

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CLAUDIO ANDRÉ SPINASSI

**MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DA MAIOR OPERAÇÃO
HUMANITÁRIA DO BRASIL SOB A ÓTICA DO *LEAN*
*MANUFACTURING***

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2019

CLAUDIO ANDRÉ SPINASSI

**MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DA MAIOR OPERAÇÃO
HUMANITÁRIA DO BRASIL SOB A ÓTICA DO *LEAN*
*MANUFACTURING***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a Dr^a Daiane Maria de Genaro Chirolí

PONTA GROSSA

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa

Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento de Engenharia de Produção
Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DA MAIOR OPERAÇÃO HUMANITÁRIA DO BRASIL SOB A ÓTICA DO *LEAN MANUFACTURING*

por

CLAUDIO ANDRÉ SPINASSI

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 25 de junho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Dr^a. Daiane Maria de Genaro Chiroli
Prof.(a) Orientador(a)

Dr. Ariel Orlei Michaloski
Membro titular

Dr. Everton Luiz de Melo
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Este trabalho é dedicado às vítimas do desastre em Brumadinho, bem como aos militares e voluntários por seus corajosos esforços no resgate.

AGRADECIMENTOS

Difícilmente as pessoas chegarão a algum lugar sozinhas. Durante os meus anos de graduação, pude ter o privilégio de conviver com ótimas pessoas, portanto, gostaria de agradecer às seguintes pessoas que ajudaram imensamente para que eu chegasse até aqui:

Agradeço aos meus pais, pelo constante apoio, de todas as formas, durante minha trajetória universitária.

À minha família por sempre estar ao meu lado.

Aos meus amigos, por serem companheiros em todos os momentos.

À minha orientadora Prof. Dr^a. Daiane Chiroli, por me apresentar a logística humanitária e proporcionar o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos membros da assessoria de imprensa do Corpo de Bombeiros Militar do estado de Minas Gerais, Litza Alves e Pedro Aihara, pela atenção, interesse e fornecimento de informações para a realização deste trabalho.

Aos membros da Defesa Civil de Ponta Grossa, Alessandro Macedo e Cezar Amaral, pela produtiva conversa sobre as ações da organização.

Por fim, gostaria de agradecer a todas as pessoas que, de alguma forma, estiveram presentes na minha vida durante meus anos de graduação e contribuíram para que eu me tornasse uma pessoa melhor.

“É certo que devemos nos manter e agir conforme nossos princípios; porém, não é certo mantê-los em cegueira obstinada, ou mantê-los quando provados errados”.
(FARADAY, Michael, 1859)

RESUMO

SPINASSI, Claudio A. **Mapeamento e avaliação da maior operação humanitária do Brasil sob a ótica do *Lean Manufacturing***. 2019. 139 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

Barragens de mineração são comuns no Brasil, especialmente no estado de Minas Gerais. Porém, a construção e operação dessas estruturas traz riscos à comunidade no entorno, devido ao seu possível alto potencial de dano. Rompimentos como o que ocorreu em Mariana-MG, em 2015 e Brumadinho-MG, em 2019, podem ocorrer novamente a qualquer momento. A operação humanitária em torno de um possível rompimento deve ser planejada de modo que o sofrimento das vítimas seja minimizado e as necessidades da população afetada sejam atingidas. Através de pesquisa em meios de comunicação, relatórios oficiais e contatos com pessoas que, de alguma forma, participaram da cadeia humanitária em Brumadinho, foi realizado um mapeamento que mostra as principais atividades desenvolvidas durante toda a cadeia (prevenção, preparação, resposta e recuperação). O estudo de caso inicia com uma introdução sobre atividade mineradora, no qual se destaca o papel fundamental do estado de Minas Gerais, o uso barragens para conter rejeitos de mineração e a importância de trabalhar para sua segurança. Após isso, descreve-se o evento de 25 de janeiro de 2019, na mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho. Este trabalho busca, também, identificar o modelo de gestão utilizado na resposta humanitária, nas esferas federal, estadual, municipal e na iniciativa privada. São mostradas as diferentes ações humanitárias realizadas, como as ações de busca e resgate, ações de assistência às vítimas e recuperação das áreas atingidas, seguido da identificação dos vários atores da logística humanitária. Foi realizada, também, uma avaliação dessas atividades, tendo como base alguns dos princípios do *lean manufacturing*, ou manufatura enxuta, como os 7 desperdícios que essa metodologia busca eliminar e algumas ferramentas que auxiliam essa filosofia a cumprir seus objetivos.

Palavras-chave: *Lean*. Barragem de rejeitos. Humanitária. Brumadinho. Rompimento.

ABSTRACT

SPINASSI, Claudio A. **Mapping and evaluation of Brazil's biggest humanitarian operation under the view of Lean Manufacturing**. 2019. 139 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Federal Technology University - Parana. Ponta Grossa, 2019.

Tailings dam are a common construction in Brazil, especially in the mining state of Minas Gerais. However, its construction and operation brings risks to the surrounding community, due to its possible high damage potential. Collapses such as those that occurred in the cities Mariana, in 2015, and Brumadinho, in 2019, may occur again at any time. The humanitarian operation around a possible collapse must be planned in such way to minimize the suffering of the victims and to meet the needs of the affected population. Through research in the media, official reports and contacts with people who, in some way, played a role in the humanitarian chain in Brumadinho, a mapping was carried out showing the main activities developed throughout the entire chain (prevention, preparation, response and recovery). The case study begins with an introduction about mining activity, which highlights the fundamental role of the state of Minas Gerais, the use of dams to contain mining tailings and the importance of working for its safety. After that, the event of January 25th, 2019, at the Córrego do Feijão mine in Brumadinho is described. This paper seeks, as well, to identify the federal, state, municipal and private management model used in the humanitarian response. The different humanitarian actions carried out, such as search and rescue actions, victim assistance actions and recovery of affected areas are shown, followed by an identification of various actors in Humanitarian Logistics. An evaluation of these activities was also carried out, based on some principles of lean manufacturing, as the 7 wastes this methodology seeks to eliminate and some tools that help this philosophy to fulfill its objectives.

Keywords: Lean. Tailings Dam. Humanitarian. Brumadinho. Collapse.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Tipos de desastres..... | 16 |
| Figura 2 - Principais tarefas da Logística empresarial..... | 19 |
| Figura 3 - Atores envolvidos na logística humanitária | 23 |
| Figura 4 - Cadeia de ajuda humanitária | 24 |
| Figura 5 - Símbolos e setas utilizados no mapeamento do fluxo de valor..... | 35 |
| Figura 6 - Exemplo de um mapa de fluxo de valor para uma indústria de calçados . | 36 |
| Figura 7 - Classificação da pesquisa científica em Engenharia de Produção | 43 |
| Figura 8 - Passos para a realização desta pesquisa..... | 45 |
| Figura 9 - Classificação das fontes utilizadas nessa pesquisa..... | 46 |
| Figura 10 - Caminho percorrido pela lama nos primeiros momentos após o ocorrido | 56 |
| Figura 11 - Organograma do SCO | 62 |
| Figura 12 - Mapa de Fluxo de Valor de uma operação padrão diária de busca e resgate na zona quente..... | 70 |
| Figura 13 - Locais passíveis de indenização pela Vale..... | 78 |
| Figura 14 - Mecanismos de combate à fraude e corrupção | 84 |
| Figura 15 - Ferramentas <i>lean</i> que podem ser aplicadas na logística humanitária | 99 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 - Principais causas de rompimento de barragens de rejeitos até 2008..... | 50 |
| Gráfico 2 - Evolução da gravidade dos acidentes com barragens de rejeitos em todo o mundo | 51 |
| Gráfico 3 - Arrecadação de Brumadinho com a CFEM nos últimos 5 anos | 64 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1 - Diferenças entre logística empresarial e logística humanitária | 21 |
| Quadro 2 - Processo da gestão de riscos e desastres | 22 |
| Quadro 3 - Os 10 países que apresentam maior risco de desastres | 26 |
| Quadro 4 - Os 10 países que apresentam menor risco de desastres | 27 |
| Quadro 5 - Principais ocorrências envolvendo barragens de mineração em Minas Gerais..... | 51 |
| Quadro 6 - Dados da Barragem I da Mina do Córrego do Feijão | 54 |
| Quadro 7 - Instrumentos da Barragem I da Mina do Córrego do Feijão..... | 55 |
| Quadro 8 - Animais atingidos pela lama que estavam na fazenda da Equipe Brigada Animal | 57 |
| Quadro 9 - ONGs que atuaram em Brumadinho | 80 |
| Quadro 10 - Responsáveis pela logística em Brumadinho..... | 82 |
| Quadro 11 - Matriz SWOT das operações humanitárias..... | 87 |
| Quadro 12 - Contatos telefônicos realizados para a pesquisa e seus desdobramentos..... | 91 |
| Quadro 13 - Contatos eletrônicos realizados para a pesquisa e seus desdobramentos..... | 93 |
| Quadro 14 - 5W2H com certas ações que foram realizadas..... | 95 |
| Quadro 15 - 5W2H com algumas propostas de ações relacionadas ao desastre | 97 |
| Quadro 16 - Relação das propostas apresentadas com os princípios <i>lean</i> | 101 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Atividades realizadas pelo CICV em 2017 | 28 |
| Tabela 2 - Ocorrência de transtornos psicológicos entre as vítimas do rompimento da barragem do Fundão | 39 |
| Tabela 3 - Número de mortes e pessoas que precisaram ser deslocadas devido ao tsunami..... | 41 |
| Tabela 4 - Impactos econômicos nos países mais afetados pelo tsunami | 42 |
| Tabela 5 - Classificação das barragens de mineração brasileiras quanto à CRI | 54 |
| Tabela 6 - Classificação das barragens de mineração brasileiras quanto ao DPA ... | 54 |
| Tabela 7 - Impacto do rompimento nas finanças da Vale no 1º trimestre de 2019 ... | 57 |
| Tabela 8 - Números dos 120 primeiros dias de campo da operação humanitária em Brumadinho | 67 |
| Tabela 9 - Números das ações realizadas pela Vale até 21 de março | 77 |
| Tabela 10 – Quantidade de doativos recebidos até 3 de fevereiro | 79 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------|---|
| ANM | Agência Nacional de Mineração |
| CBMMG | Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais |
| CFEM | Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais |
| CICV | Comitê Internacional da Cruz Vermelha |
| CNRH | Conselho Nacional de Recursos Hídricos |
| CPI | Comissão Parlamentar de Inquérito |
| CRI | Categoria de Risco |
| DNPM | Departamento Nacional de Produção Mineral |
| DPA | Dano Potencial Associado |
| FMEA | Failure Mode and Effect Analysis |
| ITM | Instalação de Tratamento de Minérios |
| MSF | Médicos Sem Fronteiras |
| OCDE | Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico |
| ONGs | Organizações Não-Governamentais |
| PCMG | Polícia Civil de Minas Gerais |
| PDCA | Plan, Do, Check, Act |
| PMMG | Polícia Militar de Minas Gerais |
| PNSB | Política Nacional de Segurança de Barragens |
| SCO | Sistema de Comando de Operações |
| TCU | Tribunal de Contas da União |

LISTA DE ACRÔNIMOS

| | |
|--------|--|
| ANA | Agência Nacional de Águas |
| Copasa | Companhia de Saneamento Básico de Minas Gerais |
| Ibama | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis |
| Servas | Serviço Voluntário de Assistência Social |
| ONU | Organização das Nações Unidas |

SUMÁRIO

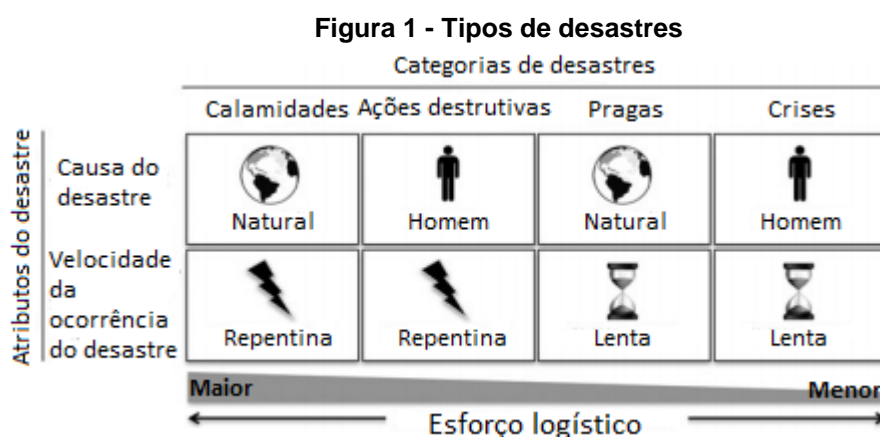
| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 PROBLEMA | 17 |
| 1.2 OBJETIVO GERAL | 17 |
| 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 17 |
| 1.4 JUSTIFICATIVA | 17 |
| 1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA | 18 |
| 2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 19 |
| 2.1 LOGÍSTICA | 19 |
| 2.2 LOGÍSTICA HUMANITÁRIA | 20 |
| 2.3 <i>LEAN MANUFACTURING/MANAGEMENT</i> | 29 |
| 2.3.1 Melhoria Contínua (<i>Kaizen</i>) | 33 |
| 2.3.2 <i>Just-in-Time</i> | 34 |
| 2.3.3 Mapa de Fluxo de Valor | 35 |
| 2.3.4 Análise SWOT | 37 |
| 2.3.5 Outras Ferramentas | 37 |
| 2.4 TRABALHOS CORRELATOS | 38 |
| 2.4.1 Rompimento da Barragem do Fundão em Mariana-MG | 38 |
| 2.4.2 Vazamento de Gás Tóxico na Cidade de Bhopal | 40 |
| 2.4.3 Tsunami de 2004 no Oceano Índico | 41 |
| 3 METODOLOGIA | 43 |
| 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA | 43 |
| 3.2 METODOLOGIA DA PESQUISA | 45 |
| 3.2.1 Descrição do Evento | 46 |
| 3.2.2 Análise do Modelo de Gestão Utilizado | 47 |
| 3.2.3 Mapeamento das Ações Realizadas Pelos Órgãos Humanitários | 47 |
| 3.2.4 Identificação dos Atores Envolvidos | 47 |
| 3.2.5 Propostas de Melhoria | 48 |
| 4 ESTUDO DE CASO | 49 |
| 4.1 DESCRIÇÃO DO EVENTO | 55 |
| 4.2 MODELO DE GESTÃO UTILIZADO | 59 |
| 4.2.1 Esfera Federal | 59 |
| 4.2.2 Esfera Estadual | 61 |
| 4.2.3 Esfera Municipal | 64 |
| 4.2.4 Iniciativa Privada | 65 |
| 4.3 MAPEAMENTO DAS AÇÕES REALIZADAS | 66 |
| 4.3.1 Operações de Busca e Resgate | 66 |
| 4.3.2 Ações de Acolhimento, Assistência e Recuperação | 73 |
| 4.4 IDENTIFICAÇÃO DOS ATORES ENVOLVIDOS | 74 |

| | |
|---|------------|
| 4.4.1 Governo | 74 |
| 4.4.2 Militares | 75 |
| 4.4.3 Ajuda Humanitária | 76 |
| 4.4.4 Doadores | 78 |
| 4.4.5 ONGs | 79 |
| 4.4.6 Empresas de Logística | 81 |
| 4.4.7 Outras Empresas | 83 |
| 4.5 PROPOSTAS DE MELHORIA | 83 |
| 4.5.1 Combate à Corrupção | 83 |
| 4.5.2 Construção de Barragens | 84 |
| 4.5.3 Planos de Evacuação | 86 |
| 4.5.4 Análise SWOT | 86 |
| 4.5.5 Logística | 89 |
| 4.5.6 Conscientização da População | 90 |
| 4.5.7 Prestação de Contas | 90 |
| 4.5.8 Ferramenta 5W2H | 94 |
| 4.5.8.1 Ações realizadas | 94 |
| 4.5.8.2 Ações propostas | 97 |
| 4.5.9 Relação das Propostas com os Princípios <i>Lean</i> | 99 |
| 5 CONCLUSÕES | 103 |
| REFERÊNCIAS | 105 |
| APÊNDICE A - Recomendações dadas à Vale pela Tüv Süd | 120 |
| APÊNDICE B - Linha do tempo de operações de busca e resgate realizadas | 123 |
| APÊNDICE C - Locais passíveis de indenizações pela Vale | 129 |
| ANEXO A - Classificação das barragens brasileiras em 2017 | 131 |
| ANEXO B - Critérios de pontuação para o cálculo da CRI | 133 |
| ANEXO C - Critérios de pontuação para o cálculo do DPA | 136 |
| ANEXO D - Exposição das agências regulamentadoras do país à fraude e corrupção | 138 |

1 INTRODUÇÃO

Crises humanitárias sempre ocorreram na história. Atualmente, com a facilidade de comunicação e o alcance da mídia no mundo todo, elas são mais noticiadas e pessoas de diferentes lugares do planeta têm sabido de suas ocorrências.

Essas crises podem ser causadas pelo ser humano ou pela natureza. Ocorrem repentinamente ou em um ritmo mais lento. Podem ser classificadas em calamidades (furacões, terremotos, tsunamis, chuvas e secas), ações destrutivas (atos terroristas, acidentes industriais e golpes de estado), pragas (fome e pobreza) e crises (crises migratórias e políticas), conforme a Figura 1.



Fonte: Traduzido de Cozzolino (2012, p. 7)

Esses acontecimentos ocasionados em todo o mundo também são estudados no Brasil. Embora a maioria dos eventos que ocorram no país esteja direcionada a causas naturais, predominantemente as chuvas e secas, houve, nos últimos anos, fatos que impactaram a população brasileira. Como, mais recentemente, o rompimento de barragens de rejeitos de mineração, que em 2015 ocorreu em Mariana-MG e em 2019 em Brumadinho-MG.

A ocorrência de um rompimento de barragem é classificada como uma ação destrutiva, já que é causada pelo homem e sua causa é, geralmente, repentina. Logo após o acidente, o Governo do Estado de Minas Gerais instituiu um gabinete de crise, o qual envolveu a participação de 55 órgãos públicos nas esferas municipal, estadual e federal.

1.1 PROBLEMA

A partir deste contexto, esta pesquisa busca responder ao seguinte questionamento: Como a resposta humanitária ao rompimento da barragem da mina do Córrego do Feijão poderia ser melhorada?

1.2 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo realizar um mapeamento dos 4 primeiros meses do desastre de Brumadinho-MG, em todas as fases do contexto da logística humanitária, propondo melhorias sob a ótica do *lean manufacturing*.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Mapear as ações desempenhadas na resposta ao desastre;
- Identificar pontos positivos e negativos no processo de resposta ao desastre;
- Verificar como os princípios *lean* podem auxiliar em toda a cadeia de suprimentos da logística humanitária;
- Propor conceitos que podem contribuir para melhorias nestes tipos de eventos, possibilitando sua otimização.

1.4 JUSTIFICATIVA

Desastres envolvendo barragens não são raros no Brasil. Apenas no estado de Minas Gerais, foram registrados por Santos e Wanderley (2016) 6 rompimentos de barragens no período de 2006 a 2015. Segundo Passarinho (2019), ao analisar os desastres de Mariana-MG e Brumadinho-MG, pode-se notar semelhanças. Ou seja, certas ações preventivas que poderiam ser realizadas em barragens de rejeitos no Brasil para minimizar o risco de outros rompimentos como estes, não ocorreram, o que mostra a importância de utilizar conceitos de gestão, como a melhoria contínua.

Através do mapeamento do desastre, pode-se entendê-lo e tirar conclusões sobre quais as ações positivas e quais as ações negativas que foram realizadas. Após a compreensão do desastre e seus desdobramentos, pode-se utilizar ferramentas oriundas de outras áreas para trazer propostas de melhorias, com o objetivo de que os responsáveis pela ajuda humanitária possam desempenhar melhor certas tarefas. Estas incluem ações na fase de prevenção, para minimizar a chance de novos desastres ocorrerem; de preparação, para que comunidades próximas às barragens de rejeitos possam se preparar para um possível desastre; de resposta, para que a ajuda humanitária auxilie nas necessidades da população afetada de um jeito mais eficaz; e de recuperação, para que as áreas afetadas possam voltar à normalidade, na medida do possível, mais rapidamente.

1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Esta pesquisa foca nas ações realizadas ao longo de toda a cadeia (prevenção, preparação, resposta e recuperação) de ajuda humanitária relacionadas ao rompimento da barragem da mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho-MG, no dia 25 de janeiro de 2019 e realizadas nos 4 primeiros meses após o rompimento (até o dia 25 de maio de 2019).

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

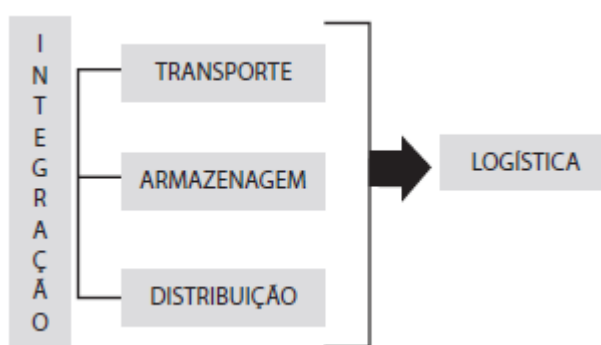
Neste capítulo faz-se uma revisão bibliográfica sobre logística empresarial, logística humanitária e *lean manufacturing*, bem como mostra outros trabalhos que estudaram desastres, com um foco maior em logística humanitária e *lean manufacturing*.

2.1 LOGÍSTICA

Essa especialidade tem como origem o meio militar, uma vez que, durante a tomada de decisão estratégica nesse ramo, precisa-se estimar a quantidade correta de munição, pessoal, ajuda médica, entre outros, bem como a hora certa de seu deslocamento (NOVAES, 2007).

Já a logística operacional ou empresarial é responsável pelo fluxo de materiais, dos fornecedores à empresa, das operações para a transformação da matéria-prima dentro das organizações, até chegar ao consumidor final (WATERS, 2003). Seu objetivo é entregar o produto na quantidade, lugar e hora certos ao menor custo possível (FLEURY, WANKE e FIGUEIREDO, 2012). A Figura 2 mostra as três principais tarefas da logística.

Figura 2 - Principais tarefas da Logística empresarial



Fonte: Fernandes (2012, p. 11)

No transporte geralmente se concentram cerca de 60% dos custos logísticos, o que faz essa atividade ter um caráter fundamental nas organizações. As dimensões que dizem respeito ao transporte são a de tempo e a de lugar. Ou seja, disponibilizar o produto dentro do prazo e no lugar adequados ao cliente (FLEURY, WANKE e FIGUEIREDO, 2012).

Segundo Christopher (2011), o sucesso da organização depende do valor agregado que é entregue ao consumidor, que pode ser medido pela diferença entre o valor percebido pelo cliente e o custo total para disponibilizar o produto. Outro meio de mensurá-lo é dividir o produto entre qualidade (funcionalidade, performance e especificações do produto) e serviço (disponibilidade e assistência técnica) pelo produto entre todos os custos envolvidos no processo e o tempo de disponibilizar o produto ao cliente.

Com a globalização, as empresas começaram a levar em consideração fatores externos, como tendências econômicas e inovações tecnológicas em outros países. Portanto, é tarefa da logística desenvolver cadeias de suprimento globais (DORNIER, 2011).

Com o advento da Indústria 4.0, também chamada de 4ª revolução industrial, a logística tende a adotar a internet das coisas. O que ajuda, por exemplo, no controle em tempo real de fatores como temperatura e umidade em produtos perecíveis, como mostrado em Zou *et al.* (2014), no qual foram utilizadas tecnologias de rádio frequência e sensores sem fio para o controle de alimentos que requerem cuidado em seu transporte e distribuição.

2.2 LOGÍSTICA HUMANITÁRIA

Devido à ocorrência de desastres na história, tanto naturais, quanto oriundos da ação humana, surgiu a necessidade de um tipo especial de logística, o qual busca dar assistência às vítimas dessas catástrofes. Segundo Kovács e Spens (2011), o ponto de partida para o estudo da logística humanitária foi o tsunami de 2004 no Oceano Índico, uma vez que a gestão de recursos neste desastre foi abaixo do ideal, segundo a comunidade internacional. Neste caso, as tarefas envolvem infraestrutura, materiais, suprimentos, localização de centrais de assistência, dentre outras (NOGUEIRA, GONÇALVES e NOVAES, 2014).

Para Bertazzo *et al.* (2013), os desastres naturais têm aumentado em todo o mundo devido, dentre outros, aos seguintes motivos:

- Aumento populacional;
- Ocupação do solo devido à urbanização e à industrialização;
- Desmatamento e queimadas;

- Compactação dos solos;
- Assoreamento dos rios;
- Impermeabilização dos solos;
- Poluição do ar.

Segundo Holguín-Veras *et al.* (2012), enquanto a logística empresarial se preocupa em otimizar aspectos ligados à manufatura, distribuição e gerenciamento de resíduos, a logística humanitária engloba atividades ligadas à gestão de emergências, como alívio, precaução, resposta e recuperação. O Quadro 1 mostra as diferenças entre esses tipos de logística, em alguns aspectos-chave do processo.

Quadro 1 - Diferenças entre logística empresarial e logística humanitária

| | Logística Empresarial | Logística Humanitária |
|--|--|--|
| Demanda | Relativamente estável e predefinida | Imprevisível. Só é conhecida após a ocorrência da necessidade |
| Centrais de Distribuição ou Assistência | Bem definidas em número e localização | Desafiadoras pela natureza desconhecida |
| Controle de Estoques | Uso de métodos bem conhecidos, como <i>lead time</i> , demanda e níveis de serviço | Desafiador devido à grande variação da demanda e sua localização |
| Sistemas de Informação | Geralmente bem definidos, utilizam alta tecnologia | Informações pouco confiáveis, incompletas ou inexistentes |
| Objetivos | Aumentar qualidade e satisfação do cliente e diminuir o custo total | Minimizar perdas de vida e o sofrimento |
| Foco | Produtos e serviços | Pessoas e suprimentos |

Fonte: Adaptado de Nogueira, Gonçalves e Novaes (2014, p. 3-4)

A principal diferença entre logística empresarial e logística humanitária se dá pela natureza da demanda. Na primeira, a demanda geralmente é estável, uma vez que ocorre com uma frequência preestabelecida, possui modelos para sua previsão e os locais são previamente conhecidos. Tudo isso é impossível de prever em um caso de ajuda humanitária, no qual a natureza é conhecida apenas após o desastre e as informações são mais difíceis de serem coletadas (NOGUEIRA, GONÇALVES e NOVAES, 2014).

