes problemas eram conhecidos, porém, foram deliberadamente ignorados pela gestão da empresa.

6.5 LIMITAÇÕES E FUTUROS ESTUDOS

A principal limitação desse estudo foi utilização, como fonte de dados, de documentos oficiais, relatórios de investigação do DB, publicados por órgãos governamentais, pois existe uma diferença entre como os investigadores reconstruíram as causas do desastre e como os desastres são causados.

Ou seja, “O que causou o desastre?” não é mesma questão de “O que os investigadores disseram sobre o desastre?”. O entendimento dessa diferença é um ponto de partida para qualquer análise retrospectiva dos desastres.

Além disso, como são relatórios de investigação de órgãos governamentais, pode haver o viés político na investigação que pode afetar os dados dos relatórios. Por exemplo, os investigadores podem não ter autonomia.

Outra limitação foi termos utilizado somente uma teoria de desastres. Assim, um futuro estudo seria utilizar outras teorias de desastres para analisar o DB, como por exemplo, Objetivos

Conflitantes (Rasmussem, 1997), e comparar se os achados são semelhantes e/ou se eles se complementam.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSÃO

A dissertação desenvolvida é uma contribuição para as organizações industriais para o aprendizado com desastres. Com este objetivo, o Desastre de Brumadinho (DB) foi estudado utilizando-se as lentes da Teoria dos Desastres provocados pelo Homem (MMD) de Turner e Pidgeon (1997).

Os objetivos propostos para essa Dissertação foram alcançados, pois foi possível identificar cada um dos seis estágios de desenvolvimento dos desastres propostos pela Teoria do *MMD*, em especial o período de incubação em que sinais de que um desastre está prestes a ocorrer vão sendo ignorados.

Constatamos também a Teoria do *MMD* ainda se encontra atual para o aprendizado com desastres e que se ela fosse mais amplamente aplicada em desastres anteriores, poderíamos aprender com eles e evitar desastres futuros. Ou seja, se a Vale tivesse aplicado a Teoria do *MMD* ao desastre de Mariana, o desastre de Brumadinho poderia ter sido evitado.

Na seção 7.1 detalharemos as conclusões acerca de cada um dos estágios de desenvolvimento do DB, na seção 7.2 as conclusões sobre a influência da cultura de segurança da Vale no DB serão pormenorizadas e a seção 7.3 abordará a contribuição deste trabalho e a possibilidade de trabalhos futuros.

7.1 OS ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DO DESASTRE DE BRUMADINHO

A avaliação dos documentos oficiais que foram utilizados como ferramenta para extração de dados proporcionou os elementos necessários para constatarmos a existência de cada um dos seis estágios de desenvolvimento do desastre propostos pelos autores em estudo.

Comprovamos os pontos de partida idealmente normais (estágio 1) mostrando a cegueira ao risco, ou seja, a crença de que tudo ia bem com a barragem I (BI) da Mina Córrego do Feijão de propriedade da Vale S.A. (Vale), de que ela era totalmente segura e que não havia risco de rompimento.

Foi possível delimitar o início do período de incubação (estágio 2). Constatou-se que o estágio 2 teve início desde a aquisição da Mina pela Vale, pois não existiam informações

concretas e precisas sobre o projeto de construção da BI, nem sobre seus primeiros alteamentos e tão pouco sobre o material utilizado na construção de sua base.

O estágio 3 (evento precipitante), de fácil identificação e comprovação mostrou como se deu o rompimento da BI e comprovou a hipótese de liquefação. Imediatamente ligado ao estágio 3, o início (estágio 4) trouxe consigo as consequências alarmantes deste desastre que chocou não só a população brasileira, mas também mundial.

O resgate e salvamento (estágio 5) foi comprovado pelas diversas medidas que foram tomadas pelos órgãos governamentais no sentido de resgatar as vítimas desta tragédia. A investigação deste estágio mostrou também o despreparo da Vale para atuar no resgate e salvamento das vítimas, além de expor irregularidades em seu PABEM.

A presença do reajuste cultural total (estágio 6) foi comprovada pelas diversas mudanças ocorridas na legislação de segurança de barragens. Tendo como principais medidas a proibição de construção de barragens pelo método a montante e estipulação de prazo para descomissionamento de barragens já existentes e alteadas por este método.

Sendo assim, constatamos a presença dos seis estágios de desenvolvimento do desastre no DB e mostramos que a Teoria dos Desastres provocados pelo Homem continua atual e capaz de capturar os sinais que existem falhas no sistema de segurança em estudo e que medidas corretivas precisam ser tomadas para a prevenção de desastres.

7.2 INFLUÊNCIA DA CULTURA DA VALE NO DESASTRE DE BRUMADINHO

No capítulo 3 foram vistas diversas teorias sobre desastres além de definições sobre cultura de segurança. A partir dos documentos utilizados como instrumento de extração de dados para este estudo, foi possível identificar alguns aspectos da cultura de segurança da Vale e relacionar características do DB com algumas teorias sobre desastres.

Constatou-se a existência de uma cultura de silos na Vale, já que os conhecimentos sobre questões relacionadas a estrutura da BI não eram divulgados para outras áreas da empresa, ou seja, não havia fluxo das informações relevantes relacionadas à segurança da BI.

Foi possível comprovar a Teoria da Negação, pois um conjunto arraigado de crenças errôneas (estabilidade da BI) impediram o reconhecimento dos sinais de alerta enviados pela iminência do desastre.

Houve também a comprovação da Teoria da Cegueira ao Risco, quando se verificou que os gestores da Vale assumiram os riscos de manterem os setores administrativos da empresa na rota da lama.

Além disso, constatou-se também a influência externa pressionando para que decisões errôneas com relação a segurança fossem tomadas como forma de atender às demandas por lucro dos acionistas, ou seja, a produção prevalecendo sobre a segurança.

Vale ressaltar também a comprovação da teoria do *MMD* e seus seis estágios de desenvolvimento identificados e discutidos neste trabalho.

7.3 CONTRIBUIÇÕES DESTE ESTUDO E POSSIBILIDADE DE TRABALHOS FUTUROS

Os produtos deste estudo apresentaram uma forma diferente de avaliação do que foi desenvolvido sobre o DB até o momento. Estes resultados podem fornecer informações importantes para a prevenção de novos desastres, uma vez que os sinais emitidos durante a evolução do DB possibilitam ações para evitá-los.

Verificou-se que se intervenções específicas e uma avaliação objetiva da organização sobre o seu sistema de segurança, bem como decisões mais assertivas com relação a métodos para rebaixamento da linha freática que não levasse em consideração somente os custos, poderiam ter evitado esta tragédia.

Finalmente, os resultados deste estudo permitem a comparação com outros estudos sobre o DB, o que é uma possibilidade de trabalhos futuros, além de contribuir para melhoria das intervenções de segurança.

REFERÊNCIAS

- Anistia Internacional. 2005. Disponível em: <https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:redede.virtual.bibliotecas:livro:2005;000734739>. Acesso em: 20/03/2020.
- Agência Brasil, 2024. Disponível em <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-01/brumadinho-familias-confiam-que-3-vitimas-restantes-serao-encontradas>. Acesso em 29/01/2024.
- Agência Câmara de Notícias, 2019. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/552767-danos-ambientais-do-desastre-em-brumadinho-sao-detalhados-em-comissao/>. Acesso em: 24/04/2022.
- Arbex, D. 2022. Arrastados. Os bastidores do rompimento da barragem de Brumadinho, o maior desastre humanitário do Brasil. Intriseca.
- Birkland, T. A. 2009. Disasters, Lessons Learned, and Fantasy Documents. *Journal of Contingencies and Crises Management*, vol 17, n. 3, p. 1-11.
- Blokley, D. 1998. Managing Pronesness to Failure. *Journal of Contingencies and Crises Management*, vol 6, n. 2, p. 76-79.
- BOTELHO, M. Desastre industrial da Vale em Brumadinho: a prevalência do Financeiro sobre a segurança das barragens. Tese, Doutorado, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 2023.
- Botelho, M. R., Vilela, R. A. G. 2022. Omissão do Estado brasileiro e o rompimento de barragens de mineração. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, vol 12.
- Britton, N. R. (1986). Developing and understanding of disaster. *ANZFS*, vol. 22, n. 2, p. 254-271.
- Brasil. 2019a. Câmara dos Deputados. Comissão Parlamentar de Inquérito. Rompimento da Barragem de Brumadinho. Relatório Final da CPI (CPIBruma).
- Brasil. 2019b. Relatório de Análise de Acidente do Trabalho. Rompimento da Barragem B1 da Vale S.A. em Brumadinho/MG em 25/01/2019 – Superintendência Regional do Trabalho de Minas Gerais.
- Brasil 2019c. Relatório da CPI do Senado Federal. Comissão Parlamentar de Inquérito. CPI de Brumadinho e outras barragens.
- Brasil 2019d. Relatório final da CPI da Barragem de Brumadinho. Belo Horizonte, MG, 2019b, 350 p. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-temporarias/parlamentar-deinquerito/56a-legislatura/cpi-rompimento-da-barragem-de-brumadinho/documentos/outrosdocumentos/relatorio-final-cpi-assembleia-legislativa-mg>. Acesso em 15/03/2020.
- Britton, N. R. 1986. Developing and understanding of disaster. *ANZFS*, vol. 22, n. 2, p. 254-271.