Com a expansão e profissionalização da ajuda humanitária em todo o mundo, mais trabalhos têm sido desenvolvidos sobre os princípios da ação humanitária. Desta forma, sua aceitação perante a comunidade internacional aumentou (LABBÉ e DAUDIN, 2016). Esses princípios são, segundo Mackintosh (2000):

- **Humanidade:** ter a consciência que se está prestando serviço para um ser humano que merece ter seu sofrimento diminuído e seus direitos humanos respeitados. O foco deve ser proteger a vida e a saúde das pessoas;
- **Imparcialidade:** este princípio possui três elementos, no qual o primeiro é a não discriminação (atores humanitários devem auxiliar a pessoa independente de nacionalidade, raça, gênero, religião, classe ou opinião política); já o segundo é a proporcionalidade (a prioridade da ajuda deve ser por ordem de necessidade); por último, há a ideia de que não deve haver nenhuma distinção (se a pessoa é boa ou ruim, inocente ou culpada ou se merece ou não merece ajuda);
- **Neutralidade:** atores humanitários não devem tomar partido político, religioso ou ideológico no conflito;
- **Independência operacional:** a ação humanitária deve ser autônoma, ou seja, sem vínculo com objetivos políticos, militares ou econômicos reivindicados por alguma das partes no conflito.

O que permite a segurança das pessoas em caso de desastre é conhecido como gestão de desastres, que deve seguir regras específicas. No caso da legislação brasileira, são aplicados os princípios internacionais reconhecidos pela ONU (Organização das Nações Unidas) (LEIRAS *et al.*, 2017). O Quadro 2 mostra como funciona a gestão de riscos e desastres.

Quadro 2 - Processo da gestão de riscos e desastres

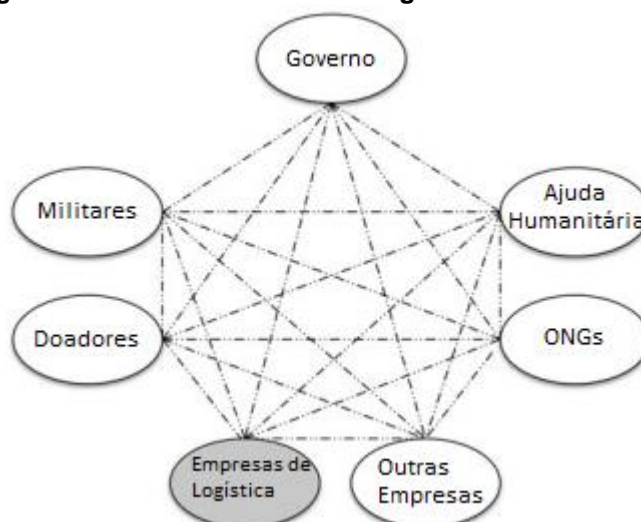
| Gestão | Fase | Medida |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Riscos (normalidade) | Prevenção e mitigação | Medidas de redução de riscos |
| | | Estudo para avaliação dos riscos |
| | Preparação | Projetos e ações de preparação |

| | | |
|----------------------------|-------------|--|
| Desastre (anormalidade) | Resposta | Socorro |
| | | Assistência às populações atingidas |
| | | Reabilitação |
| | Recuperação | Projetos de reconstrução |

Fonte: Adaptado de Ferreira (2012, p. 52)

Vários atores estão envolvidos na logística humanitária, cada um com sua missão, motivações e restrições operacionais, mas todos com o mesmo objetivo: ajudar pessoas e aliviar o sofrimento (BALCIK *et al.*, 2010). Esses atores são apresentados na Figura 3.

Figura 3 - Atores envolvidos na logística humanitária



Fonte: Traduzido de Cozzolino (2012, p. 13)

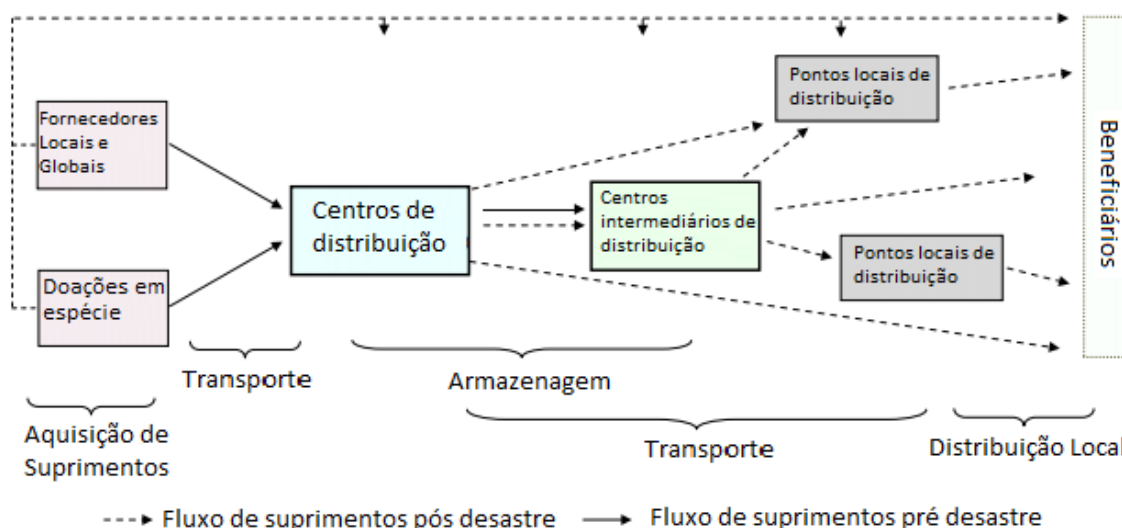
O governo, em suas diversas esferas (local, países fronteiriços e demais países), participa ativamente da ajuda humanitária, pois é ele que tem o poder de mobilizar recursos e autorizar operações de auxílio às vítimas. Sem sua autorização, apenas agências nacionais de ajuda e algumas instituições militares podem agir (COZZOLINO, 2012).

Para prestar um melhor auxílio às vítimas, existem as cadeias de suprimento humanitárias, que podem ser definidas como operações que requerem cuidados na sua implementação e devem ser acompanhadas de perto. Elas cuidam do fluxo de materiais, informações e finanças (VAN WASSENHOVE, 2006).

A Figura 4 mostra uma cadeia de ajuda humanitária estruturada. Blecken (2010) constatou quatro fases durante esta cadeia. São elas:

- Avaliação: nessa fase, deve-se rápida e precisamente avaliar de uma maneira quantitativa os impactos causados pelo desastre, bem como as necessidades das comunidades afetadas. Prioridades são estabelecidas e o planejamento da ajuda humanitária é realizado;
- Aquisição: assegurar que todos os suprimentos para a ajuda sejam adquiridos, em corretas quantidades e em bom estado, tendo em vista o planejamento realizado na etapa anterior;
- Armazenamento: o intuito dessa fase é estocar os suprimentos até seu deslocamento para a área afetada pelo desastre, protegendo-os contra deterioração, dano e roubo. Serve também para proteger-se da variação do *lead time* e da volatilidade da demanda;
- Transporte: otimizar o deslocamento do produto do ponto de coleta até o ponto de destino. Engloba os mais diferentes modais e seus deslocamentos tanto na esfera nacional quanto na internacional.

Figura 4 - Cadeia de ajuda humanitária



Fonte: Traduzido de Balcik et al. (2010, p. 25)

Nos aspectos da gestão ambiental, a logística humanitária apresenta os seguintes desafios, nas mais diferentes dimensões, como apresentado por Zago e Leandro (2013):

- Suprimentos: identificar as necessidades, desperdícios causados pelo grande volume de doações e itens inadequados para o tipo de ajuda;
- Transporte: vias de acesso bloqueadas devido à baixa infraestrutura e dificuldades no planejamento da distribuição dos itens;
- Aquisição: dificuldade de obter doações que sejam adequadas às necessidades e a grande dependência de recursos;
- Armazenagem: locais insuficientes ou inexistentes para a estocagem de suprimentos e o recolhimento de vítimas;
- Processos: baixa ou ausente coordenação de informações, materiais e pessoas;
- Infraestrutura: destruída na maioria dos casos, o que dificulta a ajuda humanitária;
- Recursos humanos: muitos voluntários sem treinamento adequado, pessoas que agem apenas pela emoção e pessoas que vão até o local do desastre sem saber da complexidade da situação.

Assim como a logística empresarial, as ações de logística humanitária também representam custos. É claro que em uma situação de risco, a prioridade é prestar assistência às pessoas, independente do que precisar ser gasto, porém, todas as atividades de apoio incorrem em custos, que afetam a economia local. Portanto, é importante que as operações sejam otimizadas.

De acordo com Hallegatte e Przulski (2010), os custos podem ser classificados como diretos e indiretos. Os custos diretos são aqueles relativos ao desastre em si, como por exemplo a morte de pessoas, danos ambientais, custos de reconstrução do local afetado e produtos e serviços que deixam de ser negociados devido ao desastre. Já os custos indiretos são os causados pelas consequências do desastre, como aumento da dívida do governo local, menos impostos recolhidos e aumento da pobreza e da desigualdade.

Um exemplo de como os desastres podem afetar um país é o do terremoto e tsunami Tohoku-Oki, que ocorreu em 11 de março de 2011, no Japão. Esse desastre é tido como o mais custoso da história da humanidade, com custos estimados em US\$ 211,3 bilhões, dos quais US\$ 130 bilhões foram destinados para a reconstrução de casas, escritórios, indústrias e maquinários; US\$ 16,3 bilhões foram para reparar

serviços como água, gás, eletricidade e comunicações; US\$ 27,5 bilhões tiveram como destino a reconstrução de estradas, aeroportos e portos; por fim, US\$ 37,5 bilhões tiveram outras aplicações, como recuperação da agricultura, florestas e serviços de piscicultura. O desastre desencadeou, também, o acidente na usina nuclear de Fukushima (KAJITANI, CHANG e TATANO, 2013).

O Quadro 3 e o Quadro 4 mostram, em porcentagem, os países mais e menos vulneráveis aos desastres naturais, respectivamente, de acordo com o Relatório Anual de Riscos de 2018, realizado pela organização alemã Aliança para o Desenvolvimento, em parceria com a também alemã Universidade Ruhr de Bochum (MUCKE *et al.*, 2018).

Legenda



Quadro 3 - Os 10 países que apresentam maior risco de desastres

| Ranking | País | Continente | Índice | Exposição | Vulnerabilidade | Susceptibilidade | Falta de enfrentamento | Falta de adaptação |
|---------|------------------|-----------------|--------|-----------|-----------------|------------------|------------------------|--------------------|
| 1 | Vanuatu | Oceania | 50,28 | 86,46 | 58,15 | 36,07 | 86,37 | 52,00 |
| 2 | Tonga | Oceania | 29,42 | 55,92 | 52,61 | 28,93 | 80,06 | 48,82 |
| 3 | Filipinas | Ásia | 25,14 | 49,94 | 50,33 | 29,58 | 81,57 | 39,83 |
| 4 | Ilhas Salomão | Oceania | 23,29 | 37,81 | 61,59 | 47,28 | 82,30 | 55,19 |
| 5 | Guiana | América do Sul | 23,23 | 45,56 | 50,98 | 27,33 | 77,36 | 48,25 |
| 6 | Papua Nova Guiné | Oceania | 20,88 | 31,05 | 67,24 | 55,58 | 83,80 | 62,35 |
| 7 | Guatemala | América Central | 20,60 | 38,50 | 53,50 | 32,98 | 81,35 | 46,17 |
| 8 | Brunei | Ásia | 18,82 | 52,71 | 35,71 | 14,90 | 61,50 | 30,83 |
| 9 | Bangladesh | Ásia | 17,38 | 29,95 | 58,03 | 33,72 | 84,96 | 55,42 |
| 10 | Fiji | Oceania | 16,58 | 35,51 | 46,68 | 22,33 | 75,48 | 42,24 |

Fonte: Adaptado de Mucke *et al.* (2018, p. 48)

Quadro 4 - Os 10 países que apresentam menor risco de desastres

| Ranking | País | Continente | Índice | Exposição | Vulnerabilidade | Susceptibilidade | Falta de enfrentamento | Falta de adaptação |
|---------|----------------|-----------------|--------|-----------|-----------------|------------------|------------------------|--------------------|
| 163 | Suécia | Europa | 2,19 | 9,02 | 24,33 | 15,88 | 41,41 | 15,71 |
| 164 | Luxemburgo | Europa | 2,16 | 9,27 | 23,33 | 12,13 | 40,95 | 16,91 |
| 165 | Finlândia | Europa | 2,06 | 8,55 | 24,06 | 15,81 | 40,90 | 15,46 |
| 166 | Egito | África | 1,90 | 3,93 | 48,32 | 22,21 | 80,85 | 41,89 |
| 167 | Islândia | Europa | 1,61 | 6,75 | 23,87 | 14,14 | 41,88 | 15,58 |
| 168 | Barbados | América Central | 1,40 | 4,03 | 34,69 | 20,59 | 51,88 | 31,59 |
| 169 | Granada | América Central | 1,39 | 3,27 | 42,70 | 27,39 | 63,87 | 36,83 |
| 170 | Arábia Saudita | Ásia | 1,25 | 3,55 | 35,09 | 13,25 | 64,63 | 27,37 |
| 171 | Malta | Europa | 0,57 | 1,84 | 31,02 | 15,07 | 57,65 | 20,35 |
| 172 | Qatar | Ásia | 0,36 | 1,02 | 35,48 | 8,26 | 59,07 | 39,13 |

Fonte: Adaptado de Mucke *et al.* (2018, p. 51)

Conforme apresentados nos Quadros 3 e 4, na análise dos países que apresentaram maiores riscos de desastres foram considerados os fatores exposição, vulnerabilidade, susceptibilidade, falta de capacidade de enfrentamento e falta de capacidade adaptativa, os quais são explicados a seguir, de acordo com Mucke *et al.* (2018):

- Exposição com relação a desastres naturais: apresentam grande pontuação neste quesito nações insulares, principalmente as localizadas na Oceania, devido ao aumento do nível dos oceanos causados pelo aquecimento global e ciclones e terremotos, por se localizarem próximas do anel de fogo do Pacífico;
- Vulnerabilidade social: significa a incapacidade do país em lidar com desastres. Em outras palavras, é a chance de um desastre se tornar uma crise humanitária. Portanto, mesmo países com alta exposição a desastres naturais, como Japão, Holanda e Chile, têm índices baixos de vulnerabilidade social por estarem preparados para um desastre. Os países que apresentam os mais altos índices nesse aspecto, além das ilhas do Pacífico, são os países da região do Sahel, na África, que compreende a região de transição entre o árido deserto do Saara e a fértil savana, devido ao alto índice de ocorrência de secas;
- Susceptibilidade: é derivada da vulnerabilidade. Os países que apresentam altos índices nesse quesito possuem problemas em questões como saneamento básico, qualidade da água, nutrição, razão de dependência, igualdade social e combate à pobreza;

- Falta de capacidade de enfrentamento: o estudo aponta que o ponto em comum entre os países que estão nas 15 primeiras colocações nesse quesito, excetuando-se o Haiti, é o estado de guerra ou pós-guerra civil que eles se encontram;
- Falta de capacidade adaptativa: as razões para a má performance de alguns países nessa questão ficam por conta da desigualdade de gênero e baixos investimentos na saúde pública e na educação e baixa qualidade de vida;

Dentre as organizações mundiais de ajuda humanitária, estão o CICV (Comitê Internacional da Cruz Vermelha) e o MSF (Médicos sem Fronteiras), que são organizações que auxiliam as pessoas que enfrentam problemas sociais e de saúde, desastres e conflitos. A Tabela 1 mostra as atividades realizadas pelo CICV no ano de 2017:

Tabela 1 - Atividades realizadas pelo CICV em 2017

| Atividade | Quantidade |
|--|--------------------|
| Funcionários no terreno, em mais de 80 países | 15.570 pessoas |
| Alimentos doados | 7.794.788 pessoas |
| Vacinas aplicadas | 2.988.458 pessoas |
| Utensílios domésticos distribuídos | 5.375.228 pessoas |
| Distribuição de produtos para melhorar seus meios de subsistência | 3.573.222 pessoas |
| Acesso a água limpa, saneamento adequado e/ou melhores condições de vida | 35.855.715 pessoas |
| Projetos de reabilitação física apoiados | 144 |
| Lugares de detenção visitados | 1.437 |
| Detidos visitados | 940.326 |
| Telefonemas realizados entre familiares | 777.261 |
| Pessoas reunidas com famílias | 980 (800 crianças) |
| Centros de saúde apoiados | 386 |
| Porcentagem de doações que vão para projetos no terreno | 93,5% |

Fonte: Adaptado de Comitê Internacional da Cruz Vermelha (CICV, 2018, p. 7-8)

A Tabela 1 é um exemplo do tamanho das operações que comitês internacionais de ajuda humanitária realizam. Eles atuam em assistência às vítimas de guerras e demais tipos de violência.

Ambas as organizações dependem de donativos, que podem ser realizados através das páginas www.icrc.org/pt e www.msf.org.br.

2.3 LEAN MANUFACTURING/MANAGEMENT

Após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), os industriais japoneses Taiichi Ohno (1912-1990) e Eiji Toyoda (1911-2013) implementaram o sistema Toyota de produção na empresa homônima, com o objetivo de trazer uma produtividade mais eficiente para as empresas, aumentar a participação dos trabalhadores na tomada de decisão e aumentar a escolha dos consumidores. Esse sistema é sinônimo de *lean manufacturing* (manufatura enxuta) e *lean production* (produção enxuta) (STECHEER *et al.*, 2004).

Lean significa desenvolver as atividades em um fluxo contínuo que entrega uma qualidade perfeita. Fluxo não é apenas o de produtos ou serviços, mas também o de informações necessárias para o processo acontecer. Para isso, três dimensões devem apresentar melhoria contínua, como redução do desperdício, melhoria de valor e envolvimento de pessoas (BICHENO e HOLWEG, 2016).

O pensamento japonês veio para fazer oposição ao sistema americano de produção na época, baseado no sistema lote e fila (*batch and queue*), no qual a produção vinha em grandes lotes, possuía muitas atividades que não agregavam valor ao consumidor final e a qualidade dos produtos era menor, já que se pensava que produzir em pequenos lotes era inviável do ponto de vista econômico (ARNHEITER e MALEYEFF, 2005).

Wahab, Mukhtar e Sulaiman (2013) definiram *lean manufacturing* como um tipo de produção que usa menos de tudo em comparação à produção em massa, como esforço humano, espaço físico, investimento e horas de engenharia para desenvolver um novo produto.

Ohno (1988) observou sete tipos de desperdícios pelas empresas, que de acordo com o pensamento *lean*, não deveriam ocorrer. Hicks (2007) os descreve da seguinte forma:

1. Superprodução: ocasiona excesso de produtos e aumento de estoques;
2. Espera: quando uma estação de trabalho está ociosa porque a estação anterior ainda não terminou sua tarefa;
3. Transporte: movimentações desnecessárias de materiais entre estações de trabalho;

4. Processos desnecessários: operações como retrabalho, reprocessamento ou estocagem que ocorrem devido a problemas como defeitos, superprodução e excesso de estoques;
5. Estoques: produtos parados que não estão preenchendo pedidos atuais, podem ser matérias-primas, produtos sendo processados ou finalizados;
6. Movimentações: aqui são incluídos os deslocamentos que os funcionários precisam realizar devido a um *layout* deficitário, na realização de alguma outra tarefa que não agrega valor ou que só está sendo realizada devido a outros tipos de desperdícios;
7. Defeitos: produtos ou serviços que apresentam alguma não conformidade e geram insatisfação por parte do consumidor final.

De acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2013), um estudo realizado dentro da Toyota apontou quatro regras que norteavam os processos de desenvolvimento da empresa. São elas:

1. Todo processo deve ser altamente especificado em relação a conteúdo, sequência, tempos e resultados;
2. Toda comunicação entre a empresa e o cliente deve ser clara e precisa, bem como deve haver um método para pedidos baseado em perguntas que podem ser respondidas com “sim” ou “não”;
3. Todo produto deve seguir um fluxo simples e direto;
4. Toda melhoria deve ser realizada de acordo com uma metodologia científica, sob a supervisão de um professor.

Stecher *et al.* (2004) afirmam que o programa foi criado para a indústria automotiva e depois expandiu-se para outros setores devido à sua maneira revolucionária de fazer negócio, o que trouxe grande aceitação mundial. Entretanto, Bhamu e Sangwan (2014) enfatizam que a maioria das aplicações industriais de trabalhos acadêmicos sobre o tema ainda está no setor automobilístico.

Womack e Jones (2003) propuseram os cinco princípios do pensamento *lean*, que são:

- Especificação de valor: Valor é definido pelo cliente final, é o que faz ele se interessar pelo produto, portanto, agregar valor real ao produto é um papel fundamental dos responsáveis pela produção;
- Identificar o fluxo de valor: Fluxo de valor pode ser entendido como toda ação necessária para levar um produto ao cliente. Deve-se mapear corretamente e integrar tais fluxos de modo que os desperdícios sejam eliminados;
- Fluidez: Com o valor especificado corretamente e o fluxo de valor otimizado, deve-se agregar fluidez aos processos, ou seja, fazê-los em um fluxo contínuo, sem esperas e no ritmo da demanda;
- Produção puxada: Deixar que o cliente dite o ritmo de produção de acordo com a demanda. O pedido do produto puxa as etapas posteriores da produção;
- Busca da perfeição: Após os passos anteriores serem feitos corretamente, observa-se uma redução no custo, esforço, tempo, espaço e erros. A empresa adota a filosofia de melhoria contínua. Assim, o cliente tem um produto cada vez mais parecido com suas especificações.

O *lean manufacturing* utiliza o sistema de produção puxada, que seria o oposto do sistema de produção empurrada. O segundo tipo, segundo Kumar e Panneerselvam (2007), pode ser definido como o sistema de produção convencional, no qual a estação de trabalho anterior empurra a produção para a próxima, o que gera altos estoques durante as tarefas intermediárias do processo produtivo.

Dentre os benefícios da produção puxada estão a redução de custos (menos retrabalho, menor espaço para realizar as tarefas e menor tempo de processamento), melhoria da qualidade (maior detecção de defeitos e maior comunicação), melhoria do serviço ao consumidor (diminuição do *lead time* e do tempo de ciclo e redução das causas da variabilidade), melhora da flexibilidade (evita o congestionamento de processos e há uma menor confiança em previsões) e benefícios logísticos (eficiência e robustez) (AGRAWAL, 2010).

São utilizados, também, no estudo do *lean manufacturing*, os conceitos de *lead* e *takt time*. *Lead time* pode ser definido como o tempo decorrido entre o

recebimento do pedido por parte do consumidor e o produto entregue a ele (MAITI, MAITI e MAITI, 2009). Para Arnheiter e Maleyeff (2005), reduzir essa variável ajuda a melhorar os tempos de reabastecimento, reduzir os estoques ao longo de toda a cadeia de suprimentos e melhorar a resposta da cadeia às incertezas da demanda.

Já o termo *takt time* se iniciou na Toyota e foi baseado na palavra alemã *taktzeit*, que significa ciclo do relógio, é geralmente aplicado a processos com um ritmo definido (SLACK, BRANDON-JONES e JOHNSTON, 2013). É considerada uma das principais ferramentas do *lean manufacturing*, uma vez que se aplicados os princípios *lean*, a economia de tempo que este processo traz não quer dizer que os processos são realizados rapidamente, mas sim no seu ritmo certo, este ritmo é o *takt time* (ALI e DEIF, 2014).

Na literatura são encontrados trabalhos sobre os desafios da implementação do *lean manufacturing*. Destaca-se que, devido às diferentes culturas empresariais, as barreiras podem mudar em diferentes países.

Kumar e Kumar (2014) apontaram, no contexto da indústria indiana, aspectos que dificultaram o sucesso do *lean manufacturing*, tais como: comprometimento da alta gerência, senso de urgência, apoio por parte dos gestores, visão estratégica, recursos trabalhistas, recursos financeiros, comunicação, inovação, tempo, treinamento e entendimento sobre o pensamento *lean*, dentre outros.

Bednarek e Nino Luna (2008) pesquisaram sobre a implementação do *lean* em pequenas e médias empresas mexicanas, apontando como desafios a dificuldade de mudar a cultura organizacional, falta de conhecimento sobre as ferramentas, foco em objetivos a curto prazo, utilização de modelos que não se aplicam às empresas locais, planos de implementação e treinamentos inadequados, falta de recursos, planejamentos e comprometimentos da alta gerência.

Salonitis e Tsinopoulos (2016) disseram que, no contexto da indústria grega, os maiores desafios detectados são dificuldade de mudança por parte dos trabalhadores, entendimento diferente dos conceitos de *lean manufacturing* por parte dos gestores (se comparado aos conceitos na literatura), falta de treinamentos, falta de comprometimento por parte da diretoria, falta de foco no cliente e a não contratação de um especialista no assunto.

O *lean manufacturing* é composto por várias ferramentas que o auxiliam a reduzir o desperdício nas empresas. Algumas delas são descritas nas subseções a seguir.

2.3.1 Melhoria Contínua (*Kaizen*)

O *Kaizen* surgiu no Japão como uma forma de trazer mais participação dos trabalhadores no desenvolvimento da empresa, no qual eles poderiam sugerir melhorias para os processos. É considerado um elemento chave no sucesso de organizações japonesas, mesmo que seja operado de jeitos diferentes dependendo da companhia (BRUNET e NEW, 2003).

A melhoria contínua, ou *Kaizen* (em japonês), é chave para o sucesso de filosofias como o *lean management*. Para aplicar a melhoria contínua, pode-se aplicar o ciclo PDCA (*plan, do, check, act*), que consiste em quatro fases, de acordo com Clark, Silvester e Knowles (2013):

1. **Plan:** planejar (definir o problema, analisá-lo e planejar a solução);
2. **Do:** fazer (testar a solução planejada);
3. **Check:** checar (verificar se os resultados desejados foram obtidos);
4. **Act:** agir (padronização de processos e repetição do ciclo).