- Choularton, R. 2001. Complex learning: organizational learning from disasters. *Safety Science*, vol. 39, p. 61-70.
- CIAEA 2020. Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Apuração. Sumário Executivo do Relatório da Investigação Independente – Rompimento da Barragem 1 da Mina Córrego do Feijão – Brumadinho, MG. Rio de Janeiro.
- Clarke, S. 1998. Safety culture on the UK railway network. *Work&Stress*, vol 12, n 3, 285-292.
- Coordenadoria Estadual da Defesa Civil. 2021. Disponível em: <http://www.defesacivil.pr.gov.br/Pagina/O-que-e-um-desastre>. Acesso em 16/05/2021.
- Cox, S. e Cox, T. 1991. The structure of employee attitudes to safety: A European example. *Work and stress*, vol. 5, n. 2, p. 93-106.
- Dos Santos, A. S.; Brito, A. D.; Moreira, C. S. 2022. O barato pode custar caro: desastres ambientais envolvendo a Vale S. A. e relações com riscos empresariais. *R. Gest. Anál. Fortaleza*, v. 11, n. 3, p. 169-182.
- Etymology Dictionary Online. Disponível em: <https://www.etymonline.com/word/disaster>. Acesso em 16/05/2021.
- Fakhrul-Razi, A.; Aini, M. S. 2010. Development of socio-technical disaster model. *Safety Science*, 48, p. 1286-1295.
- Favero, E.; Sarriera, J. C.; Trindade, M. C. 2014. O desastre na perspectiva sociológica e psicológica. *Psicologia em Estudo*, vol. 19, n. 2, p. 201-209.
- Ferreira, L. L., 2019. Falta de efetivos e insegurança em refinarias de petróleo. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, ISSN: 2317-6369 (online).
- Figueiredo, M. G., Alvarez, D., Adams, R.N., 2018. O acidente da plataforma de petróleo P-36 revisitado 15 anos depois: da gestão de situações incidentais e acidentais aos fatores organizacionais. *Caderno de Saúde Pública* 34 (4), 1–12.
- Freitas, M. de. C.; Barcellos, C.; Asmus, F. R. I. C.; Silva, M. A.; Xavier, R. D. 2019. De Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e saúde coletiva. *Cadernos de saúde pública*. 35, 5.
- Glendon, A. I. e Stanton, N. A., 2000. Perspectives on safety culture. *Safety Science* 34, p. 193-214.
- Goh, Y., M.; Brown, H.; Spickett, J. 2010. Applying systems thinking concepts in the analysis of major incidents and safety culture. *Safety Science*, 48, 302-309.
- GONÇALVES FILHO, A. Cultura e gestão de segurança no trabalho em Organizações industriais: uma proposta de Modelo. Tese, Doutorado, Programa de Engenharia Industrial – PEI – UFBA. Salvador/BA, 2011.
- Guldenmund, F. W. 2000. The nature of safety culture: a review of theory and research. *Safety Science*, 34, 215-257.
- Heinrich, H. W. **Industrial accident prevention: a scientific approach**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1959.