Como complemento ao PDCA, pode ser utilizada a ferramenta 5W2H, no qual os 5W representam as palavras inglesas *what, why, who, where* e *when*, ao passo que os 2H são as também palavras inglesas *how* e *how much*. Consiste em uma tabela para representar com maior clareza o que irá ser feito, onde se deve preencher as seguintes informações, segundo o SEBRAE (2008):

- *What:* o que será realizado?
- *Why:* por que deve ser feito?
- *Who:* quem é o encarregado de fazê-lo?
- *Where:* onde será feita a ação?
- *When:* quando se dará a implementação?
- *How:* como funcionará a ação?
- *How much:* quais os custos recorrentes da ação?

Russell e Taylor (2005) *apud* Greasley (2006) adaptaram 10 princípios de Hiroyuki (1988) nos seguintes passos para implementar a melhoria contínua:

- **Criar a cultura de melhoria:** não se deve pensar que o jeito atual de fazer as coisas é o ideal;

- **Tentar várias vezes:** aprender com os erros e, ao invés de buscar a perfeição imediata, conquistar pequenas melhorias de tempos em tempos;
- **Pensar:** procurar as verdadeiras causas dos problemas;
- **Trabalhar em equipe:** realizar atividades como *brainstorming* para verificar novas ideias de como solucionar os problemas;
- **Ter a consciência que a melhoria não tem limites:** sempre procurar novas maneiras de realizar os processos.

2.3.2 Just-in-Time

Criado pela Toyota, o *just-in-time* é um sistema de gerenciamento ou de produção que tem como característica utilizar princípios do controle da qualidade total. Seu objetivo é de baixar os tempos de processamento das operações, controlar os custos para eliminar despesas desnecessárias, criar trabalhadores multifacetados (aptos para fazer várias funções dentro da operação), o que permite produzir conforme flutuações que ocorrem na demanda e ajudar na alocação de trabalhadores para diferentes áreas conforme a produção manda (JUN e WATARU, 2008). Nesse sistema, os produtos são geralmente entregues em lotes pequenos (Hayya *et al.*, 2013). Outras características desse sistema apontadas por Friedli, Goetzfried e Basu (2010) são a diminuição do tempo de *setup* das máquinas, sistema de produção puxada, estoques baixos e otimização do *layout*.

Portanto, esse sistema significa transformar apenas os materiais necessários com o intuito de obter apenas o produto necessário na quantidade necessária, dentro do tempo necessário. Ou seja, deve-se satisfazer as necessidades do cliente sem usar grandes estoques ou perder muitas vendas (STEINER e YEOMANS, 1993).

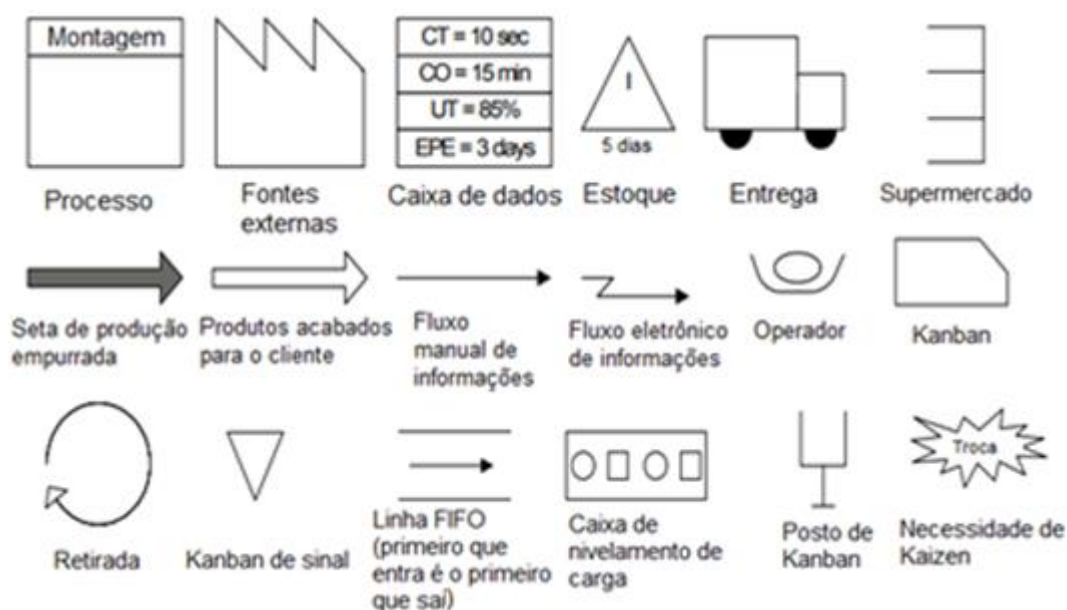
Os conceitos de *just-in-time* estão associados aos conceitos de atraso e adiantamento. Se o produto é entregue ao cliente após o prazo estipulado, há insatisfação por parte dele, além de uma queda nas vendas. Já, se o produto é produzido anteriormente à data de entrega, há mais custos de estoque. Portanto, um planejamento da produção *just-in-time* almeja minimizar as variáveis atraso e adiantamento (ÁLVAREZ-PÉREZ, GONZÁLEZ-VELARDE e FOWLER, 2009).

De acordo com Furlan, Dal Pont e Vinelli (2011), o processo de implementação do *just-in-time* é complexo e deve começar com os processos internos e posteriormente ir para os processos externos.

2.3.3 Mapa de Fluxo de Valor

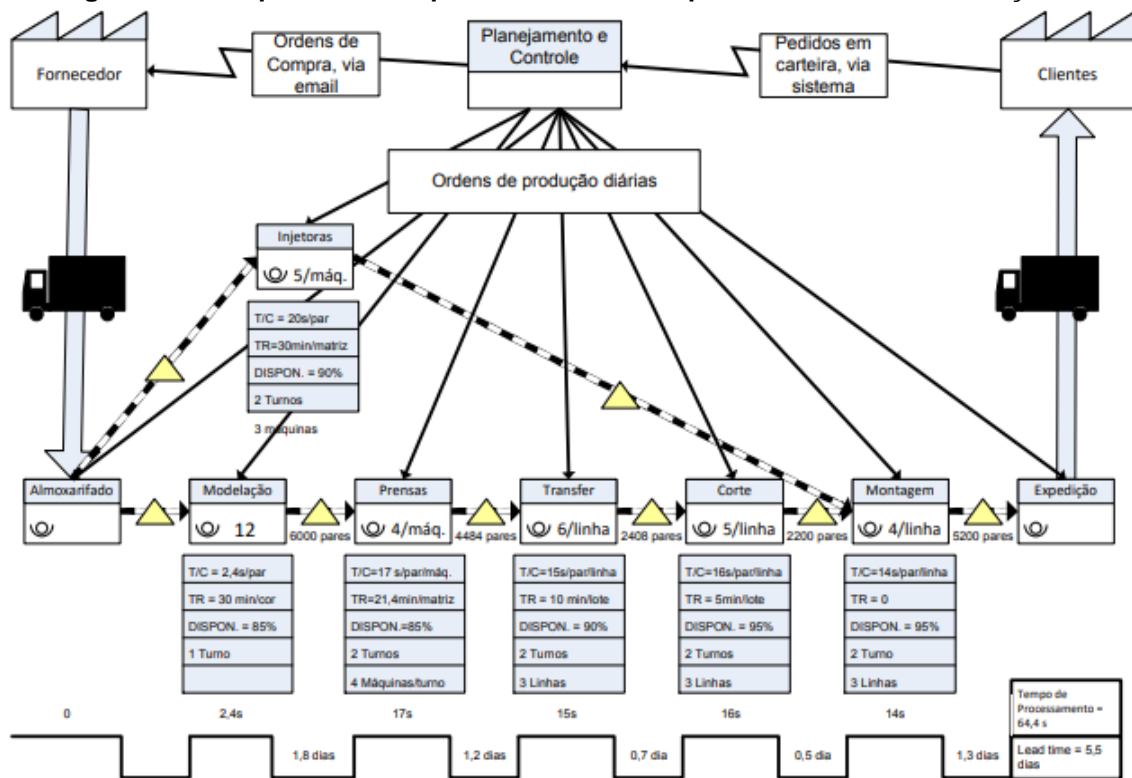
O mapa de fluxo de valor é uma ferramenta destinada a esquematizar todas as atividades referentes a um processo, seja de um produto ou serviço. Reúne tanto as atividades que agregam quanto as que não agregam valor e representa o fluxo tanto de materiais quanto de informações. Mostra a relação dos processos de manufatura com ferramentas de gestão, como planejamento da produção (SINGH, GARG e SHARMA, 2011). Este mapa utiliza símbolos, setas e métricas para mostrar o fluxo de processamento de um produto ou serviço que será entregue ao cliente. Através de sua visualização, pode-se detectar mais facilmente onde estão as atividades que não agregam valor ao cliente, bem como os gargalos do processo (VENKATARAMAN *et al.*, 2014). Os símbolos utilizados neste mapa são mostrados na Figura 5. Já a Figura 6 mostra um exemplo desse mapa na indústria de calçados.

Figura 5 - Símbolos e setas utilizados no mapeamento do fluxo de valor



Fonte: Traduzido de Braglia, Carmignani e Zammori (2006, p. 3947)

Figura 6 - Exemplo de um mapa de fluxo de valor para uma indústria de calçados



Fonte: Lima et al. (2016, p. 379)

A da Figura 6 mostra o planejamento do processo produtivo de calçados, no qual o setor de planejamento e controle da produção recebe pedidos dos clientes, emitindo, assim, ordens de compra para os fornecedores. Com a matéria-prima estocada no almoxarifado, recebem-se ordens de produção diárias para atender os pedidos. Após a manufatura dos produtos, eles são expedidos e chegam ao cliente final. Os tempos dos processos são mostrados na parte de baixo do mapa.

De acordo com Hines e Rich (1997), há sete ferramentas do mapa de fluxo de valor, as quais são oriundas das áreas de engenharia industrial (1 e 5), logística (2 e 6), gestão de operações (ferramenta 3). Elas auxiliam na minimização dos desperdícios dentro da companhia e são as seguintes:

1. Mapeamento do processo;
2. Matriz de resposta da cadeia de suprimentos;
3. Funil da variação da produção;
4. Mapeamento da qualidade;
5. Mapa de amplificação da demanda;
6. Análise do ponto de decisão;
7. Estrutura física

O mapa de fluxo de valor auxilia na identificação de vários fatores, dentre eles estão os descritos por Venkataraman *et al.* (2014), que são: tempo total das atividades que agregam valor, tempo total das atividades que não agregam valor, tempo de ciclo e tempo da troca de ferramentas.

2.3.4 Análise SWOT

É uma ferramenta de análise que alcançou grande popularidade. Ela é útil para analisar o ambiente externo, através da identificação de oportunidades e ameaças, bem como o ambiente organizacional, verificando forças e fraquezas (GHAZINOORY, ABDI e AZADEGAN-MEHR, 2011). Assim, certas características da organização são comparadas com a concorrência, facilitando, assim, a tomada de diferentes estratégias organizacionais (SAMEJIMA *et al.*, 2006).

Segundo Samejima *et al.* (2006), algumas das limitações da análise SWOT incluem:

- A tabela não contém todos os fatores necessários para uma análise mais aprofundada;
- Pode ocorrer dos mesmos fatores serem inclusos na análise de maneiras distintas;
- Diferentes fatores podem ser correlacionados.

2.3.5 Outras Ferramentas

Sundar, Balaji e Sateeshkumar (2014) apontam outras ferramentas que também fazem parte do pensamento *lean*, como *Kanban* (cartões que contêm informações sobre a produção), manutenção preventiva total, gestão da qualidade total, 5S, *scheduling* (programação da produção), FMEA (*Failure mode and effect analysis*) ou análise de modos e efeitos de falha, *Hoshin Kanri*, *Poka-Yoke*, *Gemba Walk*, diagrama de Ishikawa, percepções do trabalhador, restrições de gargalo, tecnologias, manufatura celular, sistema de manufatura em U, balanceamento de linha, fluxo de fabricação, *single minute exchange of die*, *heijunka* (nivelamento da produção) e padronização das tarefas.

2.4 TRABALHOS CORRELATOS

Nesta seção serão apresentados alguns estudos que foram desenvolvidos, os quais analisaram desastres de grande proporção, como por exemplo um desastre que se assemelha ao de Brumadinho, o maior desastre industrial da história segundo Broughton (2005) e um desastre que serviu para aumentar os estudos sobre logística humanitária.

2.4.1 Rompimento da Barragem do Fundão em Mariana-MG

Ramos *et al.* (2017) apresentam um estudo que tem como objetivo analisar os impactos ambientais, econômicos e sociais deste acontecimento. Neste, foi abordado o rompimento da barragem do Fundão, propriedade da mineradora Samarco, na cidade de Mariana, ocorrido em 5 de novembro de 2015. Esta barragem se rompeu, liberando cerca de 34 milhões de m³ de lama contendo rejeitos de mineração ao longo do rio Doce.

Segundo os autores, dentre as ações tomadas pelo poder público logo após o ocorrido, estão as atuações em conjunto da defesa civil, do exército e da força aérea brasileira para a busca de sobreviventes, mobilizando cerca de 9 mil soldados e o reconhecimento do estado de emergência de Mariana, com o intuito de liberar recursos oriundos do FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço).

Este caso trouxe impactos ambientais, econômicos e sociais para os locais atingidos. Alguns dos impactos ambientais listados por Zhouri *et al.* (2016) incluem a morte de peixes, a destruição de casas, o prejuízo às atividades produtivas de comunidades ribeirinhas, interrupção da pesca do acidente até a foz do rio Doce e danos consideráveis na bacia hidrográfica desse rio, do qual muitas pessoas utilizam a água. De acordo com Ramos *et al.* (2017) mais de mil pessoas foram afetadas diretamente pelo acidente, ou seja, tiveram suas moradias inundadas pela lama, já as pessoas que foram afetadas indiretamente pelo acidente são estimadas em 3 mil. Pires (2018) constatou que em algumas cidades afetadas os moradores tiveram uma tendência menor em apoiar uma punição à Samarco, já que ela contribuiu com a

economia dos municípios em que se faz presente e, devido à sua paralisação, a arrecadação nesses municípios diminuiu.

Freitas, Silva e Menezes (2016) estimaram que em algumas cidades, a extração de minério de ferro representa 95% do total das atividades produtivas. Das Neves *et al.* (2018) fizeram um levantamento sobre a ocorrência de transtornos psicológicos nas vítimas pós-acidente, os quais são maiores que a média da população brasileira. Os números são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2 - Ocorrência de transtornos psicológicos entre as vítimas do rompimento da barragem do Fundão

| | Depressão | Transtorno de Ansiedade Generalizada | Transtorno de Estresse Pós-Traumático | Risco de suicídio |
|----------|------------------|---|--|--------------------------|
| Mulheres | 35,4% | 35,4% | 13,9% | 20,8% |
| Homens | 17,3% | 25,9% | 8,6% | 8,6% |
| Total | 28,9% | 32% | 12% | 16,4% |

Fonte: Adaptado de Das Neves *et al.* (2018, p. 49)

Dentre os desafios futuros para a prevenção desse tipo de ocorrência estão, de acordo com Freitas, Silva e Menezes (2016):

- Clara compreensão sobre as causas do rompimento de barragens, anteriormente detectadas;
- Falha dos órgãos públicos no controle e prevenção de riscos (uma vez que os interesses financeiros e de mercado da Samarco se sobrepuseram aos interesses públicos);
- Compreensão dos impactos de uma forma sistêmica.

Segundo o presidente da Vale S/A, eleito após o ocorrido, as ações tomadas após o rompimento da barragem do Fundão, em Mariana-MG, para evitar novos acidentes do tipo, foram:

- Execução de revisões periódicas de segurança de barragens;
- Detalhados planos de ações emergenciais;
- Execução de auditorias externas;
- Implantação de sistemas de sirenes mais modernos;
- Cadastramento da população que pode ser atingida.

2.4.2 Vazamento de Gás Tóxico na Cidade de Bhopal

A Índia obteve sua independência do Reino Unido em agosto de 1947 e um dos seus maiores problemas pós-independência foi a falta de comida. Para contornar a situação, o país, juntamente com Paquistão e Filipinas, adotou, nos anos 1960, novas práticas econômicas no campo, o que aumentou a produção de alimentos nesses países e ficou conhecida como a revolução verde. Com o aumento da produção no campo, a demanda por pesticidas aumentou, o que levou a empresa americana Union Carbide (através de sua subsidiária indiana Union Carbide India Limited) a instalar uma fábrica de pesticidas na cidade de Bhopal, no estado de Madhya Pradesh, que entrou em funcionamento no ano de 1969 (VARMA e VARMA, 2005).

Porém, na passagem do dia 2 para o dia 3 de dezembro de 1984, foram liberadas da fábrica 40 toneladas do gás tóxico isocianato de metila, o que causou a morte imediata de cerca de 3,8 mil pessoas, além da morte prematura de várias outras nos anos seguintes (BROUGHTON, 2005). Varma e Varma (2005) estimam o número de mortes em quase 20 mil pessoas, além de cerca de 200 mil pessoas que foram expostas ao gás.

O fato de que o acidente ocorreu à noite foi um agravante, uma vez que houve a demora no alerta às autoridades competentes, que demoraram a tomar ações preventivas (PEÑA-FERNÁNDEZ *et al.*, 2014). O vazamento foi detectado às 23h30, porém, o primeiro aviso de alerta só foi dado duas horas depois. Neste momento, as pessoas que tiveram contato com o gás já estavam com os olhos e garganta irritados, uma vez que o tempo de duração da liberação do gás é de 45 a 60 minutos (VARMA e VARMA, 2005);

A cidade de Bhopal possui a água do subsolo contaminada com vários produtos químicos, o que acredita ser devido à presença da empresa na cidade durante 15 anos (VARMA e VARMA, 2005). A empresa, que em um primeiro momento não assumiu a responsabilidade pelo ocorrido, indenizou as vítimas em US\$ 470 milhões (BROUGHTON, 2005).

2.4.3 Tsunami de 2004 no Oceano Índico

Esse desastre teve início quando repentinamente a placa tectônica do Oceano Índico se moveu em direção à placa da Eurásia, causando um terremoto na costa noroeste da ilha indonésia de Sumatra, na manhã de 26 de dezembro de 2004. Isso causou ondas gigantes que viajaram a 1000 km/h, o que não proporcionou muito tempo para que os países se preparassem para o tsunami (JAYASURIYA e MCCAWLEY, 2010). A Tabela 3 mostra o impacto que esse desastre trouxe para os atingidos:

Tabela 3 - Número de mortes e pessoas que precisaram ser deslocadas devido ao tsunami

| País | Mortes | Pessoas deslocadas |
|-----------|---------|--------------------|
| Índia | 167.540 | 566.898 |
| Indonésia | 35.322 | 519.063 |
| Sri Lanka | 16.269 | 647.599 |
| Tailândia | 8.212 | n.d. |
| Outros | 555 | 34.700 |
| Total | 227.898 | 1.768.260 |

Fonte: USAID Fact sheets *apud* Jayasuriya e McCawley (2010, p. 3)

Os outros países afetados foram Malásia, Myanmar, Bangladesh, Somália, Quênia, Tanzânia, África do Sul, Madagascar, Seychelles e Ilhas Maldivas.

Telford e Cosgrave (2007) conduziram um estudo sobre a resposta humanitária a esse desastre, tendo em vista as perspectivas mostradas a seguir:

- **Financiamento:** Os autores estimam que US\$ 13,5 bilhões foram arrecadados. Para Flint e Goyder (2006), o montante arrecadado superou as necessidades, estimadas em US\$ 9,3 bilhões, uma vez que a resposta da comunidade internacional foi rápida e muitos órgãos ajudaram.
- **Capacidade e qualidade da resposta humanitária:** apesar de bem vista pela comunidade internacional, foram detectadas pelos autores fraquezas durante o auxílio, o que diminui a capacidade de atender toda a população afetada;
- **Esforços de recuperação:** as organizações de ajuda humanitária puderam dar recursos para as pessoas começarem de novo. Dificuldades foram encontradas devido a conflitos armados que

ocorriam na Indonésia e no Sri Lanka, o que atrapalhou um pouco o princípio humanitário da independência;

- *Ownership* e contabilidade: os autores apontam, aqui, que não houve uma boa comunicação com as populações afetadas. Houve, também, doações não solicitadas, o que atrapalha o fluxo logístico. Apesar de tudo, é ressaltado que não se deve criticar as organizações internacionais por falhas em situações extremas, mas sim ressaltar os problemas que ocorrem. Assim, soluções podem ser tomadas.

Os impactos econômicos dos países mais afetados pelo desastre são listados na Tabela 4.

Tabela 4 - Impactos econômicos nos países mais afetados pelo tsunami

| País | % do impacto humano | Impacto econômico total (US\$ milhões) | % do impacto econômico | Tamanho do impacto em relação ao PIB |
|-----------|---------------------|--|------------------------|--------------------------------------|
| Índia | 14 | 1,224 | 13,1 | 0,2 |
| Indonésia | 55 | 4,451 | 47,7 | 2 |
| Sri Lanka | 26 | 1,454 | 15,6 | 7,6 |
| Tailândia | 5 | 2,198 | 23,6 | 1,4 |

Fonte: Adaptado Flint e Goyder (2006, p. 34)

Devido ao desastre, mais de 2 milhões de pessoas entraram para a pobreza, unindo-se a 1,9 bilhões de pessoas na região da Ásia e do Oceano Pacífico que vivem com menos de US\$ 2 por dia (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2004).

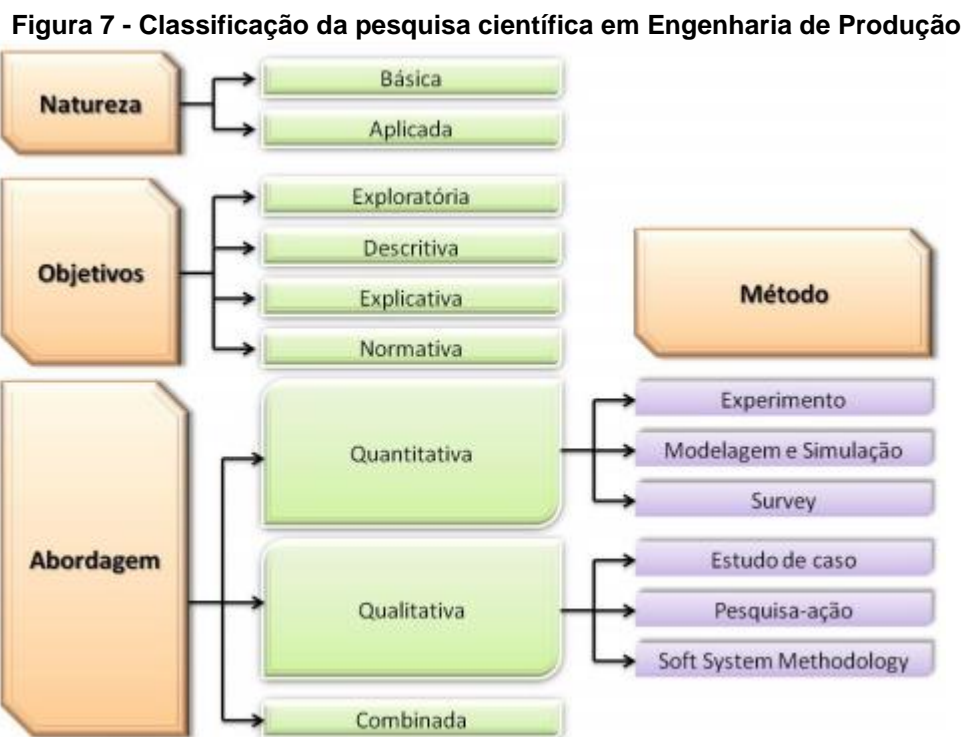
Portanto, estudar desastres é uma maneira de entender suas causas e desdobramentos, o que possibilita tomar medidas que minimizem a ocorrência dos mesmos, bem como otimizar a ajuda humanitária em situações similares que possam ocorrer.

3 METODOLOGIA

Apresenta-se, aqui, uma caracterização da pesquisa científica, bem como a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Miguel *et al.* (2012) defendem a importância da caracterização da pesquisa em Engenharia de Produção por trazerem uma coerência entre referencial teórico, objetivos, desenvolvimento e conclusão. Assim, torna-se mais fácil explicar os objetos de estudo na área. A Figura 7 mostra a classificação da pesquisa científica em Engenharia de Produção:



Fonte: Turrioni e Mello (2012, p. 80)

Faz-se aqui a caracterização desta pesquisa levando em consideração os conceitos apresentados na Figura 7, bem como os aspectos que caracterizam seus tipos.

Natureza: diferente da pesquisa básica, que objetiva gerar progresso científico através de leis e princípios, sem preocupação com sua aplicação, a pesquisa

aplicada visa gerar conhecimentos aplicáveis a uma situação real de maneira quase que imediata (TURRIONI e MELLO, 2012).

Esta pesquisa se identifica como aplicada, uma vez que não há pretensão de criar leis ou princípios sobre determinada área do conhecimento, mas sim analisar fatos que já ocorreram e fazer uma avaliação dos mesmos, com o intuito de criar soluções que podem ser aplicadas a problemas semelhantes que possam vir a ocorrer no futuro.

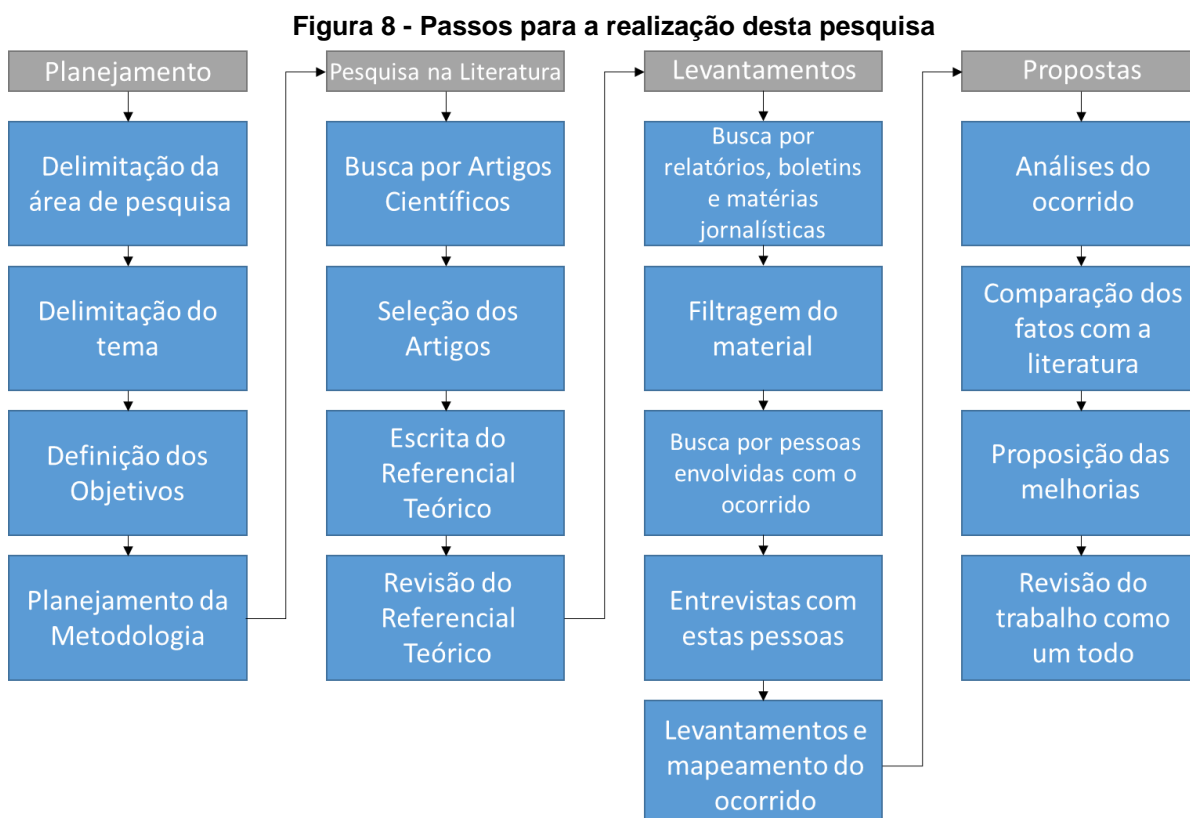
Objetivos: Turrioni e Mello (2012) classificam que a pesquisa exploratória busca tornar o problema familiar e buscar hipóteses. Inclui pesquisas bibliográficas, entrevistas com os envolvidos com o problema e o estudo de exemplos para melhor compreendê-lo. Portanto, a presente pesquisa é considerada exploratória, uma vez que há uma pesquisa bibliográfica em diferentes revistas científicas, livros, veículos de comunicação e relatórios de organizações que envolvem assuntos humanitários, bem como são conduzidas algumas entrevistas com pessoas envolvidas no desastre. Por fim, há a análise de exemplos na literatura: tanto exemplos teóricos quanto exemplos práticos, incluindo a análise de trabalhos que também abordaram algum desastre.

Abordagem: uma das formas de se abordar um problema é através da abordagem qualitativa, a qual baseia-se na premissa de que os resultados não podem ser quantificados por mostrarem uma relação entre a subjetividade do sujeito e a objetividade da realidade (TURRIONI e MELLO, 2012), preocupa-se, aqui, com a perspectiva dos indivíduos que estão sendo estudados, tendo em vista o ambiente em que eles estão inseridos (MIGUEL *et al.*, 2012).

Esta pesquisa tem caráter qualitativo, já que não se utiliza do levantamento de dados numéricos para mostrar seus resultados, os quais serão obtidos por meio da análise dos fatos ocorridos, identificação de fatores listados na literatura sobre logística humanitária e de uma proposta de melhoria através da comparação desses fatos com ferramentas utilizadas no *lean manufacturing*. O método utilizado é o estudo de caso.

3.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Nesta seção, é feita uma identificação das ações realizadas no desenvolvimento deste trabalho, ou seja, após o levantamento bibliográfico e a descrição da metodologia. Os passos da pesquisa podem ser visualizados na Figura 8:

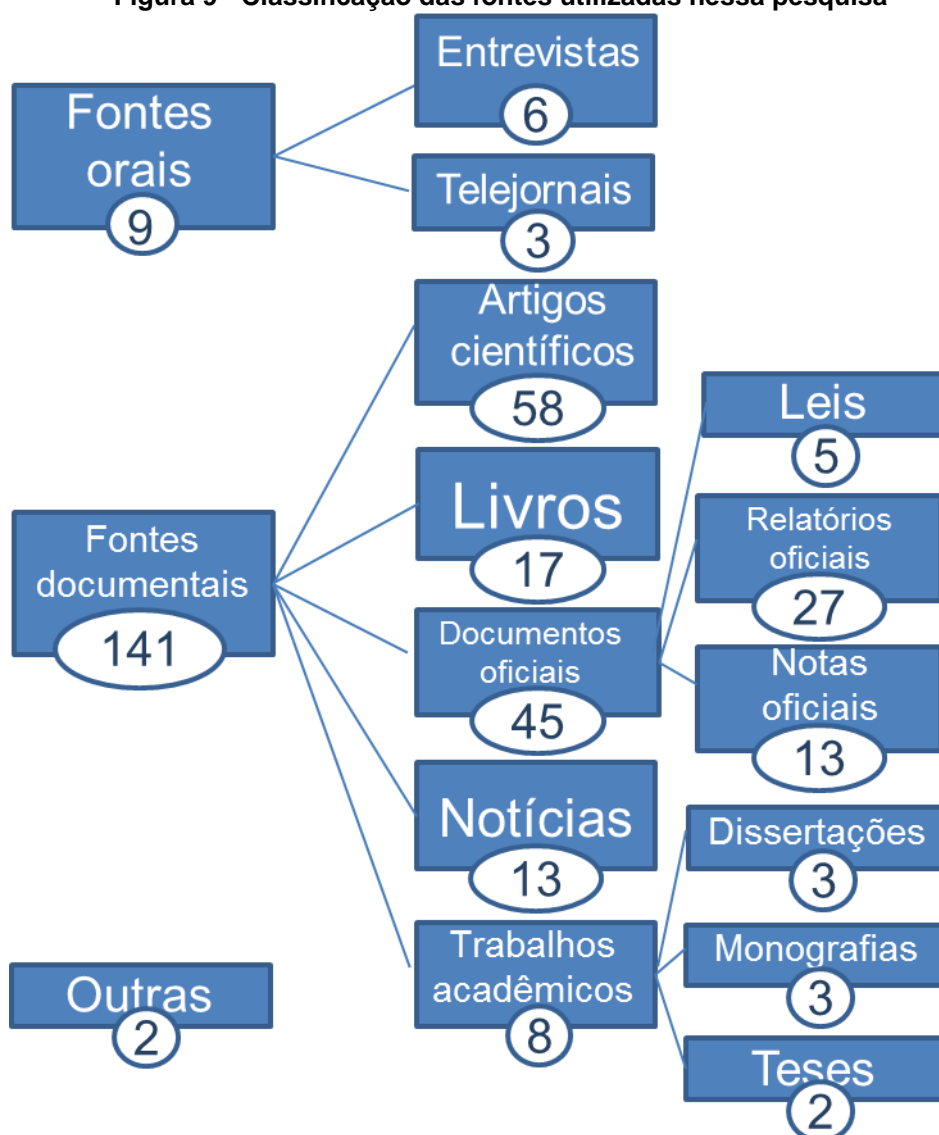


Fonte: Autoria própria (2019)

Os passos dispostos na Figura 8 têm como objetivo dar sustentação ao estudo de caso, que contém as informações descritas nas próximas subseções.

A pesquisa bibliográfica se deu através de coletas em revistas e livros científicos para reunir elementos que dessem suporte às teorias *lean* e de logística humanitária. As plataformas de divulgação científica utilizadas como busca foram Google Acadêmico, JSTOR, Science Direct (Elsevier) e Emerald Insight. Demais fontes foram pesquisadas através do motor de busca Google. Elas podem ser vistas na Figura 9.

Figura 9 - Classificação das fontes utilizadas nessa pesquisa



Fonte: Autoria própria (2019)

As fontes dispostas na Figura 9 têm como objetivo fornecer um embasamento teórico para entender a relevância da pesquisa, bem como um embasamento factual para entender o que aconteceu na barragem I da mina do Córrego do Feijão e seus desdobramentos. Busca-se coletar o máximo de informações relevantes para realizar uma melhor avaliação do ocorrido.

3.2.1 Descrição do Evento

Para realizar uma melhor avaliação do caso, é apresentada uma descrição detalhada dos acontecimentos, desde o rompimento até as ações de resgate que ainda estão acontecendo. As fontes para isso são notícias dos principais veículos de

imprensa que cobriram o acontecimento (de acordo com a cobertura de fatos relevantes para a pesquisa em logística humanitária), relatórios de órgãos oficiais e entrevistas com pessoas que estiveram envolvidas no resgate.

3.2.2 Análise do Modelo de Gestão Utilizado

Nesta etapa, o objetivo é identificar e analisar o modelo de gestão utilizado por todas as organizações humanitárias que atuaram neste desastre. Separados entre as esferas públicas federal, estadual, municipal e iniciativa privada, deve-se analisar como foi realizada a coordenação das ações do resgate, ou seja, quem foram os responsáveis pelos processos de tomada de decisão e como foi realizado o fluxo de informações.

3.2.3 Mapeamento das Ações Realizadas Pelos Órgãos Humanitários

Nesta etapa, o objetivo é identificar e analisar o modelo de gestão utilizado pelo CBMMG (Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais) e demais organizações humanitárias para a coordenação das ações do resgate, ou seja, quem foram os responsáveis pelos processos de tomada de decisão e como foi realizado o fluxo de informações.

São utilizados como fonte portais de notícias, relatórios de organizações, entrevistas com quem vivenciou o dia a dia dos trabalhos, boletins de organizações humanitárias, comunicados oficiais de órgãos governamentais e contatos (telefônicos e eletrônicos). Busca-se, assim, realizar um mapeamento das ações humanitárias realizadas na busca e resgate de vítimas, na ajuda às pessoas que tiveram seus lares destruídos, na recuperação da região, bem como na prevenção de novos acidentes, uma vez que outras barragens na região podem ceder a qualquer momento. Com isso, espera-se ter um melhor embasamento para a criação das ações de melhoria.

3.2.4 Identificação dos Atores Envolvidos

Como visto na literatura sobre logística humanitária, vários atores estão envolvidos na cadeia humanitária. Aqui, busca-se realizar uma síntese entre os atores

envolvidos no rompimento da barragem da mina do Córrego do Feijão, bem como o papel que cada um teve nessa cadeia. As fontes, novamente, são relatórios, comunicados, notícias de veículos de comunicação e contatos realizados com pessoas que estiveram envolvidas com a situação.

3.2.5 Propostas de Melhoria

Após a análise dos acontecimentos e ações realizadas pelas organizações responsáveis pela busca e salvamento das vítimas deste desastre e uma leitura da bibliografia sobre *lean manufacturing*, busca-se apresentar propostas do que poderia ser realizado no resgate para a diminuição dos desperdícios. Serão utilizadas, aqui, ferramentas de gestão que auxiliem nessas propostas e propiciem uma melhor visualização por parte dos leitores.

4 ESTUDO DE CASO

O Brasil possuía, em 2017, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), no mais recente relatório sobre segurança de barragens disponível, 24.092 barragens cadastradas pelos órgãos estaduais (5% a mais do que no ano anterior), das quais 42%, ou 10.095 barragens, não possuíam autorização, ou seja, são irregulares. Cerca de 790 (3,27%) dessas barragens eram utilizadas para o armazenamento de rejeitos de mineração, como mostra o Anexo A.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), dentre os 13.709 empreendedores com cadastro conhecidos, os que possuem mais de 100 barragens são: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (253 barragens), VALE (175 barragens), CMPC Celulose Riograndense LTDA (174 barragens), Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (130 barragens) e Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (116 barragens).

O estado de Minas Gerais, como o próprio nome sugere, tem um histórico de grande atividade mineral, concentrando até hoje grande parte da produção mineral do país. Dados da Agência Nacional de Mineração (ANM, 2019) mostram que o estado é responsável por 99,78% da produção do minério de ferro bruto e 61,7% da produção do minério de ferro beneficiado, que geram, somados, mais de R\$ 37 bilhões anuais à economia mineira. O ferro, por sua vez, representa 73,59% de todos os minerais brutos extraídos no país e 85,86% de todos os minerais beneficiados.

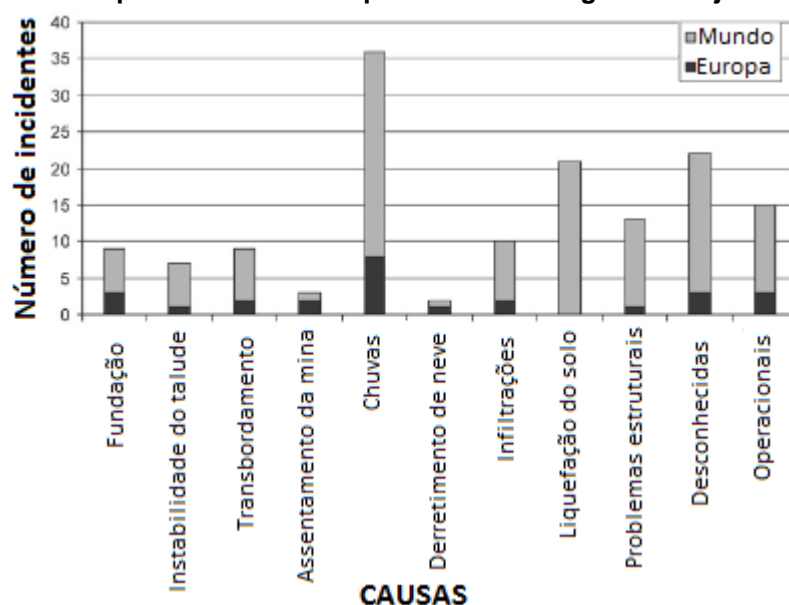
O beneficiamento dos minérios consiste em um processo industrial para o enriquecimento e a purificação dos mesmos, sem ocorrer alterações químicas. Esse processo separa o mineral bruto entre concentrado e rejeito. O último pode ser definido como um material que não possui valor agregado, sendo mantido, portanto, em diques ou barragens (ARAÚJO, 2006). Essas barragens podem ser construídas em uma única etapa (somente um dique é construído e não é necessário alteamento) ou através dos seguintes métodos de alteamento:

- Método de montante: é o método mais barato e simples de ser executado, no qual os próprios rejeitos formam a fundação para os demais diques periféricos, ou camadas de rejeitos. Apesar de ser o mais econômico, é o menos seguro (ESPÓSITO, 2000);

- Método de jusante: considerado mais seguro devido ao dique de partida ser formado pelo solo ou rochas compactadas e não pelos rejeitos, o que garante maior estabilidade (DUARTE, 2008);
- Método de linha de centro: esse método consiste em um meio termo entre os dois métodos citados anteriormente, com o intuito de diminuir suas desvantagens (ARAÚJO, 2006);

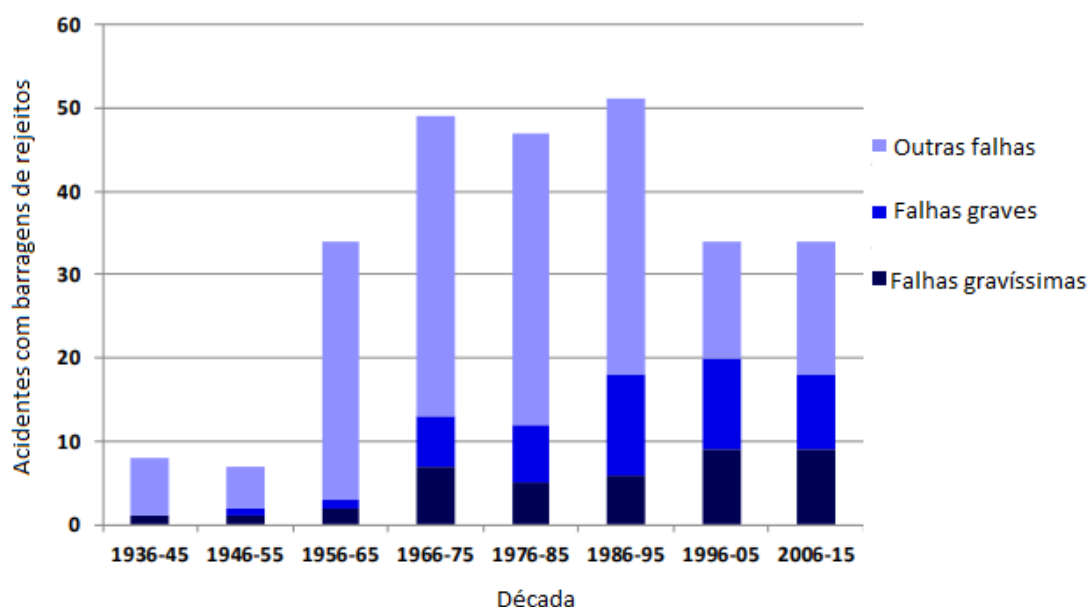
As barragens estão constantemente sujeitas a deformações e rompimentos, devido à sua própria natureza ou a fatores externos ou internos, como falta de inspeções ou de fiscalização durante o seu projeto de construção. Dentre as atividades que podem causar a ruptura da barragem, incluem-se enchentes, secas, falhas no sistema de extravasão ou drenagem, processos erosivos (internos ou de longo prazo), atividades sísmicas, liquefação, deficiências na compactação, escorregamentos internos e recalque excessivo da fundação ou aterro (MACHADO, 2007). As causas dos acidentes que envolveram barragens e que foram adicionadas na base de dados e-EcoRisk até o ano de 2008 são vistas no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Principais causas de rompimento de barragens de rejeitos até 2008



Fonte: Traduzido Rico *et al.* (2008, p. 848)

Nem todo acidente que envolve barragens é grave. Porém, de acordo com Bowker e Chambers (2016), a severidade dos acidentes com barragens de rejeitos vem aumentando, como mostrado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Evolução da gravidade dos acidentes com barragens de rejeitos em todo o mundo

Fonte: Traduzido de Bowker e Chambers (2016, p. 3)

Bowker e Chambers (2015) definem falhas graves como as que liberaram mais de 100 mil m³ de rejeitos ou apresentaram óbitos. Já as falhas gravíssimas são as que apresentaram um volume maior que 1 milhão de m³ de rejeitos, causaram mais de 20 óbitos ou liberaram rejeitos por uma distância de, no mínimo, 20km.

Já os principais acontecimentos envolvendo barragens de mineração no estado de Minas Gerais podem ser vistos no Quadro 5.

Quadro 5 - Principais ocorrências envolvendo barragens de mineração em Minas Gerais

| Ano | Empresa | Município | Breve descrição |
|------|-------------------------------------|-----------|---|
| 1986 | Grupo Itaminas | Itabirito | Rompimento de barragem causando a morte de sete pessoas |
| 2001 | Mineração Rio Verde | Nova Lima | Rompimento de barragem causando assoreamento de 6,4km do Córrego Taquaras e causando a morte de cinco pessoas |
| 2006 | Mineradora Rio Pomba Cataguases | Miraí | Vazamento de 1,2 milhões de m ³ de rejeitos contaminando córregos, causando mortandade de peixes e interrompendo fornecimento de água |
| 2007 | Mineradora Rio Pomba Cataguases | Miraí | Rompimento de barragem com 2,28 milhões de m ³ de material inundando as cidades de Miraí e Muriaé, desalojando mais de 4 mil pessoas |
| 2008 | Companhia Siderúrgica Nacional | Congonhas | Rompimento da estrutura que ligava o vertedouro à represa de Mina Casa de Pedra, causando aumento do volume do Rio Maranhão e desalojando 40 famílias |
| 2008 | Dado não disponibilizado pelo Ibama | Itabira | Rompimento de barragem com vazamento de rejeito químico de mineração de ouro |
| 2014 | Herculano Mineração | Itabirito | Rompimento de barragem causando a morte de três pessoas e ferindo uma |

| | | | |
|------|-------------------|---------|--|
| 2015 | Samarco Mineração | Mariana | Rompimento de barragem com 54 milhões de m ³ causando 19 mortes, desalojando mais de 600 famílias em Mariana e Barra Longa, interrompendo o abastecimento de água em várias cidades e alcançando o mar no Espírito Santo, com efeitos sobre a fauna e flora fluvial e marinha |
|------|-------------------|---------|--|

Fonte: Santos e Wanderley (2016, p. 90)

Com o intuito de minimizar os riscos oriundos das operações com barragens no Brasil, foi criada a lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que dispõe sobre a PNSB (Política Nacional de Segurança de Barragens), a qual se aplica às barragens que servem para a acumulação de água, rejeitos e resíduos industriais e que tenham pelo menos uma das seguintes características (BRASIL, 2010):

- Altura maior ou igual a 15m;
- Volume do reservatório maior ou igual a 3 milhões de m³;
- Acúmulo de resíduos perigosos;
- Dano potencial associado médio ou alto.

Esta lei tem como objetivo assegurar padrões de segurança nas barragens mais perigosas do país, em todas as fases de suas vidas úteis, com o objetivo de minimizar acidentes, bem como ter uma maior fiscalização e monitoramento das mesmas, aplicando ações corretivas caso necessário. As organizações responsáveis pela fiscalização, de acordo com essa política, são as que autorizaram o uso dos recursos hídricos e do potencial hidráulico, o direito minerário e a licença ambiental de operação (BRASIL, 2010). Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), em 2017, das 790 barragens de mineração no país, 421 estavam submetidas à PNSB.

A resolução nº 143 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2012) mostra critérios para a classificação de barragens quanto à sua categoria de risco (características da própria barragem que possam contribuir para um eventual rompimento, como características técnicas, estado de conservação e plano de segurança) e ao seu dano potencial associado (danos à população e à área no entorno da barragem que podem ocorrer em caso de rompimento). A pontuação, segundo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2012), é realizada da seguinte maneira, no caso de barragens de resíduos e rejeitos:

- **Categoria de Risco (CRI):** é o somatório dos riscos oriundos das características técnicas, estado de conservação e plano de segurança da barragem. Uma pontuação abaixo de 35 significa risco baixo, entre

35 e 60 é um risco médio e acima de 60, o risco é considerado alto. Se a barragem apresentar um quesito que possua a pontuação 10 no quesito EC, ela automaticamente é classificada como alto risco. Os fatores levados em consideração para o cálculo da CRI podem ser vistos no Anexo B;

- **Características Técnicas (CT):** leva em consideração fatores como a altura da barragem, o comprimento do coroamento da barragem, o material de construção empregado, seu tipo de fundação, sua idade e o tempo de recorrência da vazão de projeto do vertedouro;
- **Estado de Conservação (EC):** aqui, estão fatores como se as estruturas extravasoras e as de captação são confiáveis, se a barragem apresenta eclusas ou percolação, as deformações e recalques existentes e o estado dos taludes;
- **Plano de Segurança da Barragem (PS):** leva em consideração critérios como se há documentação do projeto, se os profissionais técnicos da área de segurança de barragem são qualificados, se são realizados a segurança e o monitoramento da barragem, se há regra operacional para os equipamentos de descarga, se existem relatórios de vistorias de segurança e se suas análises estão disponíveis;
- **Dano Potencial Associado (DPA):** composto por fatores como volume total do reservatório, existência de população no entorno da barragem e severidade dos possíveis impactos ambientais e socioeconômicos caso ocorra um rompimento. É considerado alto quando possui pontuação maior que 13, médio quando a pontuação varia de 7 a 13 e, valores abaixo de 7 são considerados baixos. O cálculo detalhado para esse quesito pode ser visto no Anexo C.

As Tabelas 5 e 6 mostram a classificação das barragens de mineração do país quanto à CRI e ao DPA, respectivamente, segundo o Relatório de Segurança de Barragens 2017:

Tabela 5 - Classificação das barragens de mineração brasileiras quanto à CRI

| CRI | N° de Barragens | Porcentagem |
|-------------------|------------------------|--------------------|
| Baixo | 383 | 48,48% |
| Médio | 35 | 4,43% |
| Alto | 7 | 0,89% |
| Não classificadas | 365 | 46,20% |
| Total | 790 | 100,00% |

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas (ANA, 2018, p. 24)

Tabela 6 - Classificação das barragens de mineração brasileiras quanto ao DPA

| DPA | N° de Barragens | Porcentagem |
|--------------|------------------------|--------------------|
| Baixo | 435 | 55,06% |
| Médio | 151 | 19,11% |
| Alto | 204 | 25,82% |
| Total | 790 | 100,00% |

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas (ANA, 2018, p. 24)

Como a ANM não possui profissionais capacitados o suficiente para o trabalho, a fiscalização de barragens no país parte do próprio empreendedor, que contrata uma empresa externa para garantir a estabilidade da barragem. O engenheiro, então, realiza uma inspeção visual e verifica dados como licenciamento, projeto, nível de água e medidores de pressão. Se tais dados estiverem dentro das especificações, uma declaração de condição de estabilidade é emitida, a qual tem sua validade determinada de acordo com o potencial de risco da barragem. Além disso, a ANM realiza inspeções quinzenais.

A barragem I da mina do Córrego do Feijão foi fundada em 1976 pela Ferteco mineração, em Brumadinho (cidade de cerca de 36 mil habitantes, situada a 60km de Belo Horizonte) e foi adquirida pela Vale S/A em 2001. Possuía os dados dispostos no Quadro 6:

Quadro 6 - Dados da Barragem I da Mina do Córrego do Feijão

| | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Método de alteamento | A montante |
| Altura | 86m |
| Comprimento de crista | 720m |
| Área dos rejeitos dispostos | 249,5 mil m ² |
| Volume dos rejeitos dispostos | 11,7 milhões de m ³ |

Fonte: Adaptado de Vale (2019c)

Segundo o Cadastro Nacional de Barragens de 2016, realizado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2016), a barragem possuía

rejeitos de minério de ferro, tinha médio porte em relação ao volume, possuía baixo risco de rompimento, porém, um dano potencial alto.