- Hopkins, A. 1999. Counteracting the cultural causes of disaster. *Journal of contingencies and crises management*, vol. 7, n. 3, p. 141-149.
- Hopkins, A. 2006. Studying organisational cultures and their effects on safety. *Safety Science*, vol. 44, p. 875-889.
- Hudson, P. 2003. Applying the lessons of high risk industries to health care. *Quality and safety in Health Care*, v. 12, p. i7-i12.
- Hyungju, K.; Stein, H.; Bouwer, U. I. 2016. Assessment of accident theories for major accidents focusing on the MV SEWOL disaster: Similarities, differences, and discussion for a combined approach. *Safety Science*. 82, 410-420.
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2019. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/noticias/730-2019/1881-rompimento-de-barragem-da-vale-em-brumadinho-mg-destruiu-269-84-hectares>. Acesso em: 19/04/2022.
- Kreps, A. G. 1984. Sociological Inquiry and disaster research. *Annu. Rev. Sociol.*, vol 10, p. 309-330.
- Le Koze, C. J. 2013. What have we learned about learning from accidents? Post-disasters reflections. *Safety Science*, vol. 51, p. 441-453.
- Manning, Peter K. 1998. Information, socio-technical disasters and politics. *Journal of contingencies and crisis management*, Vol 6, Number 2 84-87.
- McFarlane, A. C. e Norris, F. H. 2006. *Methods for disaster mental health research*, capítulo 1 – Definitionas and concepts in disaster research, p. 3-19.
- MONTEIRO, A. G. 2003. Metodologia de avaliação de custos ambientais provocados por vazamento de óleo – O estudo de caso do complex REDUC-DTSE. Tese, Doutorado, Programa de Pós-Graduação de Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro/RJ, 2003.
- Mundo Educação. 2019. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/desastre-ambiental-brumadinho.htm>. Acesso em: 19/04/2022.
- Oliveira, V. de C.; Oliveira, D. C. 2019. A semântica do eufemismo: mineração e tragédia em Brumadinho. *RECIIS - Revista eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em saúde*, v. 2019 jan, p. 14-38-38, 2019.
- Oxford Learner's Dictionary. 2010. Dicio – Dicionário online de Português. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/cultura>. Acesso em: 06/02/2022.
- Pappon, Thomas. 2018. Como césio-137 em Goiânia pôs Brasil no mapa de piores acidentes radioativos do mundo. BBC. 14/10/2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-45783343>. Acesso em 29/08/2021.
- Paté-Cornell, E.M. 1993. Learning from the Piper Alpha Accident: A Postmortem Analysis of Technical and Organizational Factors. *Risk Analysis*, vol 13, 215-232.
- Perry, R. W. 2007. *Handbook of disaster*, capítulo 1 – What is disaster?, p. 1-15.

- Piciullo, L., Storrosten, E. B., Liu, Z., Nadim, F., Lacasse, S. 2022. A new look at the statistics of tailings dam failures. *Engineering Geology*, 303, 106657.
- Perrow, C. **Normal accidents**. Nova Jersey: Princeton University Press, 1999. 439 p.
- Pidgeon, N., O’Leary, M. 2000. Man-made disasters: why technology and organizations (sometimes) fail. *Safety Sci.* 34 (1–3), 15–30.
- Porto, M. F. S. 2016. A tragédia da mineração e do desenvolvimento no Brasil: desafios para a saúde coletiva. *Caderno de Saúde Pública*, 32:e00211015.
- Rasmussen, J. 1997. Risk management in a dynamic society: a modelling problem. *Safety Science*, vol 27, n 2/3, 181-213.
- Reason, J. 1998. Achieving a safe culture: theory and practice. *Work&Stress*, v. 12, p. 293-306.
- Reis, V. 2019. Nota Abrasco sobre a perversa tragédia da Vale em Brumadinho. Disponível em: <https://www.abrasco.org.br/site/outras-noticias/notasoficiais-abrasco/nota-abrasco-sobre-aperversa-tragedia-da-vale-em-brumadinho/39675/>. Acesso em 06/09/2021.
- Rose, L. R., Mugi, R. S., Saleh, H. J. 2023. Accident investigation and lessons not learned: AcciMap analysis of successive tailings dam collapses in Brazil.
- Saes, B. M. and Muradian, R. 2021. What misguides environmental risk perceptions in corporations? Explaining the failure of Vale to prevent the two largest mining disasters in Brazil. *Resources Policy*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102022>.
- Swuste, P. 2008. “You Will Only See It, If You Understand It” or Occupational Risk Prevention From a Management Perspective. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, Vol. 18 (4) 438–453
- Turner, B. A. 1994. Causes of Disaster: Sloppy Management. *British Journal of Management*, Vol 5, 215-219.
- Turner, B. A., Pidgeon, N.F. 1997. *Man-made Disasters*. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- UNSCEAR – United Nations Scientific Committee of the Effects of Atomic Radiation. 2021. Disponível em: <http://www.unscear.org/unscear/en/chernobyl.html>. Acesso em: 19/09/2021.
- Vaughan, D. 1989. Regulating Risk: Implications of the Challenger Accident. *Law & Policy*, Vol. 11, No. 3.
- Weick, K. E. 1987. Organizational Culture as a Source of High Reliability. *California Management Review*, v. 29, n.2, p. 112-127.