As informações sobre os instrumentos de monitoramento da barragem, no momento da última inspeção antes do rompimento, são encontradas no Quadro 7:

Quadro 7 - Instrumentos da Barragem I da Mina do Córrego do Feijão

| Tipo de Instrumento | Frequência da Leitura | Quantidade |
|----------------------------|------------------------------|-------------------|
| Indicador de nível d'água | Mensal | 37 |
| Piezômetro | Mensal | 90 |
| Régua limnimétrica | Mensal | 1 |
| Medidor de vazão | Mensal | 56 |
| Marco topográfico | Mensal | 7 |
| Inclinômetro | Mensal | 2 |
| Radar interferométrico | Extraordinária | 1 |

Fonte: Tüv Süd Bureau de Projetos (2018, p. 14)

As recomendações realizadas à Vale pela Tüv Süd Bureau de Projetos (2018) (empresa alemã responsável pelo último atestado de estabilidade da Barragem I da mina do Córrego do Feijão), em relação à segurança da barragem podem ser verificadas no Apêndice A.

O Tribunal de Contas da União (TCU, 2018c), instituição que fiscaliza as finanças e a contabilidade dos órgãos federais, em sua auditoria publicada em novembro de 2018, aponta que a ANM, dentre outros órgãos da esfera federal, não possui um código de ética próprio (sendo dependente de códigos de ética genéricos da administração pública), bem como não existem ações que promovam um comportamento ético na instituição, nem se exige dos funcionários um termo de compromisso com essas regras. O mapa de exposição à fraude e à corrupção por parte das agências reguladoras federais pode ser conferido no Anexo D.

Portanto, segundo Tribunal de Contas da União (TCU, 2018c), a ANM ocupa o segundo lugar em exposição à fraude e à corrupção, recebendo uma nota de cerca de 0,85 na escala realizada nessa auditoria, o que é considerada muito alta.

4.1 DESCRIÇÃO DO EVENTO

Informações do Conselho Nacional de Direitos Humanos (CNDH, 2019), trazem que no dia 25 de janeiro de 2019, por volta de 12:28 (horário de Brasília), o

rompimento da barragem I da mina do Córrego do Feijão, liberou quase 12 milhões de m³ de lama contendo rejeitos de mineração, numa velocidade de 70 km/h, o que destruiu equipamentos operacionais da empresa, seu centro administrativo, casas, hortas e sítios nas comunidades próximas à barragem. Segundo o Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG, 2019) encontrava-se, neste centro administrativo, um refeitório, onde estavam vários funcionários da Vale, de empresas terceirizadas, um ônibus e uma locomotiva. A mina estava desativada desde 2015 (ou seja, não recebia mais rejeitos) e ao menos 300 pessoas trabalhavam no local, situado na Vila Ferteco, zona rural de Brumadinho (MENDONÇA e NOVAES, 2019).

O caminho realizado pelo mar de rejeitos, que atingiu um dos afluentes do Rio São Francisco, o Rio Paraopeba, logo após o rompimento da barragem e atingiu 10km lineares, numa área total de 4km², é mostrado na Figura 10.

Figura 10 - Caminho percorrido pela lama nos primeiros momentos após o ocorrido



Fonte: Jaworski (2019)

O boletim da Defesa Civil do Estado de Minas Gerais de 25 de maio de 2019 mostra que o número de pessoas atingidas inclui 395 localizados, 28 desaparecidos, com 242 óbitos, com todos os corpos sendo identificados pelo IML (Instituto Médico Legal) e 137 pessoas desabrigadas. Segundo a PCMG (Polícia Civil de Minas Gerais), 14 casos de pessoas que constavam na lista de vítimas foram desconsiderados e classificados como estelionato ou erros de familiares.

Segundo Brumadinho... (2019c), um juiz do Tribunal de Justiça de Minas Gerais ordenou o bloqueio de R\$ 5 bilhões da Vale. O impacto financeiro que o

rompimento causou à Vale no 1º trimestre de 2019 foi de R\$ 19 bilhões (VALE, 2019c), o que é detalhado na Tabela 7.

Tabela 7 - Impacto do rompimento nas finanças da Vale no 1º trimestre de 2019

| Impacto financeiro do rompimento no 1T19 | Valor (milhões de R\$) | % |
|---|-------------------------------|----------------|
| Acordos de compensação | 9.300 | 49,04% |
| Descomissionamento de barragens de rejeito | 7.100 | 37,44% |
| Despesas com Brumadinho | 392 | 2,07% |
| Volumes perdidos | 1.100 | 5,80% |
| Despesas de parada | 605 | 3,19% |
| Outras despesas | 469 | 2,47% |
| Total | 18.966 | 100,00% |

Fonte: Adaptado de Vale (2019c, p. 3)

O Conselho Regional de Medicina Veterinária de Minas Gerais (CRMV-MG, 2019) coordenou uma equipe de médicos veterinários voluntários na assistência aos animais atingidos pela lama, chamada Equipe Brigada Animal. Até o dia 3 de fevereiro, 350 animais já tinham sido assistidos pela equipe, com 145 que ainda permaneciam na fazenda. Os animais são devolvidos aos seus donos após a conclusão do tratamento e os que não possuem donos serão destinados para a adoção. Os animais que ainda permaneciam na fazenda em 3 de fevereiro podem ser conferidos no Quadro 8.

Quadro 8 - Animais atingidos pela lama que estavam na fazenda da Equipe Brigada Animal

| Animal | Quantidade |
|------------------|-------------------|
| Aves | 15 |
| Pato | 2 |
| Galo | 3 |
| Galinha | 10 |
| Pássaros | 15 |
| Canarinho | 7 |
| Trinca-Ferro | 5 |
| Azulão | 1 |
| Tico-Tico | 1 |
| Não identificado | 1 |
| Répteis | 1 |
| Cágado | 1 |
| Equinos | 13 |
| Bovinos | 33 |
| Felinos | 8 |
| Gatos adultos | 5 |
| Gatos filhotes | 3 |

| | |
|----------------|------------|
| Caninos | 60 |
| TOTAL | 145 |

Fonte: Conselho Regional de Medicina Veterinária de Minas Gerais (CRMV-MG, 2019)

Conforme informado pelo Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV, 2019), dois animais, um bovino e um equino, que agonizavam na lama há quatro dias e não apresentavam condições favoráveis para o resgate devido à instabilidade do terreno, foram eutanasiados pelo método de rifle sanitário. Isto é previsto por uma resolução do próprio órgão, caso o animal agonize e o local esteja com o acesso comprometido. Isso gerou a revolta de alguns ativistas dos direitos dos animais (QUEIROGA, 2019).

Não houve falta d'água em Brumadinho devido ao abastecimento da cidade ocorrer no Córrego Águas Claras, que se localiza à esquerda do sistema Paraopeba. A Copasa (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) suspendeu preventivamente a captação do sistema Paraopeba. A Vale foi responsabilizada pela entrega de água potável para as pessoas abaixo do Rio Paraopeba, uma vez que algumas pessoas dessa localidade realizaram a captação de água não tratada deste rio nos momentos posteriores ao rompimento da barragem. As organizações que realizaram o monitoramento periódico da qualidade da água foram: Copasa, ANA, Instituto Mineiro de Gestão de Águas e pela Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais.

Há uma disputa sobre a culpabilidade do incidente entre a Vale e a Tüv Süd, na qual as duas companhias eximem-se de culpa, atribuindo-a à outra. Em trechos de depoimentos dados à justiça, os diretores da Vale dizem que não sabiam do risco iminente que a barragem poderia trazer, uma vez que os laudos de estabilidade, emitidos pela Tüv Süd, não mencionavam sinais prévios de que a estrutura iria colapsar. Por outro lado, o engenheiro da empresa alemã responsável pelo laudo, disse que, mesmo verificando problemas na estrutura, foi pressionado pela Vale a assinar o documento, declaração esta que ele já havia feito a colegas em um e-mail datado de 13 de maio de 2018 (JUCÁ, 2019).

Foi criada, também, uma CPI (Comissão Parlamentar de Inquérito) no Senado Federal, com a participação de executivos da Vale, funcionários da Tüv Süd Bureau de Projetos e de servidores da ANM, para investigar as causas do rompimento da barragem. Ela ainda estava em andamento nos 4 meses de operações, apresentando sua 11ª reunião em 23 de maio de 2019 (SENADO FEDERAL, 2019).

4.2 MODELO DE GESTÃO UTILIZADO

Os modelos de gestão auxiliam os responsáveis pela gestão dos desastres a realizar suas atividades de uma forma coordenada, eficiente e eficaz (OLIVEIRA, 2010). Neste capítulo são apresentadas algumas decisões realizadas na resposta ao que aconteceu em 25 de janeiro de 2019, em Brumadinho.

4.2.1 Esfera Federal

No mesmo dia, o Governo Federal, por meio do Presidente da República, criou o Conselho Ministerial de Respostas a Desastre, com o objetivo de acompanhar as atividades de socorro e recuperação, por meio das seguintes atribuições segundo informações de Brasil (2019a):

- Monitoramento de ações adotadas para solucionar as demandas dos atingidos;
- Acompanhamento de medidas de recuperação e reconstrução;
- Coordenação e monitoramento das ações dos órgãos públicos;
- Propostas de ações a órgãos públicos;
- Propostas de estudos e medidas legislativas;
- Apoio à atuação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil.

Esse conselho foi formado por quinze ministros de estado: Casa Civil, Defesa, Economia, Cidadania, Saúde, Minas e Energia, Meio Ambiente, Desenvolvimento Regional, Mulher, Família e Direitos Humanos, Gabinete de Segurança Institucional, Justiça e Segurança Pública, Infraestrutura, Secretaria-Geral da Presidência, Secretaria de Governo e Advogado Geral da União. Também participaram do conselho, representantes dos seguintes órgãos: Governo de Brumadinho, Governo de Minas Gerais, outros órgãos de entidades da administração pública federal, Ministério Público (Federal e do estado de Minas Gerais), Defensoria Pública (Federal e do estado de Minas Gerais), Advocacia-Geral de Minas Gerais e demais governos, ministérios públicos, defensorias e advocacias públicas de estados e municípios que poderiam ser atingidos pelo desastre. O conselho funcionará por 6 meses e pode ser

prorrogado pelo mesmo tempo. Após seu término, um relatório deve ser entregue à Casa Civil em até 60 dias (BRASIL, 2019a).

O Diário Oficial da União de 29 de janeiro de 2019 traz a Resolução nº 1 de 28 de janeiro de 2019 deste mesmo conselho que, segundo Brasil (2019c), implica em:

- Recomendação aos órgãos federais que continuem a manter como prioridade os esforços no atendimento às vítimas do rompimento;
- Reforço no apoio institucional a órgãos públicos das esferas federal, estadual (Minas Gerais) e municipal (Brumadinho) nas ações de resposta humanitária;
- Recomendação ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos para que solicitem aos órgãos fiscalizadores que revisem seus procedimentos de fiscalização de barragens, mantenham cadastro atualizado das barragens, exijam o cumprimento da lei por parte dos empreendedores e realizem fiscalização imediata das barragens que possuam um risco ou dano potencial associado alto, no contexto da PNSB;
- Determinação que os agentes fiscalizadores exijam prontamente aos empreendedores o plano de segurança de barragem, também conforme a PNSB;
- Determinação que os órgãos fiscalizadores realizem uma avaliação de necessidade de remoção de construções na área de influência das barragens, para evitar que mais pessoas sejam vítimas deste rompimento.

Dados de Brasil (2019b) mostram outras ações realizadas pelo governo federal após a barragem se romper:

- Decretada situação de calamidade pública pelo Ministério do Desenvolvimento regional, utilizando a Secretaria Nacional de Defesa Civil, uma vez que o evento gerou grande impacto e situações anormais que fazem com que a capacidade de resposta caia;
- Sobrevoos do Presidente da República no local do ocorrido e posterior reunião com representantes de várias esferas de poder;

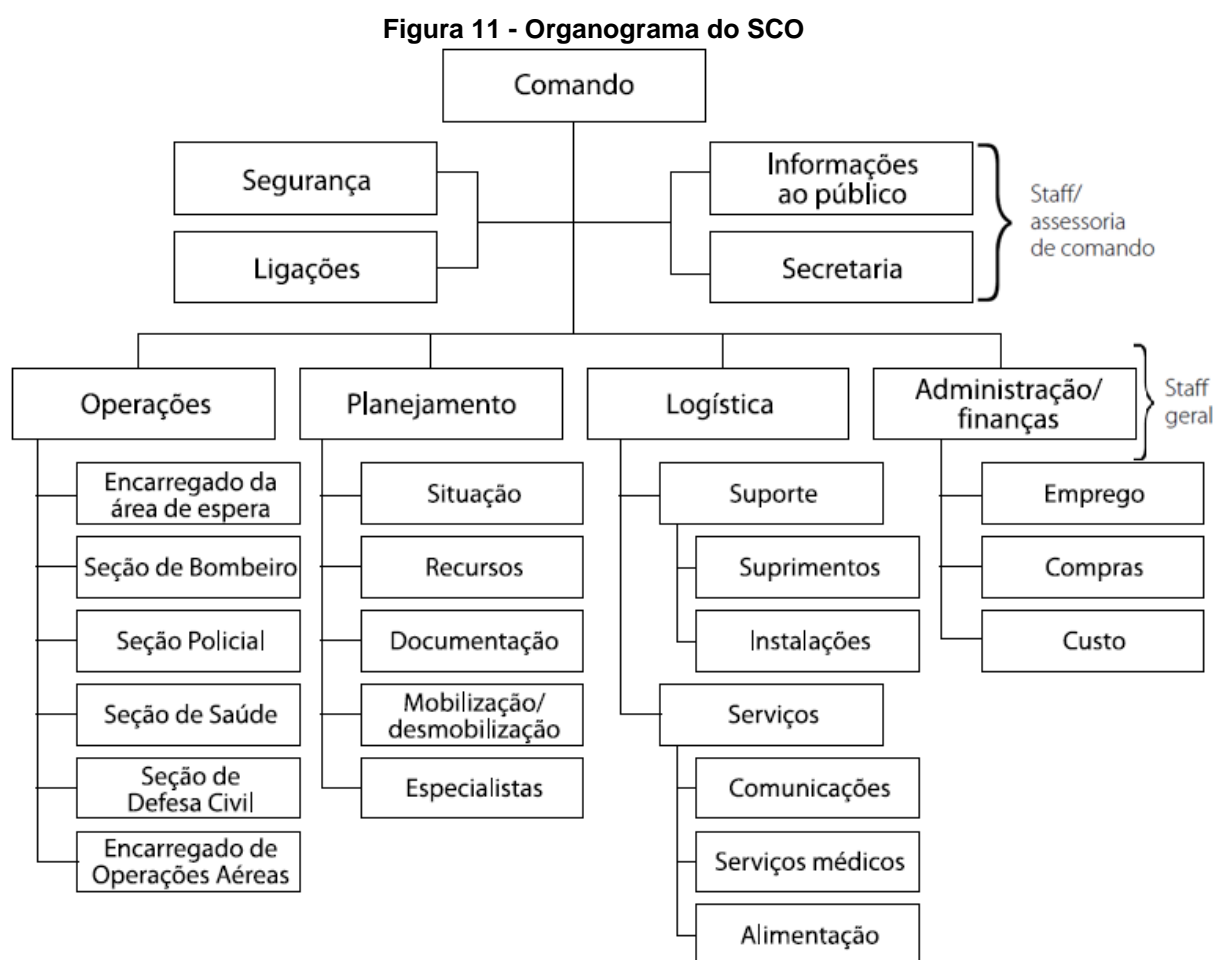
- Monitoramento de áreas que podem representar possíveis ameaças no entorno;
- Multa dada à Vale pelo Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), com cinco sanções de R\$ 50 milhões cada uma, totalizando R\$ 250 milhões. São elas referentes à poluição com danos à saúde humana, tornar a área imprópria para a moradia, poluição hídrica, perecimento de espécies da fauna e lançamento de rejeitos de mineração em recursos hídricos;
- Sanções mais pesadas que poderão ser dadas à Vale, uma vez que ela é reincidente nesse tipo de ocorrência;
- Abertura de uma linha telefônica especial para as vítimas de Brumadinho, através do Disque 100;
- Novas vistorias necessárias em barragens com CRI alto, de acordo com o Ministro de Segurança Institucional;
- Atendimento bancário em caminhões por parte da Caixa Econômica Federal em Brumadinho.

4.2.2 Esfera Estadual

A Defesa Civil utiliza um modelo integrado de gestão chamado SCO (Sistema de Comando de Operações), que serve para padronizar qualquer ação de resposta que precise ser dada a um desastre, não importando sua natureza ou tamanho. O SCO traz mais segurança para as equipes e envolvidos em um desastre, ajuda a atingir objetivos preestabelecidos e otimiza o uso dos recursos, sejam eles humanos, materiais, financeiros, tecnológicos e de informação (OLIVEIRA, 2010). Esse modelo foi utilizado pela Defesa Civil de Minas Gerais nas ações realizadas na área atingida, bem como o mapeamento de informações e recursos presentes (DEFESA CIVIL DE MINAS GERAIS, 2019).

O papel do administrador do SCO assemelha-se a um ciclo PDCA: deve-se planejar ações, organizá-las, dirigir pessoas e recursos e controlar resultados, tomando, também, medidas de correção. Em toda ocorrência, alguém precisa assumir o comando, que geralmente é atribuído primeiramente a algum funcionário do nível operacional (por fazer parte das primeiras equipes que se deslocam até o local),

porém, o comando é transferido para algum funcionário que possui maior qualificação. A estrutura inicial apresenta um comando simples e, se houver necessidade, as outras funções são implementadas, tendo em vista a necessidade e disponibilidade do efetivo. Definir esse sistema de organização faz com que a tomada de decisão seja feita com um melhor aproveitamento dos recursos, maior segurança e melhores resultados (OLIVEIRA, 2010). A Figura 11 mostra o organograma no contexto do SCO.



Fonte: Oliveira (2010, p. 38)

A seguir, encontra-se uma descrição dos postos exibidos na Figura 11, de acordo com Oliveira (2010):

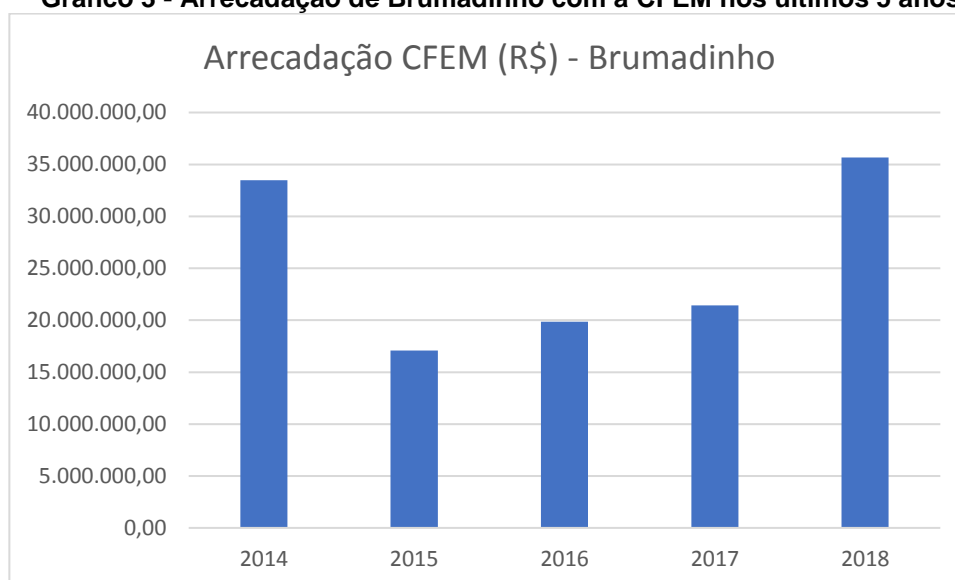
- **Comando:** responsável pela operação, determina objetivos, desenvolve ações e implementa o SCO, é realizado pelo órgão com maior competência para tal (no caso de operações de busca e salvamento, o comando fica a cargo dos bombeiros, por exemplo);

- **Segurança:** cabe a ele a avaliação e o monitoramento das condições de trabalho onde a operação se localiza;
- **Ligações:** realiza o contato com pessoas ou organizações que cooperam com a operação;
- **Informações ao público:** estabelece e divulga informações sobre a operação para a mídia e para o público em geral;
- **Secretaria:** responsável pelas tarefas administrativas dentro do comando;
- **Operações:** responsável por executar o plano de ação do comando, conduz as atividades operacionais no nível tático, é o responsável pelo encarregado da área de espera (que gere a área onde os recursos irão atuar e permanecerem ociosos até o início da operação) e pelos demais coordenadores de operações de diferentes órgãos, como bombeiros, polícia, defesa civil etc;
- **Planejamento:** preparação e documentação de um plano de ação para atingir os objetivos indicados pelo comando. É responsável pelos líderes dos departamentos de situação (que registra o desenrolar da operação), recursos (monitora os recursos aplicados na operação), documentação (escreve o plano de ação e gere os documentos referentes à operação) e mobilização/desmobilização (faz o chamado ou a dispensa de recursos, deve encontrar um equilíbrio entre a mobilização de recursos em excesso e a mobilização tardia de recursos);
- **Logística:** faz a gestão de suporte, recursos e outros serviços em contraste com os objetivos definidos. É responsável pelos líderes de suporte (fornecem suprimentos e instalações) e serviços (responsáveis pela mobilização de comunicações, serviços médicos e alimentação);
- **Administração/finanças:** administra os custos da operação como um todo e controla as partes relacionadas a emprego (controle das horas de trabalho, indenizações e pagamento de horas extras conforme as leis trabalhistas), compras (planejam e executam a aquisição de bens e serviços para os trabalhadores e a população afetada) e custos (controle de gastos).

4.2.3 Esfera Municipal

O prefeito de Brumadinho, em entrevista coletiva, afirmou que a cidade não deve assumir a culpabilidade pelo acidente e a responsabilidade deve ser dada à Vale e ao estado de Minas Gerais, devido à falta de fiscalização da barragem. Segundo Brumadinho... (2019a) ele afirmou que multaria a Vale em R\$ 100 milhões por não ter aprendido as lições provenientes de Mariana e ter deixado acontecer o mesmo com Brumadinho. Cabe salientar que o município é altamente dependente da mineração. O Gráfico 3 mostra a arrecadação dos últimos 5 anos do município com a CFEM (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais), a principal fonte de arrecadação da cidade:

Gráfico 3 - Arrecadação de Brumadinho com a CFEM nos últimos 5 anos



Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Mineração (ANM, 2014), Agência Nacional de Mineração (ANM, 2015), Agência Nacional de Mineração (ANM, 2016), Agência Nacional de Mineração (ANM, 2017) e Agência Nacional de Mineração (ANM, 2018)

A mina do Córrego do Feijão representava 60% do valor da CFEM do município para o ano de 2018, ou seja, R\$ 21,41 milhões. A paralisação das atividades de extração na mina representa grande impacto econômico em Brumadinho (MORAES, 2019).

4.2.4 Iniciativa Privada

Quando soube que a barragem I da mina do Córrego do Feijão tinha colapsado, Vale (2019a) realizou as seguintes ações:

- Comitê de Resposta à Crise criado pela diretoria;
- Criação de três Comitês Independentes de Assessoramento Extraordinário;
- Suspensão da política de remuneração aos acionistas e da remuneração variável para os executivos por parte do Conselho de Administração;
- Maior rapidez no processo de descomissionamento de barragens de rejeitos a montante ainda existentes;
- Contratação da firma de advocacia Skadden para o auxílio às investigações;
- Contratação de um painel de especialistas para ajudar com os trabalhos de investigação;
- Assinatura de um acordo preliminar para indenizações dos afetados com o rompimento.

Os três Comitês Independentes de Assessoramento Extraordinário foram criados por meio de Conselho de Administração da Vale e são compostos por membros não associados à empresa, para realizar ações referentes ao ocorrido. São eles, segundo Vale (2019a):

- **Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Apoio e Reparação:** tem como objetivo acompanhar as ações realizadas na questão do apoio às vítimas e da recuperação do local afetado pelos rejeitos, além de assegurar que sejam aplicados todos os recursos necessários para tal;
- **Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Apuração:** criado com o intuito de investigar as causas que levaram a barragem I a se romper;
- **Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Segurança de Barragens:** ajudar na verificação das condições de

segurança, gestão e minimização de riscos das barragens de rejeitos da empresa, bem como recomendar ações preventivas que aumentem a estabilidade das estruturas.

4.3 MAPEAMENTO DAS AÇÕES REALIZADAS

São listadas, aqui, as ações humanitárias realizadas pelos mais diversos órgãos após o ocorrido. Divide-se as ações em operações de busca e resgate e em ações de acolhimento, assistência e recuperação.

4.3.1 Operações de Busca e Resgate

Após a mobilização das organizações para as operações humanitárias, realizou-se, em um primeiro momento, reconhecimento da área atingida através de sobrevoos, podendo planejar com mais eficiência as operações de busca e resgate. Devido à instabilidade do terreno coberto de lama e rejeitos, impedindo o avanço das equipes por terra, o apoio aéreo foi imprescindível para procurar e resgatar as pessoas e animais atingidos pelo rompimento. As vítimas que se encontravam no refeitório da empresa foram encontradas pelos militares a aproximadamente 800m do local.

Grupos de bombeiros que avançavam por terra e os helicópteros Arcanjo, do CBMMG, Pégasus, da PMMG (Polícia Militar de Minas Gerais) e Carcará, da PCMG, formaram uma operação conjunta para o resgate de pessoas ainda vivas. Os militares não atuavam de madrugada, uma vez que a lama não conseguiria suportar o peso das máquinas pesadas de iluminação. Segundo a Vale (2019f), foram oferecidas pela empresa 40 ambulâncias e um helicóptero para auxiliar no resgate.

O Apêndice B traz uma linha do tempo das operações coordenadas pelo CBMMG, conforme divulgado pela assessoria de imprensa do mesmo, em boletins periódicos ou em coletivas de imprensa. Os números da operação de resgate, baseados em boletins periódicos do CBMMG e da Defesa Civil de Minas Gerais, são apresentados na Tabela 8, que traz os dados divulgados pelos dois órgãos nos 120 primeiros dias de operação.

Tabela 8 - Números dos 120 primeiros dias de campo da operação humanitária em Brumadinho

| Data | Dias de operação | Desaparecidos | Óbitos | Localizados | Bombeiros/ Militares | Outros | Cães ou Binômios | Frentes de trabalho | Máquinas pesadas | Helicópteros ou Aeronaves | Drones |
|-------------|------------------|---------------|---------|-------------|-------------------------|--------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------------|--------|
| 26/1 | 2 | | 34 | | 170 | - | - | - | - | - | - |
| 28/1 | 4 | 279 | 65 | 386 | | | | | | | |
| 31/1 | 7 | 257 | | 395 | | 66* | | | | | |
| 2/2 | 9 | 226 | 121 | 395 | 294 | - | 22 | 20 | - | 15 | 6 |
| 3/2 | 10 | 205 | 121 | 394 | 396 | 58* | 14 | - | 9 | - | - |
| 4/2 | 11 | 199 | 134 | 394 | 375 | 37* | 14 | - | 15 | 9 | 0 |
| 5/2 | 12 | 199 | 134 | 394 | 374 | 25* | 14 | 30 | 25 | 9 | - |
| 6/2 | 13 | 182 | 150 | 392 | 401 | 27* | 12 | 40 | 25 | 12 | - |
| 7/2 | 14 | 182 | 157 | 393 | 359 | 15* | 17 | 24 | 26 | 12 | - |
| 8/2 | 15 | 182 | 157 | 393 | 340 | 29* | 17 | 22 | 28 | 12 | - |
| 10/2 | 17 | 160 | 165 | 393 | 343 | 9* | 19 | 35 | 35 | 11 | - |
| 11/2 | 18 | 155 | 165 | 393 | 354 | 22* | - | - | - | 9 | - |
| 12/2 | 19 | 155 | 165 | 393 | 310 | 23* | 18 | - | 46 | 8 | - |
| 15/2 | 22 | 144 | 166 | 393 | 268 | - | 6 | - | 45 | 7 | - |
| 16/2 | 23 | 145 | 166 | 393 | 254 | - | 6 | - | - | 4 | - |
| 17/2 | 24 | 141 | 169 | 394 | 215 | - | - | - | 47 | 5 | - |
| 18/2 | 25 | 141 | 169 | 394 | 257 | - | 6 | - | 40 | ccd | - |
| 19/2 | 26 | 141 | 169 | 394 | 181 | - | 4 | 10 | 42 | ccd | - |
| 20/2 | 27 | 139 | 171 | 393 | 121 | - | 4 | 10 | 52 | 4 | - |
| 21/2 | 28 | 134 | 176 | 394 | 140 | - | 3 | - | 44 | - | 6 |
| 22/2 | 29 | 133 | 177 | 395 | 117 | - | 3 | - | 44 | 3 | 3 |
| 25/2 | 32 | 129~131 | 179 | 395 | 118 | - | 6 | 14 | 54 | 1 | 5 |
| 27/2 | 34 | 126 | 182 | 395 | 128 | - | 3 | 14 | 56 | 1 | 4 |
| 28/2 | 35 | 122 | 186 | 395 | 124 | - | - | 15 | 62 | ccd | 2 |
| 2/3 | 37 | 115~122 | 186~193 | 395 | 116 | - | 8 | 15 | 65 | 1 | 2 |
| 3/3 | 38 | 115~122 | 186~193 | 395 | 109 | - | 8 | 15 | 51 | - | 1 |
| 4/3 | 39 | 115~122 | 186~193 | 395 | 123 | - | 8 | 15 | 63 | - | 1 |

| Data | Dias de operação | Desaparecidos | Óbitos | Localizados | Bombeiros/ Militares | Outros | Cães ou Binômios | Frentes de trabalho | Máquinas pesadas | Helicópteros ou Aeronaves | Drones |
|-------------|------------------|---------------|---------|-------------|-------------------------|--------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------------|--------|
| 6/3 | 41 | 115~122 | 186~193 | 395 | 109 | - | 8 | 19 | 70 | - | 1 |
| 15/3 | 50 | 102~105 | 203~206 | 395 | 137 | - | 8 | 24 | 83 | 1 | 2 |
| 23/3 | 58 | 93 | 212 | 395 | 139 | - | 0 | 25 | 77 | - | - |
| 25/3 | 60 | 93 | 212 | 395 | 129 | - | 0 | 23 | 78 | - | - |
| 26/3 | 61 | 91 | 214 | 395 | 134 | - | 3 | 23 | 68 | - | - |
| 1/4 | 67 | 79~84 | 217 | 395 | 157 | 2** | 5 | 23 | 75 | - | 2 |
| 4/4 | 70 | 75 | 221 | 395 | 148 | - | 6 | 24 | 108 | - | 1 |
| 11/4 | 77 | 52 | 225 | 395 | 116 | - | 0 | 24 | 88 | - | - |
| 14/4 | 80 | 49 | 221 | 395 | 138 | - | 4 | 19 | 73 | - | 1 |
| 16/4 | 82 | 48 | 222 | 395 | 138 | - | 4 | 23 | 65 | 1 | - |
| 21/4 | 87 | 40~41 | 231~232 | 395 | 140 | - | 6 | 23 | 84 | - | 1 |
| 22/4 | 88 | 41 | 229 | 395 | 140 | - | 6 | 24 | 83 | - | 1 |
| 25/4 | 91 | 37 | 233 | 395 | 136 | - | 4 | 24 | 101 | - | 1 |
| 29/4 | 95 | 35~37 | 233~235 | 395 | 136 | - | 3 | 18 | 91 | - | 1 |
| 6/5 | 102 | 34 | 236 | 395 | 144 | - | 4 | 18 | 114 | - | 1 |
| 9/5 | 105 | 33 | 237 | 395 | 142 | - | 4 | 18 | 114 | - | 1 |
| 14/5 | 110 | 30 | 240 | 395 | 135 | - | 6 | 19 | 87 | - | 1 |
| 19/5 | 115 | 29 | 241 | 395 | 173 | - | 4 | 18 | - | - | 1 |
| 20/5 | 116 | 29 | 241 | 395 | 135 | - | 4 | 21 | 124 | - | 1 |

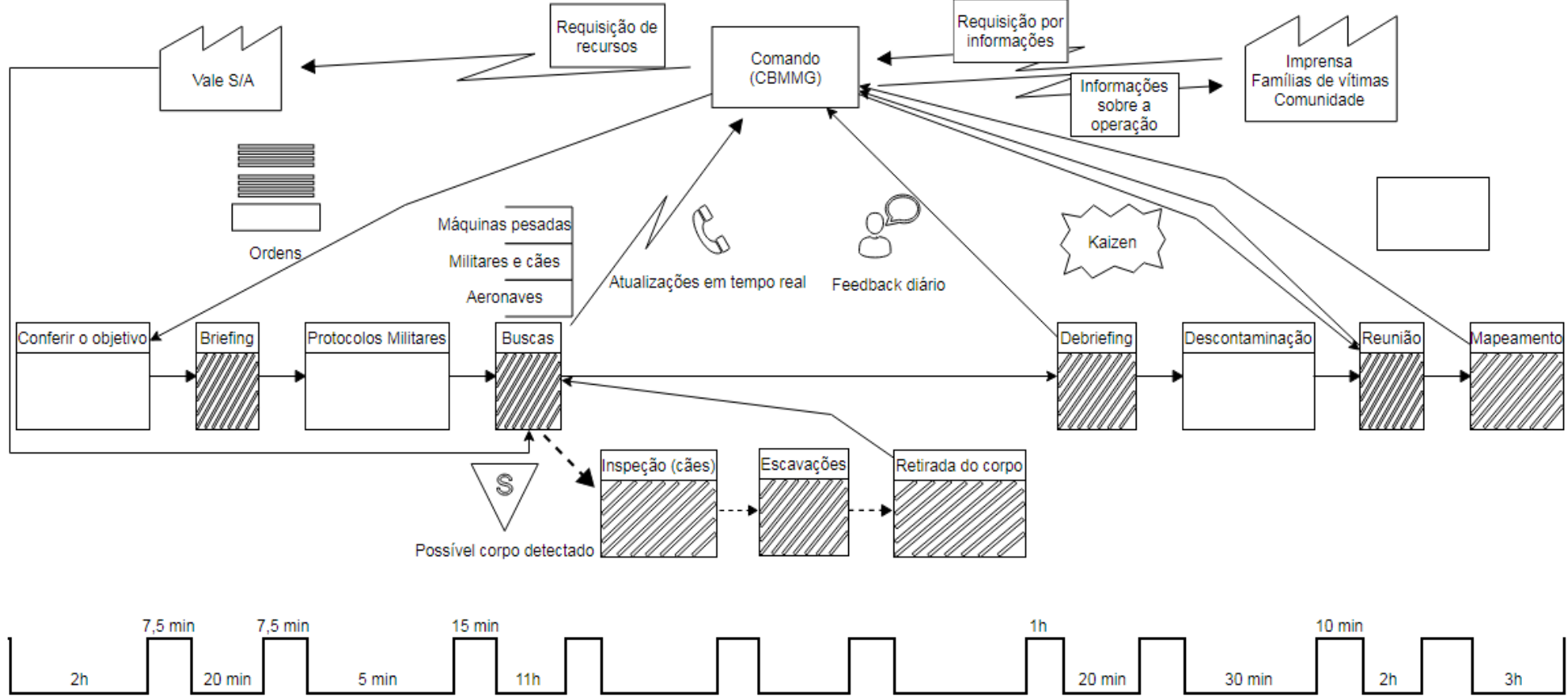
Fonte: Autoria própria (2019)

Observações sobre a Tabela 8 são listadas a seguir:

- Números estimados ocorreram devido ao CBMMG divulgar dados das operações neste dia, mas a Defesa Civil não atualizar o número de vítimas do mesmo dia. Mostra-se, então, os dados relativos aos dias mais próximos do ocorrido;
- O símbolo (-) significa que tal dado não foi fornecido pelo CBMMG neste dia, o que não exclui a possibilidade desta unidade ter sido utilizada. Onde há o número 0, foi divulgado que não havia nenhuma unidade deste tipo sendo utilizada nas operações;
- Onde encontra-se um asterisco (*) significa que voluntários fizeram parte do contingente. Já quando há dois asteriscos (**), médicos e enfermeiros da PMMG foram a campo;
- A sigla ccd foi introduzida pelo autor para caracterizar um dia que as condições climáticas eram desfavoráveis para o uso de aeronaves;
- As unidades localizadas são as pessoas que foram dadas como desaparecidas por outras pessoas, como amigos e familiares, e as equipes de resgate conseguiram contato. O número é flutuante pois, segundo a assessoria de comunicação do CBMMG, foram incluídas, em um primeiro momento, pessoas dadas como desaparecidas por parentes, mas que não tinham relação com o rompimento. Também há o caso de pessoas que comunicaram falsamente o desaparecimento de alguém com o objetivo de receberem indenizações posteriores às vítimas. Após o trabalho realizado pela PCMG, essas pessoas foram desconsideradas da lista.

A Figura 12 mostra o mapa de fluxo de valor de um dia regular de operações integradas na zona quente, seguida de uma explicação sobre a mesma:

Figura 12 - Mapa de Fluxo de Valor de uma operação padrão diária de busca e resgate na zona quente



Fonte: Autoria Própria (2019)

Sob coordenação do comando do CBMMG, o dia de trabalho começava com o objetivo sendo conferido às 4h da manhã pelas primeiras equipes. Às 6h da manhã, os militares já estavam preparados para o dia de trabalho. Era realizado, então, um *briefing* de segurança contendo as operações a serem realizadas no dia, bem como a divisão em frentes de trabalho. Em seguida, eram respeitados protocolos militares, como o hasteamento da bandeira nacional e, então, as equipes deslocavam-se para a zona quente, onde realizavam buscas desde as 7h até o pôr do sol (geralmente entre 18h e 19h). Se algum sinal de que existia um segmento corpóreo for detectado, equipes com cães são deslocadas ao local para realizar a inspeção. Uma vez confirmado que se trata de segmentos humanos, são realizados procedimentos de escavações dos rejeitos ao redor e retirada do corpo. Todas as operações são prontamente reportadas para o comando, com comunicações em tempo real através de rádio e internet. Uma pausa para o almoço ocorre das 12h às 13h.

Após o pôr do sol, os militares são recolhidos para alimentação, também é realizado um *debriefing* de segurança, no qual todas as informações sobre as buscas do dia são repassadas. Logo após, é realizada uma descontaminação dos militares que tiveram contato com a lama, através de jatos pressurizados e o uso de sanitizantes, com o objetivo de prevenir possíveis doenças que podem ocorrer em decorrência do contato direto com os rejeitos (esse procedimento pode variar de 15 a 30 minutos, dependendo da quantidade de lama presente no corpo do militar). Às 21h é realizada uma reunião de planejamento e, então, são tomadas outras providências, como mapeamento das atividades do dia seguinte e distribuição das frentes de trabalho de acordo com as necessidades. As operações vão até as 2h. A Vale auxilia os militares com equipamentos e recursos logísticos.

O balanço completo da operação enviado pelo CBMMG, em 27 de maio de 2019 (dois dias após a operação completar 4 meses, porém o primeiro dia útil após passados os 4 meses), pode ser conferido a seguir:

- **Efetivo:** Cerca de 1.850 militares passaram pela operação. É realizado um sistema de rodízio;
- **Maquinário:** Pelo menos 100 máquinas pesadas foram utilizadas nos serviços de remoção de lama, são elas escavadeira convencional, escavadeira braço longo, escavadeira anfíbio, pá carregadeira, retroescavadeira, caminhão, desencarceradores e peneira vibratória;

- **Equipamentos tecnológicos:** dentre eles, encontram-se 6 *drones* (também chamados de vespas), aplicativos para mapeamentos da área, câmeras termostáticas, equipamentos de geolocalização, balão de observação, sensores de emergência, rádio de comunicação, tecnologias de sensoriamento remoto (aplicação de modelos matemáticos para verificar o fluxo da lama e as possíveis localizações dos corpos e imagens de satélite), microcâmeras, desencarceradores hidráulicos, ferramentas de corte e desmontagem de estruturas;
- **Binômios:** totalizam 56 e tiveram um papel fundamental na localização dos segmentos corpóreos, uma vez que 80% deles foram encontrados pelos cães. Quando um militar encontra algum vestígio, como forte odor ou manchas de sangue, uma equipe com cães se desloca até o local para a averiguação e confirmação do corpo, evitando, assim, movimentações desnecessárias de rejeito;
- **Aeronaves:** 31 foram utilizadas na operação, totalizando mais de 1.600 horas de voo;
- **Tempo de operação:** mais de 2.460 horas de ações de busca e salvamento realizadas;
- **Expediente:** nos últimos 15 dias dos 4 meses de operação, as ações se iniciavam às 6h e terminavam às 2h, totalizando 20h diárias de expediente;
- **Frentes de trabalho:** 21 frentes de trabalho no total, na maior delas somente, são retiradas mais de 16 mil toneladas de lama diárias;
- **Óbitos identificados:** 243 pessoas, índice de 89% de identificação das vítimas fatais;
- **Desaparecidos:** 27 pessoas;
- **Localizados:** 395 pessoas;
- **Corpos ou segmentos corpóreos:** 630 corpos ou segmentos de corpos (pedaços incompletos de corpos) foram encaminhados para o Instituto Médico Legal (IML), para serem identificados através de testes de DNA, 52 deles foram descartados, pois não se tratavam de material humano. Cada 10 a 15 segmentos dão origem a uma nova identificação, em média;

- **Volume de rejeito:** cerca de 10,7 milhões de m³. Segundo o CBMMG, se todo o rejeito fosse retirado, as conchas das retroescavadeiras teriam que realizar 12,5 milhões de movimentações, o que daria 40.584 conchas de rejeito por corpo localizado;
- **Trabalhos de inteligência:** modelos matemáticos para o mapeamento dos fluxos de lama e a comparação com dados georeferenciados de localização dos corpos e a localização das vítimas antes do rompimento, tecnologias de identificação de sinais de celulares, técnicas como a comparação dos materiais encontrados com as mobílias que existiam originalmente nos locais destruídos, *drones* com tecnologia de leitura térmica, instrumentos de monitoramento de alta precisão, dentre outros realizados pelos profissionais capacitados do CBMMG, como engenheiros, geólogos e profissionais da aviação;
- **Previsão de término:** o CBMMG trabalha com dois cenários para o término das operações: a localização e recuperação de todos os corpos até então desaparecidos ou a impossibilidade de encontrar novos corpos em meio à lama por razões biológicas, uma vez que, se os corpos não foram localizados, chegará um momento em que não será possível realizar a distinção de corpos e rejeito, devido ao avançado estado de decomposição dos mesmos. São realizadas reuniões diárias com as equipes para a verificação do *status* das buscas e, com isso, verificou-se que não teve nenhum dia de operação no qual pelo menos um segmento corpóreo não tenha sido encontrado. Até o dia 25 de maio de 2019, não havia previsão para o término das operações.

4.3.2 Ações de Acolhimento, Assistência e Recuperação

O primeiro local escolhido para o acolhimento das vítimas foi a Estação do Conhecimento da Vale em Brumadinho. O local, que está em funcionamento desde 2011, servia inicialmente para atividades socioeducativas para cerca de 700 crianças e adolescentes locais e contou, segundo a Vale (2019d), com 80 profissionais, entre médicos, assistentes sociais e psicólogos, que atuavam 24h por dia.

Outros dois postos foram abertos pela Vale para o atendimento à população, são eles a Faculdade Asa e o Centro Comunitário Córrego do Feijão. A Vale colocou à disposição da comunidade um caminhão frigorífico e um caminhão pipa com água potável (VALE, 2019d).

Dentre as atividades desenvolvidas nos locais após o desastre estão:

- Acolhimento às famílias, com refeições servidas no local;
- Registro e encaminhamento de pessoas desabrigadas para hotéis;
- Cadastramento das famílias das vítimas para indenizações;
- Entrega de 300 chips de celular para as famílias, por parte da Defesa Civil de Minas Gerais;
- Acompanhamento psicológico e assistencial;
- Encaminhamento de doações;

Dentre as ações de recuperação prestadas pelo governo federal, destaca-se o pagamento de benefícios do INSS aos habitantes de Brumadinho, disponível no Diário Oficial da União, de 12 de fevereiro de 2019, através da Secretaria da Previdência.

4.4 IDENTIFICAÇÃO DOS ATORES ENVOLVIDOS

De acordo com o modelo apresentado na Figura 5, na seção 2.2, são identificados, a seguir, os atores da logística humanitária envolvidos no caso do rompimento da barragem da mina do Córrego do Feijão.

4.4.1 Governo

Como visto na seção 4.2, o governo, em todas as suas esferas (governo federal, governo estadual de Minas Gerais e governo municipal de Brumadinho), atuou prontamente na resposta ao desastre, com gabinetes de crise sendo formados, os quais mobilizaram 15 ministérios federais e vários outros órgãos, como advocacias gerais, defensorias públicas e ministérios públicos, novamente nas esferas federal, estadual e municipal.

A ANM, como órgão regulador da atividade mineradora no país, teve como papel o envio de uma equipe composta por geólogos, engenheiros civis e engenheiros de minas especializados em segurança de barragens de mineração para o local, no mesmo dia do rompimento. Seus diretores compuseram o gabinete de crise.

4.4.2 Militares

As forças militares desempenharam um importante papel no resgate às vítimas atingidas pela lama, uma vez que eles realizavam os trabalhos de busca e resgate no meio do mar de rejeitos, em condições extremas. As organizações militares envolvidas neste caso e seu respectivo papel foram:

- Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais: coordenação e planejamento das operações de busca e resgate, realização de operações na zona quente, emprego de antibióticos nos bombeiros para a prevenção de doenças que podem vir a ocorrer pelo contato com a lama, como leptospirose;
- Polícia Militar de Minas Gerais: cerceamento da zona quente para que pessoas não autorizadas pelo CBMMG não entrem na área, patrulhamento nas áreas atingidas e na cidade de Brumadinho para a proteção dos pertences das pessoas que deixaram suas casas e manutenção da ordem pública no cenário de desastre;
- Força Nacional: auxílio ao CBMMG nas operações de busca e salvamento, bem como demais ações de apoio à segurança pública no município de Brumadinho, durante 30 dias;
- Forças Armadas: dados atualizados até a terceira semana de operações mostra que 190 militares do exército, marinha e aeronáutica já tinham auxiliado nas ações, com 150 horas de voo contabilizadas. Auxiliaram no acesso e saída de mais de 1.500 agentes da defesa civil na zona quente (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2019);
- Exército de Israel: com 130 soldados e oficiais e cerca de 16 toneladas de equipamentos, trabalharam no auxílio às operações na zona quente, emprego de equipamentos de alta tecnologia como sonares e radares para diferenciar pessoas, animais e objetos.

O intercâmbio com Israel foi de grande aprendizado, segundo o porta-voz do CBMMG, uma vez que os dois países aprenderam novas técnicas de resgate. Os brasileiros ensinaram a técnica de desmanche hidráulico, realizada para facilitar a escavação de objetos que estão presos na lama enrijecida, que consiste em utilizar a força da água para produzir uma lama menos densa. Já os israelenses ensinaram o manejo de certos aparatos tecnológicos, como o georreferenciamento por *drone* e utilização de sonares e radares.

Corpos de bombeiros de outras unidades da federação tiveram como objetivo auxiliar o CBMMG em suas operações, tanto com militares e cães, quanto com equipamentos como aeronaves. Vale ressaltar que, segundo o CBMMG, todas as unidades da federação ofereceram ajuda por meio do LIGABOM (Conselho Nacional dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil). Foi realizada a convocação das seguintes organizações, conforme a demanda:

- Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas;
- Corpo de Bombeiros Militar da Bahia;
- Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal;
- Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo;
- Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás;
- Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão;
- Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná;
- Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro;
- Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo;
- Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina;
- Corpo de Bombeiros Militar do Sergipe;
- Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul.

4.4.3 Ajuda Humanitária

A Vale, através do Comitê de Ajuda Humanitária (composto por assistentes sociais e psicólogos) ofereceu canais para o atendimento e acolhimento à população atingida através de duas linhas telefônicas (VALE, 2019f). Mais duas linhas podem ser acessadas para as indenizações e para quem queira solicitar ajuda humanitária.

Os números referentes às ações humanitárias realizadas pela Vale até o dia 21 de março podem ser verificados na Tabela 9:

Tabela 9 - Números das ações realizadas pela Vale até 21 de março

| Descrição | Valor (R\$) | Quantidade |
|--|-------------|------------|
| Ações humanitárias | | |
| Doação para cada família atingida e que possui vítima | 100 mil | 269 |
| Doação por imóvel de moradores da zona de autossalvamento | 50 mil | 91 |
| Doação para quem teve impacto nos negócios | 15 mil | 68 |
| Compra de medicamentos, água, equipamentos e custos logísticos | 270 milhões | - |
| Repasse à prefeitura para a aquisição de equipamentos e profissionais de saúde e psicossociais | 2,6 milhões | - |
| Repasse ao CBMMG para aquisição de equipamentos, treinamentos e melhorias | 20 milhões | - |
| Atendimentos médicos e psicológicos realizados | - | 6,8 mil |
| Itens de farmácia adquiridos | - | 46 mil |
| Litros d'água distribuídos (consumo e irrigação) em 19 municípios | - | 38 milhões |
| Hospitais mobilizados para o atendimento das vítimas | - | 10 |
| Acomodações disponibilizadas | - | 208 |
| Pessoas alocadas em lares provisórios, hotéis, pousadas ou casas de parentes ou amigos | - | 265 |
| Ações ambientais | | |
| Pontos de coleta d'água diários no Rio Paraopeba, Reservatório Três Marias e Rio São Francisco | - | 65 |
| Animais resgatados | - | 468 |
| Peixes resgatados | - | 79 |
| Veterinários, biólogos, técnicos e equipes de campo atuando | - | 190 |

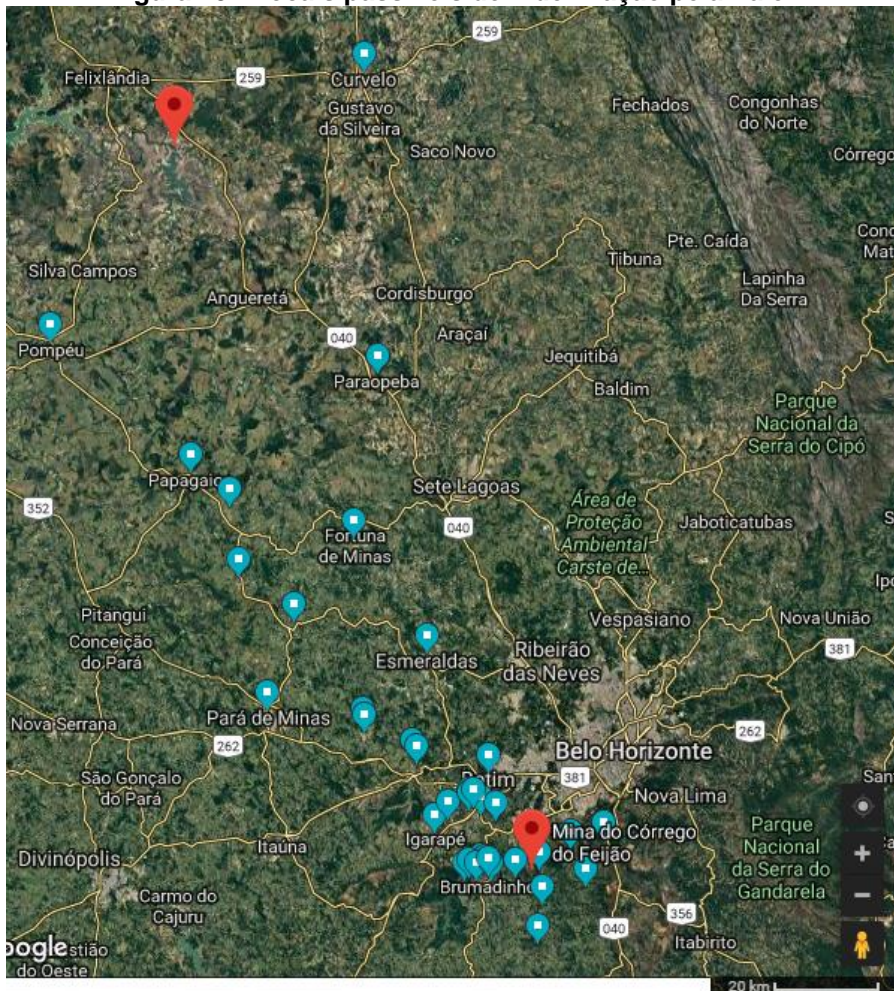
Fonte: Adaptado de Vale (2019e)

A empresa, nos quatro meses das operações, estava realizando o cadastro de pessoas para receber indenizações por um ano. Todas as pessoas com residência em até 1km do leito do Rio Paraopeba, desde Brumadinho até a Represa de Retiro Baixo, em Curvelo-MG, cerca de 200km de Brumadinho, têm direito à indenização.

Uma empresa especializada foi contratada pela Vale para verificar se as pessoas realmente moram a 1km de distância do rio. A indenização, acordada em uma auditoria em 21 de março e com o início dos atendimentos em 25 de março, é de um salário mínimo (R\$ 998 à época) por adulto, meio salário mínimo por adolescente (cerca de R\$ 499) e um quarto de salário mínimo por criança até 12 anos (cerca de R\$ 249,50). As localidades nas quais os moradores são passíveis de indenização podem ser vistas no Apêndice C. A Figura 13 traz um mapa mostrando, em azul, estas

localizações, bem como a mina do Córrego do Feijão e a usina hidrelétrica de Retiro Baixo em vermelho.

Figura 13 - Locais passíveis de indenização pela Vale



Fonte: Autoria própria através do software Google Earth (2019)

Voluntários com conhecimento técnico atuaram na chamada “área morta”, uma zona de transição entre a área inundada e a área seca, na busca de referências e vestígios que possam ajudar as equipes de busca. Também houve voluntários atuando em diversas áreas como higienização dos militares, lavagem de roupas, apoio psicológico e social às vítimas.

4.4.4 Doadores

ONGs (Organizações Não Governamentais), a Vale e organizações governamentais abriram canais para doações. A demanda foi atingida muito rápido,

devido à imediata mobilização nacional e à extensa cobertura da mídia sobre o ocorrido. Pôde-se verificar isso quando o coordenador da Defesa Civil de Minas Gerais afirmou, em 28 de janeiro, que as doações feitas até esta data eram suficientes para a ajuda humanitária e que as pessoas não precisavam mais encaminhar donativos. Mesmo assim, houve grande fluxo de donativos após esse comunicado.

O total de doações recebidas na primeira semana após o desastre, realizado por empresas, ONGs e sociedade civil pode ser visto na Tabela 10.

Tabela 10 – Quantidade de donativos recebidos até 3 de fevereiro

| Item | Quantidade | Unidade |
|---------------------|-------------------|----------------|
| Alimentos e leite | 27 | toneladas |
| Água | 159 mil | litros |
| Roupas | 2 | toneladas |
| Material de limpeza | 11 | toneladas |
| Alimentação animal | 870 | quilos |

Fonte: Brumadinho... (2019b)

Segundo o Servas (Serviço Voluntário de Assistência Social), os donativos repassados pela Defesa Civil foram encaminhados a diferentes instituições sociais no estado de Minas Gerais, conforme necessidade.

4.4.5 ONGs

Houve uma grande mobilização de ONGs logo após o ocorrido. No mesmo dia, foi criada a campanha “Brumadinho pede socorro”, por 8 Organizações da Sociedade Civil, com o intuito de prestar apoio a questões emergenciais, bem como a recuperação de médio e longo prazo dos afetados. A motivação para a criação da campanha, segundo os criadores, se deu pela indignação da população que assistiu a um novo rompimento de barragem de propriedade da Vale em Minas Gerais e à impunidade ocorrida em Mariana. A ideia é criar um fundo emergencial para a reconstrução da área atingida, mostrando total transparência e sem a necessidade de passar por burocracias empresariais (NOSSA CIDADE, 2019). A coleta de donativos foi realizada através de sites de financiamento coletivo.

Quatro grupos de trabalho foram desenvolvidos. Seus nomes e funções, segundo Nossa Cidade (2019), podem ser vistos a seguir:

1. Território: mapeamento e diagnóstico das demandas da população de Brumadinho com o intuito de entender as necessidades e verificar a melhor forma de atendê-las, em constante diálogo com as pessoas;
2. Sociedade: localização, avaliação e escolha de projetos de impacto social, através do contato com quem deseje propor alguma iniciativa que impacte a comunidade;
3. Recursos: captação de recursos que auxiliem as iniciativas do fundo, financeiros ou não. É responsável pela captação de voluntários;
4. Comunicação: divulgação das ações e prestações de contas para a população, recebendo avaliações dos doadores, da comunidade e dos propositores de iniciativas.

Essa iniciativa conseguiu, nos 4 primeiros meses, arrecadar R\$ 133.218, ultrapassando com folga a meta de R\$ 10 mil. O fundo foi renomeado, mais tarde, como Fundo Regenerativo Brumadinho e a meta foi aumentada para R\$ 500 mil (NOSSA CIDADE, 2019).

As ONGs que tiveram atuação na cidade de Brumadinho após o rompimento da barragem I da mina do Córrego do Feijão são vistas no Quadro 9.

Quadro 9 - ONGs que atuaram em Brumadinho

| ONG | Descrição | Atuação em Brumadinho | Fonte |
|--------------------------|---|---|---------------------|
| Associação Nossa Cidade | Promove o desenvolvimento das cidades e seus habitantes através do cuidado com o planeta, a comunidade e as pessoas | Gestão do Fundo Aliança Brumadinho, mais tarde rebatizado de Fundo Regenerativo Brumadinho | NOSSA CIDADE (2019) |
| Aliança Rio Doce | Fundada após o rompimento da barragem do Fundão, com o intuito de ajudar na reconstrução da baía do Rio Doce | Realizar projetos colaborativos no âmbito socioambiental | NOSSA CIDADE (2019) |
| Awesome Foundation | Comunidade global que, através de doações, apoia projetos de interesse coletivo | Fornecimento da plataforma para a sugestão de projetos de reconstrução da comunidade de Brumadinho e do Paraopeba | NOSSA CIDADE (2019) |
| Coletivo Nós | Coletivo criado por moradores de Brumadinho | Realizar reuniões mensais para debater sobre os problemas da cidade, criar eventos e ações de conscientização da comunidade | NOSSA CIDADE (2019) |
| Expedições Rio Doce Vivo | Também criada após o rompimento da barragem do Fundão visando auxiliar na regeneração do Rio Doce | Participação em soluções referentes à gestão de águas | NOSSA CIDADE (2019) |

| | | | |
|----------------------|--|---|-----------------------|
| Baanko | Startup pautada nos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU | Desenvolver o ecossistema de negócios que tenham impacto social | NOSSA CIDADE (2019) |
| PorQueNão? | Portal independente usado para a divulgação de projetos transformadores em todo o Brasil | Interligar realizadores de boas ideias, para que essas ações sejam replicadas no país todo | NOSSA CIDADE (2019) |
| O Mundo que Queremos | Organização que ajuda pessoas a idealizar projetos de publicidade | Auxiliar na implementação de projetos na área de comunicação que possam transformar a sociedade | NOSSA CIDADE (2019) |
| Transforma Brasil | Plataforma digital que visa fomentar o voluntariado e o empreendedorismo social no Brasil | Cadastro online de voluntários para atuar no atendimento médico e psicológico das vítimas, ações de assistência social aos familiares de pessoas desaparecidas, limpeza das casas atingidas e separação dos donativos | PATI (2019) |
| E-Missão | Outra rede criada após o rompimento da barragem do Fundão, visa captar voluntários para auxiliar em ações de assistência e acompanhamento psicológico e social | Cadastro online de voluntários para atuar no atendimento médico e psicológico das vítimas, ações de assistência social aos familiares de pessoas desaparecidas, limpeza das casas atingidas e separação dos donativos | PATI (2019) |
| Mãos sem Fronteiras | Organização internacional que promove o bem-estar pessoal e a saúde biopsíquico-social das pessoas | Atendimento psicológico às famílias, bombeiros, policiais, socorristas e animais nas três primeiras semanas de fevereiro, através de uma técnica de relaxamento chamada de estimulação neural | SIMÕES (2019) |
| Novo Jeito | ONG do estado de Pernambuco que atuou em enchentes no estado em 2010 e 2017 | Auxiliar no serviço de acolhimento às famílias das vítimas | VOLUNTÁRIOS... (2019) |

Fonte Autoria Própria (2019)

As operações de algumas organizações ainda estavam sendo realizadas no fim dos 4 meses de operações, com foco, neste momento, na recuperação socioeconômica e ambiental da comunidade atingida.

4.4.6 Empresas de Logística

A logística é essencial em situações de desastre. A boa gestão de informações, recursos e pessoas contribui para atender o maior número de necessidades possível da população afetada. Em Brumadinho, os principais responsáveis pela logística podem ser vistos no Quadro 10.

Quadro 10 - Responsáveis pela logística em Brumadinho

| Tipo de logística | Organização | Atribuições |
|---|--|---|
| Logística de Informações | CBMMG | Repasse de informações sobre operações na zona quente, através de seu porta-voz oficial |
| | Defesa Civil de MG | Repasse de informações sobre vítimas, donativos, evacuação e estabilidade de construções, através de seu porta-voz oficial |
| | PMMG | Repasse de informações sobre operações de segurança pública e isolamento da zona quente, através de seu porta-voz oficial |
| | PCMG | Repasse de informações sobre investigações relativas ao desastre e reconhecimento de corpos junto ao IML |
| | Mídia | Repasse de informações gerais sobre o caso para a população e plataforma para divulgação das outras informações |
| Logística de militares e equipamentos para operações na zona quente | CBMMG | Deslocamento de tropas e equipamentos para o local do desastre, levantamento da demanda de militares, cães, equipamentos e frentes de trabalho |
| | Vale | Repasse de máquinas e demais recursos para o CBMMG conforme demanda |
| | Demais militares | Deslocamento de suas tropas e equipamentos de seus locais de origem para Brumadinho |
| Logística de ajuda humanitária | Defesa Civil de MG | Recebimento, armazenagem e distribuição de donativos. Evacuação de pessoas de áreas perigosas |
| | Servas | Auxílio no trabalho da Defesa Civil com os donativos, encaminhamento do excedente para outras instituições |
| | Secretarias municipais de esporte e lazer e desenvolvimento social | Auxílio no trabalho da Defesa Civil com os donativos |
| | ONGs | Cadastramento de voluntários para atuarem na ajuda humanitária (separação de donativos, acolhimento etc) e em projetos de reconstrução das áreas afetadas |
| | Vale | Acolhimento e cadastramento de pessoas, indenizações, repasse de donativos, auxílio às demais organizações envolvidas |

Fonte Autoria Própria (2019)

Foram montados três locais para o armazenamento dos donativos: duas quadras esportivas e um centro de apoio em Brumadinho. Como o número de donativos era grande, realizou-se uma classificação por data de validade, para que aqueles que apresentavam data de expiração mais próxima fossem usados antes, a fim de aproveitar ao máximo os produtos perecíveis. Certas roupas chegaram sujas e sem condições de uso. Segundo Damasceno (2019), todos os centros de armazenagem estavam cheios, o que dificulta a triagem e fluxo de distribuição.

4.4.7 Outras Empresas

A mídia teve um papel de destaque no ocorrido, com grandes equipes sendo deslocadas para o local horas após o acontecimento, inclusive com acesso à zona quente, que teve imediata repercussão nacional e internacional, com alguns veículos de imprensa estrangeiros dando destaque para o ocorrido. Essa cobertura tem grande responsabilidade na opinião e mobilização pública.

No dia 30 de janeiro de 2019, houve o que foi classificado, pelo CBMMG, em entrevista coletiva, como uma “tentativa de invasão”, quando uma equipe de televisão quis adentrar o local de um enterro de uma criança vítima do rompimento para realizar uma cobertura jornalística com viés sensacionalista, vista como um desrespeito ao momento de luto da família.

As notícias falsas, conhecidas como *fake news* também atrapalharam os trabalhos e a divulgação das informações em Brumadinho. No dia 28 de janeiro, foram repassadas ao CBMMG coordenadas na mata de pessoas que, supostamente, tiveram contatos com seus familiares.

4.5 PROPOSTAS DE MELHORIA

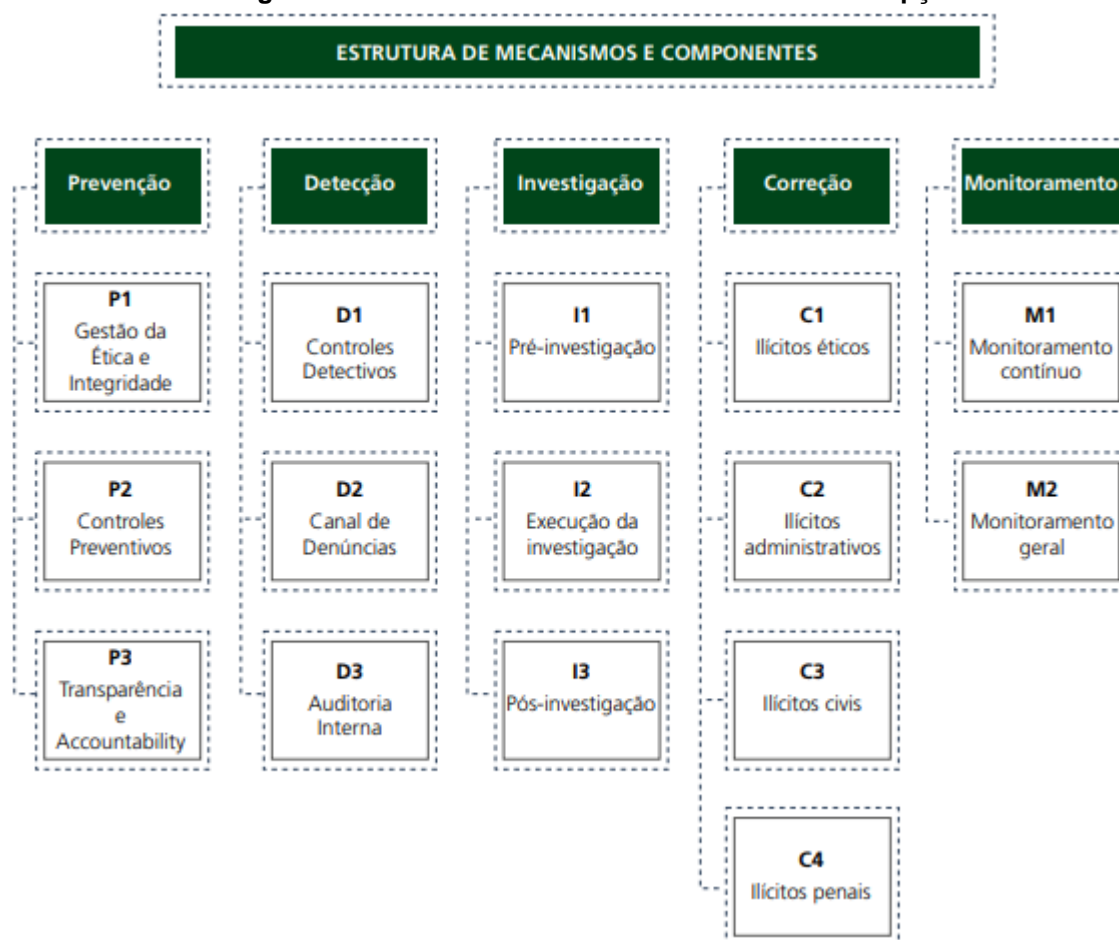
Aqui serão apresentadas algumas propostas de melhoria em toda a cadeia de ajuda humanitária, desde a prevenção do desastre até a recuperação.

4.5.1 Combate à Corrupção

Como visto em Tribunal de Contas da União (TCU, 2018c), a ANM, gestora da atividade minerária no Brasil, é altamente suscetível à fraude e corrupção, o que pode dificultar a inspeção das atividades de mineração, bem como diminuir a segurança das barragens no país.

O próprio Tribunal de Contas da União (TCU, 2018b) traz referenciais de combate à fraude e corrupção, como visto na Figura 14.

Figura 14 - Mecanismos de combate à fraude e corrupção



Fonte Tribunal de Contas da União (TCU, 2018b, p. 31)

Organizações como ONU e a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), da qual o Brasil protocolou pedido de entrada, porém, ainda não é membro, também possuem seus manuais anticorrupção. A Organização das Nações Unidas (ONU, 2007, p. 4) preocupa-se que a corrupção leve a outros delitos, como crime organizado e corrupção econômica (incluindo-se, aqui, o crime de lavagem de dinheiro). De acordo com Meyer-Pflug e Oliveira (2009), o manual da OCDE visa combater a corrupção de funcionários públicos de diversos países no âmbito das transações internacionais, porém, certos pontos podem se adaptar à local.

4.5.2 Construção de Barragens

Barragens a montante ainda existem, mesmo sendo menos seguras, devido ao baixo custo, cerca de três vezes menor do que as barragens a jusante. O Brasil

deveria espelhar-se no exemplo de países como o Chile, que não permite mais que barragens a montante sejam construídas no país (COSTA, 2019).

A Presidência da República, através da resolução nº 4 de 15 de fevereiro de 2019, proíbe a construção de novas barragens pelo método a montante, além de exigir a desativação, descomissionamento ou descaracterização de barragens desse tipo até 15 de agosto de 2019 para instalações, obras e serviços e até 15 de agosto de 2020 para barramentos (BRASIL, 2019d). Essa medida deveria ter sido tomada anteriormente, quando barragens desse tipo já se romperam em 2014, em Itabirito-MG e em 2015, em Mariana-MG, porém, a postura reativa do governo não proporcionou que isso acontecesse.

O projeto da Vale, durante a construção do complexo da mina do Córrego do Feijão, deveria ter levado em consideração um posicionamento mais seguro das estruturas, uma vez que a barragem se localizava acima da área administrativa da empresa, onde várias pessoas trabalhavam no momento do rompimento. O número de mortos poderia ser consideravelmente menor se a área administrativa estivesse localizada em uma área superior à barragem, na qual o fluxo de lama não destruísse sua estrutura, como foi o caso do evento estudado neste trabalho, uma vez que a maioria das vítimas era composta por funcionários da Vale e terceirizados que prestavam serviços para a empresa.

Portanto, na construção de barragens, mesmo as construídas com outros métodos de alteamento, deve-se realizar um mapeamento da área com o objetivo de escolher um local que seja viável economicamente e, principalmente, menos danoso para a população local em caso de rompimento. O governo, por sua vez, deve criar mecanismos de fiscalização eficazes para assegurar que empresas priorizem a segurança das pessoas, animais, construções e meio ambiente no entorno de seus empreendimentos. O projeto de lei nº 3.676/2016, do estado de Minas Gerais, impede que barragens sejam construídas a menos de 10km de comunidades ou áreas de preservação ambiental. Porém, só foi votado quase três anos depois, tornando-se a Política Estadual de Segurança de Barragens (lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019) (MINAS GERAIS, 2019).

4.5.3 Planos de Evacuação

Assim como na barragem do Fundão, em Mariana, não havia sirenes, o que prejudicou o alerta às pessoas que moravam próximas à barragem. Exigiu-se que sirenes fossem instaladas nas áreas próximas às barragens e às que poderiam ser atingidas por um eventual rompimento. Porém, no Córrego do Feijão, há relatos de moradores que não ouviram a sirene tocar (PASSARINHO, 2019). Portanto, as pessoas só perceberam que a barragem se rompeu quando era tarde demais para escapar.

Passarinho (2019) diz também que ouviu relatos de moradores que não sabiam sobre nenhum plano de evacuação ou rota de fuga e que a sirene tocou apenas no domingo, quando havia alerta para o rompimento de outra barragem. No sistema de sirenes, foi emitida uma mensagem exigindo o abandono imediato das residências e o seguimento pelas rotas de fuga até o ponto de encontro, porém, os moradores não tinham conhecimento de qual era a rota de fuga nem onde era o ponto de encontro.

Portanto, as empresas mineradoras, junto com órgãos públicos como a Defesa Civil devem realizar treinamentos com todas as pessoas que podem ser atingidas diretamente com o rompimento de barragens no país, estabelecendo um plano de evacuação completo e claro com sistema de sirenes, rotas de fuga e ponto de encontro seguro para aguardarem novas instruções.

4.5.4 Análise SWOT

Com as informações que foram apuradas, pode-se montar uma análise SWOT, como a do Quadro 11, para se ter uma ferramenta que servirá para posterior análise, ela se baseia no ponto de vista das organizações do governo brasileiro e da Vale.

Quadro 11 - Matriz SWOT das operações humanitárias

| Matriz SWOT | Fatores positivos | Fatores negativos |
|------------------|---|---|
| Fatores internos | Forças | Fraquezas |
| | <ul style="list-style-type: none"> ◦ Treinamento adequado dos profissionais; ◦ Trabalhos integrados pelo SCO; ◦ Tecnologia empregada nos trabalhos de busca e resgate; ◦ Trabalhos de inteligência; ◦ Mobilização de outros militares com efetivo e equipamentos para auxiliarem nas operações; ◦ Organização no processo de acolhimento das vítimas. | <ul style="list-style-type: none"> ◦ Projeto inadequado do complexo da Vale; ◦ Condições extremas de trabalho na zona quente; ◦ Alto número de pessoas para coordenar nas operações; ◦ Alta exposição à fraude e corrupção na ANM; ◦ Falta de ações nas fases de prevenção e preparação; ◦ Poucas ações corretivas em barragens a montante. |
| Fatores externos | Oportunidades | Ameaças |
| | <ul style="list-style-type: none"> ◦ Grande repercussão midiática; ◦ Alta mobilização de voluntários e donativos; ◦ Intercâmbio tecnológico; ◦ Multas às empresas responsáveis pelo rompimento; ◦ Indenizações dadas às famílias atingidas; ◦ ONGs engajadas em projetos de recuperação. | <ul style="list-style-type: none"> ◦ <i>Fake news</i>; ◦ Pessoas mal intencionadas; ◦ Pressão dos familiares; ◦ Riscos de novos rompimentos; ◦ Alta quantidade de donativos heterogêneos; ◦ Pouca infraestrutura na cidade para atender as pessoas; |

Fonte Autoria Própria (2019)

Dentre os fatores positivos internos, destacam-se o treinamento que os militares possuem para esse tipo de situação, com profissionais capacitados em países como Reino Unido, Portugal e Japão; a integração dos trabalhos em um único sistema, que faz com que todas as pessoas envolvidas tenham conhecimento das ações a serem executadas; a tecnologia e os trabalhos de inteligência envolvidos, com mapeamentos e modelos que permitem localizar vítimas debaixo da lama, visto a inviabilidade de se tirar toda a lama; a grande mobilização com as ajudas que foram dadas por outros militares do país e até do exterior, que trouxeram equipamentos complementares para ajudar o CBMMG nas buscas; por fim, destaca-se a organização nos trabalhos de acolhimento e assistência às vítimas do desastre, com o processo sendo executado sem maiores problemas, segundo voluntários.

Já os fatores positivos externos trazem a grande repercussão da mídia sobre o ocorrido, com equipes cobrindo extensivamente o ocorrido nos primeiros dias. Mesmo que no final dos 4 meses de operação, a mídia nacional não esteja cobrindo

com tanta repercussão como foi no primeiro mês, a grande cobertura que ocorreu chamou a atenção do país todo para o problema, com um certo destaque também no noticiário internacional. Isso trouxe uma mobilização nacional (e internacional, no caso da ajuda humanitária de Israel, possibilitando um intercâmbio tecnológico), que fez com que as pessoas se mobilizassem a se voluntariar para auxiliar nas operações humanitárias e a realizar donativos, que foram suficientes já na primeira semana pós-desastre e o excedente foi encaminhado para outras instituições do estado; estão entre estes fatores, também, as multas dadas à Vale pelo Ibama, o que pode fazer com que a empresa melhore suas políticas de segurança; indenizações que as famílias atingidas tiveram, o que pode ser considerado um pontapé inicial para sua recuperação; há também o grande engajamento de ONGs nos projetos de recuperação da população.

Em relação aos fatores negativos internos, destacam-se o projeto do complexo da Vale no Córrego do Feijão, que colocou sua área administrativa em um nível abaixo da barragem; as condições extremas de trabalho, como o terreno, primeiramente instável, fazendo com que os militares afundassem, e depois rígido, o que dificultava a remoção dos segmentos corpóreos. Isso demandou o uso de tecnologias e equipamentos para o auxílio nas operações. Também há de se frisar as longas jornadas realizadas pelos militares, num ambiente perigoso, malcheiroso e impactante; a dificuldade de coordenar 55 órgãos da esfera pública na operação, devido ao alto número de pessoas envolvidas; o fator de que as agências reguladoras são suscetíveis à fraude e corrupção, o que contribui para que as fiscalizações sejam terceirizadas; a falta de ações na gestão de riscos, como o aumento da segurança das barragens, os planos de evacuação e o descomissionamento de barragens a montante.

Por último, os fatores negativos externos contam com as *fake news*, que atrapalharam o trabalho do CBMMG com informações falsas de sobreviventes, o que acarretou em uma mobilização desnecessária de tropas e recursos, um desperdício de tempo que poderia ser aplicado para outras atividades e a repercussão de informações incorretas na sociedade. A prevenção de notícias desse tipo se espalharem é dificultada em redes sociais com forte criptografia, que é o caso do aplicativo de mensagens *WhatsApp*, porém, em redes sociais como o *Facebook*, os próprios usuários podem sinalizar o que é falso, o que faz com que o aplicativo bloqueie sua divulgação. Modelos para a minimização desse tipo de informação são

estudados, como trazido por Tschitschek *et. al.* (2018); outro fator foi o fato de que algumas pessoas que deram o nome de familiares na lista de desaparecidos com o objetivo de ganhar indenizações da Vale, o que foi investigado e solucionado pela PCMG; houve, também, pressão dos familiares por notícias, mesmo com as informações sendo repassadas diariamente pelos porta-vozes do CBMMG, PMMG, PCMG, Defesa Civil e Forças Armadas, o que faz os militares trabalharem sob ainda mais pressão; os riscos de novos rompimentos na área atingida, mais precisamente na barragem IV, que armazenava água de reuso, fez com que as operações fossem suspensas no segundo dia (BRUMADINHO..., 2019c). Alarmes foram acionados e as pessoas foram evacuadas. Porém, logo, foram retomadas; a alta quantidade de donativos heterogêneos recebidos também se caracteriza como uma ameaça, já que demandam um maior tempo de triagem; por fim, a pouca estrutura de Brumadinho para receber uma grande quantidade de visitantes nesse período pode acarretar em falta de recursos para as pessoas que mais necessitam.

4.5.5 Logística

Em uma operação humanitária com muitas vítimas e um fluxo grande de recursos provenientes da ajuda humanitária, por vezes, os donativos são heterogêneos e não correspondem às necessidades reais da população afetada, portanto, vale a recomendação de Leiras *et al.* (2017), ensinar a mídia a encorajar as pessoas a realizar donativos em espécie ou em produtos específicos que supram outras necessidades da população afetada, além de alimentação, vestuário e higiene, para que os receptores adquiram os produtos que mais condizem com as necessidades. Se muitas pessoas não queiram realizar donativos em espécie por não saber se seu dinheiro será realmente aplicado na ajuda humanitária, as organizações que administram os donativos devem realizar uma gestão transparente com a população, disponibilizando documentos e relatórios que comprovem a correta aplicação dos recursos, como faz o Comitê Internacional da Cruz Vermelha (CICV, 2018).

Outra recomendação trazida por Leiras *et al.* (2017) e aplicável a este estudo é a da criação de um centro para a pré-seleção e triagem de itens não prioritários em uma cidade de maior porte, como Belo Horizonte, que fica próxima a Brumadinho e

possui mais locais para o armazenamento desses recursos. Lá, seria realizada uma melhor classificação e seleção de certos itens, deixando os galpões de Brumadinho responsáveis por itens de prioridade máxima.

4.5.6 Conscientização da População

Um problema apontado por voluntários e funcionários de organizações de ajuda humanitária que vivenciaram o dia-a-dia em Brumadinho foi a grande circulação de pessoas na cidade, que não possui estrutura para abrigar a quantidade de pessoas que estavam lá durante os primeiros dias após o desastre. As pessoas possuem o direito fundamental de ir e vir e muitas querem ajudar presencialmente da maneira que podem, porém, a circulação desenfreada de pessoas causa problemas na logística humanitária, podendo gerar movimentações desnecessárias e atrasar certas ações.

O que deve ser feito é uma conscientização da população através dos grandes veículos de comunicação para que elas apenas compareçam à cidade se necessário, mostrando os problemas oriundos da superpopulação temporária em uma cidade que não possui estrutura para acomodá-los. Deve-se realizar uma ação coordenada entre poder público, ONGs e empresas privadas para verificar a necessidade de voluntários e apenas realizar a convocação do número necessário de pessoas (o que foi feito pela Transforma Brasil e E-Missão, que suspenderam o cadastramento de voluntários quando o contingente ultrapassou a necessidade).

4.5.7 Prestação de Contas

Para ser realizada uma avaliação do ocorrido, é importante apurar os fatos. Após a busca em artigos, documentos, portais de notícias e páginas da internet, foi verificado que muitas informações pertinentes a essa pesquisa não foram divulgadas pelos veículos de comunicação e órgãos competentes (alguns relatórios só sairão após a conclusão das operações), portanto realizou-se contatos com órgãos e empresas responsáveis por ações humanitárias em Brumadinho. As informações referentes aos contatos realizados por telefone podem ser vistas através do Quadro 12:

Quadro 12 - Contatos telefônicos realizados para a pesquisa e seus desdobramentos

| Telefone | Destinatário | Razão | Tentativas | Duração total | Resultado | Dúvida sanada ? |
|----------------|--|---|---------------------|---------------|--|-----------------|
| (31) 3915-7568 | Assessoria de imprensa CBMMG | Coleta de dados das operações | 2 (todas atendidas) | 00:47:57 | A assessora de imprensa e o porta-voz repassaram vários detalhes importantes para a realização desta pesquisa | Sim |
| (31) 3349-2400 | Servas MG | Coleta de dados sobre os donativos | 1 (atendida) | 00:04:12 | O Servas não possui essas informações, contatar a Defesa Civil | Não |
| (31) 3571-3001 | Prefeitura de Brumadinho | Informações sobre as ações municipais | 4 (2 atendidas) | 00:05:29 | Informações logísticas são com a Secretaria de Esportes e Lazer e ações são com a Secretaria de Desenvolvimento Social | Não |
| (31) 3571-4458 | Secretaria de Esportes e Lazer de Brumadinho | Informações sobre a logística e donativos | 5 (4 atendidas) | 00:02:56 | Informações logísticas com outro funcionário | Não |
| (31) 3571-4602 | Funcionário da Secretaria de Esportes | Informações sobre a logística e donativos | 3 (1 atendida) | 00:02:35 | Informações logísticas com a Secretaria de Desenvolvimento Social | Não |
| (31) 3571-4616 | Secretaria de Desenvolvimento Social de Brumadinho | Informações sobre a logística e donativos | 1 (0 atendidas) | - | Número não existe | Não |
| (31) 3571-2242 | Secretaria de Desenvolvimento Social de Brumadinho | Informações sobre a logística e donativos | 9 (0 atendidas) | - | Número consta no site da prefeitura e foi informado pela prefeitura, porém, ninguém atende | Não |
| (31) 3571-3768 | Estação do Conhecimento | Informações sobre o acolhimento | 2 (1 atendida) | 00:01:03 | Informações apenas com a responsável pela Estação do Conhecimento | Não |
| (31) 3134-1745 | Responsável pela Estação | Informações sobre o acolhimento | 2 (0 atendidas) | 00:00:00 | Sem retorno | Não |
| 0800 821 5000 | Canal de ética e ouvidoria da Vale | Informações sobre as ações da empresa | 1 (atendida) | 00:06:22 | Informações com o setor de indenizações | Não |

| | | | | | | |
|----------------|--|--|--------------------------|----------------|---|--------------|
| 0800 888 1182 | Central de Indenizações da Vale | Informações sobre as ações da empresa | 2 (todas atendidas) | 00:22:25 | Informações apenas sobre como funcionam as indenizações, para outras informações ligar no Alô Ferrovia | Não |
| 0800 285 7000 | Canal alô ferrovia da Vale | Informações sobre as ações da empresa | 1 (atendida) | 00:00:42 | Informações sobre Brumadinho com o canal Alô Brumadinho | Não |
| 0800 031 0831 | Canal alô Brumadinho da Vale | Informações sobre as ações da empresa | 2 (todas atendidas) | 00:17:33 | O canal é apenas para requisição de donativos para os atingidos e não para esclarecer ações realizadas. Atendentes não souberam indicar onde conseguir tais informações | Não |
| (61) 3411-1573 | Casa Civil da Presidência da República | Informações sobre o Conselho Ministerial de Respostas a Desastre | 2 (todas atendidas) | 00:15:44 | Requisições por e-mail ou pela ouvidoria da Presidência da República | Não |
| (31) 3330-8409 | Ministério Público de Minas Gerais | Informações sobre processos | 1 (atendida) | 00:01:24 | Informações em um número especial para Brumadinho | Não |
| (31) 3330-9913 | Canal do Ministério Público sobre Brumadinho | Informações sobre processos | 1 (não atendida) | 00:00:00 | Sem retorno | Não |
| (31) 3915-0274 | Defesa Civil de Minas Gerais | Informações sobre a logística e donativos | 7 (3 atendidas) | 00:10:29 | Enviar e-mail para encaminharem à pessoa responsável pelo fornecimento das informações | Não |
| Total | 17 destinatários | 8 informações requisitadas | 46 (23 atendidas) | 2:18:51 | - | 5,88% |

Fonte Autoria Própria (2019)

Como visto no Quadro 12, apenas uma das requisições foi atendida por telefone: somente a do CBMMG, uma vez que o porta-voz da corporação e a assessora de imprensa foram capazes de fornecer todos os dados requisitados com cordialidade e atenção. Os demais contatos não foram capazes de fornecer as

informações por telefone. Alguns deles forneceram endereços de e-mail para a requisição das dúvidas por escrito, enquanto outros encaminharam a ligação para outras organizações, sendo que deveria haver alguém dessa mesma organização que pudesse passar as informações requisitadas. Portanto, notam-se erros na prestação transparente de contas à sociedade. Para corrigi-lo, deve-se treinar funcionários capazes de responder essas perguntas para quem requisitá-las.

Certos contatos enviaram um endereço de e-mail para o encaminhamento das dúvidas, com o intuito de organizar melhor as informações que seriam repassadas. O Quadro 13 mostra os contatos realizados por e-mail:

Quadro 13 - Contatos eletrônicos realizados para a pesquisa e seus desdobramentos

| E-mail | Destinatário | Razão | Resultado | Dúvida sanada ? |
|-----------------------------------|--|--|---|------------------------|
| servas@servas.org.br | Servas MG | Informações sobre logística e donativos | Sem resposta | Não |
| nucleorp@ouvidoriageral.mg.gov.br | Ouvidoria Geral de Minas Gerais | Informações sobre campanhas da ouvidoria | Sem resposta | Não |
| imprensa@brumadinho.mg.gov.br | Prefeitura de Brumadinho | Informações sobre ações da prefeitura | Sem resposta | Não |
| imprensa.bombeiros@gmail.com | Assessoria de imprensa CBMMG | Coleta de dados das operações | Enviado arquivo PDF com várias informações | Sim |
| sagep.sam@presidencia.gov.br | Casa Civil da Presidência da República | Informações sobre o Conselho Ministerial de Respostas a Desastre | Sem resposta | Não |
| gmg@gabinetemilitar.mg.gov.br | Defesa Civil de Minas Gerais | Informações sobre logística e donativos | Sem resposta | Não |
| valeglobalcomm@vale.com | Fale Conosco da Vale | Informações sobre as ações da empresa | Enviado o link vale.com/brumadinho. Porém, havia inúmeras páginas que não deixavam claro onde estariam as informações requisitadas, além de não estarem atualizadas com alguns números requisitados | Parcial |

| | | | | |
|-----------------------|---|--|---|----------------|
| ouvidorias@cgu.gov.br | Ouvidoria da Controladoria Geral da União | Informações sobre o Conselho Ministerial de Respostas a Desastre | Enviada resposta através da ouvidoria da Presidência da República | Sim |
| Total | 8 destinatários | 6 informações requisitadas | - | 31,25%* |

* Considerou-se a dúvida sobre a Vale sanada pela metade

Fonte Autoria Própria (2019)

Como visto no Quadro 13, mesmo encaminhando as dúvidas de uma forma escrita e os destinatários tendo a oportunidade de reunir as pessoas mais competentes para respondê-las, algumas mensagens não obtiveram retorno.

4.5.8 Ferramenta 5W2H

A aplicação desta ferramenta possui duas propostas:

- Disponibilizar as ações realizadas pelos órgãos envolvidos na ajuda humanitária;
- Disponibilizar as ações propostas por esta pesquisa para os órgãos envolvidos na ajuda humanitária.

Pode-se, assim, visualizar um possível plano de ação para cada proposta. Cabe salientar que, como às vezes os custos não estão disponíveis, faz-se um 5W1H, onde o custo não está disponível.

4.5.8.1 Ações realizadas

O Quadro 14 apresenta algumas das ações que foram efetivamente realizadas (ou tiveram planos apresentados) pelas diversas organizações que estiveram relacionadas de alguma forma com a ajuda humanitária em Brumadinho, relacionando essas ações com todas as fases da logística humanitária:

Quadro 14 - 5W2H com certas ações que foram realizadas

| | O quê? | Por quê? | Onde? | Quando? | Quem? | Como? | Quanto? |
|------------|-------------------------------------|--|---|--|---|---|--|
| Prevenção | Treinamentos militares em desastres | Estar preparado para atender tais ocorrências | Brasil e mundo afora | Antes de desastres acontecerem | CBMMG e demais militares | Expondo os militares a situações hipotéticas que ocorrem em desastres | - |
| | Fiscalizações de segurança | Atestar a estabilidade da barragem | Barragem I, na mina do Córrego do Feijão | Semestral | Tüv Süd Bureau de Projetos e Vale | Inspeções e verificação de documentos | - |
| Preparação | Sistema de sirenes | Alertar a população sobre um possível rompimento | Comunidades próximas à barragem (Córrego do Feijão e Parque da Cachoeira) | Antes do rompimento da barragem | Vale | Instalando alto falantes em locais próximos às casas que têm o risco de serem atingidas | - |
| Resposta | Doações | Atender as necessidades da população atingida | Brumadinho principalmente | Momentos após o desastre | Vale e sociedade civil | Através de canais de doação espalhados pelo país | - |
| | Operações de busca e salvamento | Resgatar corpos e pessoas com ainda com vida | Área atingida pela lama e adjacências | Até a última pessoa desaparecida ser encontrada ou quando não for possível identificar os corpos | Militares e voluntários, sob coordenação do CBMMG | Operações na zona quente, por militares treinados e com o auxílio de máquinas pesadas | Ainda não estimado (apenas após o fim das operações) |

| | | | | | | | |
|-------------|---------------------------------------|--|---|---|---|---|--|
| Recuperação | Indenizações às famílias | Para as famílias tentarem recomeçar a vida após serem impactadas pelo desastre | Pessoas que perderam parentes ou que tiveram comércio ou área rural impactada pelo desastre | A partir de 16 de março, segundo a Vale | Vale | Realizando o cadastramento das famílias atingidas | R\$ 32.470.000 sem contar as famílias que moram a 1km do Paraopeba |
| | Multa à Vale pelo Ibama | Descumprimento de leis ambientais | Sede da Vale | 26 de janeiro de 2019 | Ibama | Emitindo autos de infração | R\$ 250 milhões |
| | Projetos de recuperação da comunidade | Criar impactos sociais, econômicos e ambientais na região | Comunidades afetadas pelo desastre | Depende de cada projeto | ONGs do Fundo Regenerativo Brumadinho e voluntários | Através da plataforma Awesome Foundation | Prioridade para propostas de até R\$ 2.500 |
| | Recuperação ambiental da região | Recuperar o que foi destruído pelos rejeitos | Área atingida pela lama e adjacências | Plano apresentado em 5 de fevereiro de 2019 | Vale | Retirar o rejeito e desidratá-lo para que fique sólido e coberto com solo compactado para plantar espécies locais | Ainda não estimado |

Fonte Autoria Própria (2019)

Os aspectos apresentados no Quadro 14 foram dispostos após análises das ações realizadas pelos diversos órgãos envolvidos no desastre. Objetiva-se, com as informações encontradas, realizar um plano de ação do que foi efetivamente realizado ou estava planejado para acontecer. Segundo a assessoria de imprensa do CBMMG, o custo das operações só será calculado após sua conclusão. Portanto, alguns custos ainda não foram quantificados. Em relação às sirenes: elas estão no Quadro 14 porque haviam sido instaladas. Porém, elas não tocaram no dia do acidente, apenas no domingo, quando havia risco de rompimento de outra barragem na região do Córrego do Feijão.

4.5.8.2 Ações propostas

Apresenta-se, aqui, no Quadro 15, as propostas relacionadas à cadeia humanitária do desastre do Córrego do Feijão.

Quadro 15 - 5W2H com algumas propostas de ações relacionadas ao desastre

| | O quê? | Por quê? | Onde? | Quando? | Quem? | Como? | Quanto? |
|------------|--|---|--|------------------------|--|---|--|
| Prevenção | Melhor fiscalização das barragens | Minimizar riscos de novos rompimentos | Locais das barragens incluídas na PNSB | O mais rápido possível | Órgãos responsáveis, como ANA e ANM | Contratação de pessoal especializado | Custos com salários, encargos, diárias, passagens, pedágios, combustíveis e serviços |
| | Alteamento da barragem pelo método a jusante | Aumentar a segurança da barragem | Mina do Córrego do Feijão | O mais rápido possível | Vale | Realizando o alteamento para fora da barragem | 3x mais do que o método a montante |
| | Criar mecanismos de combate à corrupção nas agências reguladoras | Aumentar a qualidade e a confiabilidade das inspeções, diminuir possíveis fraudes | Em toda a estrutura de órgãos como a ANM | O mais rápido possível | Ministério de Minas e Energia (no caso da ANM) | Estabelecendo políticas de combate à corrupção e estabelecendo códigos de ética | Custos operacionais que devem ser menores do que as perdas pelas más práticas |
| Preparação | Mover a área administrativa para uma localização mais segura | Aumentar a segurança dos trabalhadores em caso de rompimento | Córrego do Feijão | O mais rápido possível | Vale | Construindo uma nova estrutura em um lugar que não seja varrido pela lama em caso de rompimento | Custos de construir uma nova área administrativa |
| | Estabelecimento de rotas de fuga | População saber para onde ir em caso de acidente | Áreas de risco | O mais rápido possível | Vale e Defesa Civil | Reuniões com a comunidade | Custo de reuniões, mapeamentos e sistemas de sirene |

| | | | | | | | |
|-------------|--|--|---|--|--|---|--|
| Resposta | Combater as <i>fake news</i> | Aumentar a confiabilidade do fluxo de informações | Canais de comunicação e redes sociais | Nos momentos após o desastre | Governo e iniciativa privada | Estabelecendo mecanismos de detecção e remoção deste tipo de conteúdo | - |
| | Encorajar donativos em espécie | Evitar doações desnecessárias | Em todo o país | Na fase do pós-desastre | Poder público e ONGs que pedem donativos | Emitindo notas nos canais de comunicação | Custos de divulgação de informações |
| | Estabelecimento de um centro de pré-seleção | Evitar grandes estoques | Cidades de grande porte próximas ao desastre | Na fase do pós-desastre | Poder público | Encaminhando os donativos para um centro de pré-seleção e triagem | Custos logísticos e de parada das atividades normais das instalações |
| Recuperação | Melhorar o sistema de prestação de contas à população | Tornar o processo de transparência mais ágil | Sede de organizações que atuaram no desastre | Durante as ações humanitárias | Organizações que tiveram atuação no desastre | Padronizando o procedimento de prestação de contas | - |
| | Fazer com que os culpados pelo rompimento arquem com os custos das operações | Evitar um rombo nas contas públicas devido a desastres causados pelo setor privado | Sede de empresas ou pessoas que causaram o desastre | Após o levantamento contábil das operações ser realizado | Poder público | Através de processos e acordos jurídicos | Custo das operações humanitárias relacionadas ao desastre |

Fonte Autoria Própria (2019)

O Quadro 15 busca sintetizar as propostas deste trabalho sobre as operações humanitárias que poderiam ser realizadas no Córrego do Feijão. Como os custos são difíceis de mensurar sem um estudo aplicado em cada organização envolvida, foram apontados, apenas, quais aspectos gerariam custos caso a proposta fosse implementada.

4.5.9 Relação das Propostas com os Princípios *Lean*

Algumas ferramentas *lean* podem ser aplicadas na logística humanitária, como mostrado na Figura 15, que tem como base o ciclo da gestão de riscos e desastres.

Figura 15 - Ferramentas *lean* que podem ser aplicadas na logística humanitária



Fonte: Autoria Própria (2019)

Essas ferramentas podem auxiliar as operações humanitárias das seguintes maneiras:

Prevenção: o FMEA tem como objetivo analisar possíveis falhas de um produto ou processo e avaliar seus efeitos (PUENTE *et al.*, 2002). Portanto, é uma ferramenta que pode auxiliar na prevenção de desastres por meio da análise dos riscos, providenciando ações corretivas para aqueles com maiores efeitos negativos. Outro método utilizado para prevenção de falhas é o *Poka-Yoke*, que visa prevenir ou corrigir falhas o quanto antes (ROBINSON, 1997). Na logística humanitária, essa ferramenta pode ajudar a realizar processos menos propensos a falha, o que diminuiria o risco de um desastre. A Análise SWOT, como já visto, serve para tomar

ações para corrigir as fraquezas e evitar as ameaças. Por último, o diagrama de Ishikawa, ou diagrama espinha de peixe, mostra um problema e suas possíveis causas (WONG, 2011). Pode-se, assim, eliminá-las antes que acarretem em um desastre maior.

Preparação: nessa fase, os mapeamentos de fluxo de valor podem ajudar através da verificação de possíveis gargalos no processo de ajuda humanitária em caso de desastre. Utilizam-se, também, conceitos de melhoria contínua para verificar quais ações foram realizadas anteriormente em lugares que possuíam riscos semelhantes. Por fim, a ferramenta *Hoshin Kanri* serve como um alinhamento dos objetivos com a visão da empresa (HUTCHINS, 2016). Portanto, poderia ser útil para alinhar os objetivos de se preparar para um possível desastre com princípios humanitários.

Resposta: a correta implementação de um sistema *just-in-time* e conceitos de produção puxada em ações de resposta a desastres pode evitar os desperdícios descritos por Ohno e trazer maior agilidade no atendimento às necessidades das vítimas. Para entender melhor tais necessidades, é fundamental ter um contato com a população atingida. É esse conceito que o *Gemba Walk* traz: ir para onde a ação acontece com o objetivo de ter uma melhor visão do processo (BREMER, 2015). Já o 5S é um programa que deriva de cinco palavras japonesas que auxiliam as pessoas a desenvolver um senso sobre seus ambientes de trabalho (KNOREK e OLIVEIRA, 2015), o que auxilia na organização de centros de distribuição de donativos.

Recuperação: a manutenção produtiva total traz os conceitos de trabalho em equipe e empoderamento para as atividades de manutenção (SLACK, BRANDON-JONES e JOHNSTON, 2013). Esses conceitos podem ser aplicados na recuperação, na qual deve-se prover as ferramentas para que a população atingida consiga se recuperar, sem depender de constantes auxílios externos. Devem-se priorizar projetos de recuperação eficientes e que tragam verdadeiro impacto na comunidade. Portanto, conceitos do *just-in-time* podem ser utilizados nesses projetos. Por fim, deve-se observar o que foi feito na recuperação de regiões que passaram por desastres semelhantes, a fim de realizar uma melhoria contínua e aplicar o que deu certo anteriormente.

As propostas sugeridas nesta seção podem ser relacionadas com o *lean manufacturing*, como mostra o Quadro 16, relacionando-as com os 7 defeitos apontados por Taiichi Ohno, conforme Hicks (2007).

Quadro 16 - Relação das propostas apresentadas com os princípios *lean*

| Proposta | Subseção | Desperdício relacionado | Descrição |
|--|----------|--|---|
| Combate à corrupção | 4.5.1 | 4 - Processos desnecessários 7 - Defeitos | A corrupção pode fazer com que processos desnecessários sejam desencadeados pelo emprego irregular de verbas públicas, bem como defeitos causados pela precarização do trabalho |
| Proibição de barragens a montante | 4.5.2 | 7 - Defeitos | Barragens construídas por métodos mais seguros minimizam os defeitos que podem ocorrer na estrutura |
| Plano de evacuação | 4.5.3 | 2 - Espera 6 - Movimentações desnecessárias | Educar a população para que saibam para onde se deslocarem em caso de rompimentos evita que elas permaneçam em suas casas esperando a atuação do poder público e correndo riscos. Evita, também, que elas se desloquem para lugares inapropriados e potencialmente perigosos |
| Combate às <i>fake news</i> | 4.5.4 | 3 - Transportes desnecessários 4 - Processos desnecessários 6 - Movimentações desnecessárias | As <i>fake news</i> causaram, nas operações humanitárias de Brumadinho, um transporte de máquinas, processos e uma movimentação de pessoas desnecessárias, uma vez que as coordenadas eram falsas. Porém, as notícias falsas têm potencial para causar praticamente todos os desperdícios descritos por Ohno |
| Encorajar donativos em espécie | 4.5.5 | Todos | Donativos em espécie podem prevenir um grande fluxo de donativos, que gera esperas por parte da população atingida, transportes desnecessários de materiais, processos desnecessários (disposição correta de itens vencidos, por exemplo), estoques grandes devido ao maior fluxo de itens, movimentações desnecessárias entre locais que estão os recursos e defeitos no processo |
| Criação de um centro de pré-seleção | 4.5.5 | 2 - Espera 3 - Transportes desnecessários 4 - Processos desnecessários 5 - Estoques | Um centro de pré-seleção evita a espera das pessoas por donativos emergenciais, os transportes de materiais desnecessários entre centros, processos de separação de itens não-emergenciais com os emergenciais, o que poderia ser evitado e grandes estoques em locais de armazenagem próximos ao desastre |
| Informar a população | 4.5.6 | 2 - Espera 3 - Transportes desnecessários 4 - Processos desnecessários 5 - Movimentações desnecessárias | Mais gente do que a cidade suporta (muitas vezes realizando tarefas que não agregam valor à ajuda humanitária) causa espera de pessoas que realizam atividades que agregam valor, transportes desnecessários de materiais para atender a população excedente, processos desnecessários, pois são mais pessoas para atender e movimentações desnecessárias, uma vez que o fluxo de pessoas é maior |
| Treinamento de funcionários para a prestação de contas | 4.5.7 | 1 - Superprodução 2 - Espera 4 - Processos desnecessários 7 - Defeitos | A falta de clareza no processo de prestação de contas das ações realizadas à população cria uma superprodução de pedidos, uma espera por parte do requisitante, cria processos desnecessários devido à incerteza de quem pode responder as perguntas e cria defeitos no repasse de informações, pois facilita o fornecimento de informações equivocadas |

Fonte: Autoria Própria (2019)

Mesmo que os princípios *lean* tenham sido criados para a aplicação em indústrias, é possível, como visto no Quadro 16, que sejam aplicados à logística

humanitária. Em um cenário de desastre, busca-se realizar as tarefas com a maior eficácia possível, seja para prevenir desastres, preparar a população para que as consequências do desastre sejam mínimas, responder a tais desastres através da ajuda humanitária e recuperar a região afetada. Portanto, ferramentas para minimizar ou eliminar os defeitos apontados por Taiichi Ohno podem ser aplicadas, se o desejo é otimizar a ajuda humanitária.

5 CONCLUSÕES

O Brasil, especialmente o estado de Minas Gerais (que engloba a maioria das barragens existentes no país), precisa avançar bastante no planejamento e fiscalização de barragens. Órgãos fiscalizadores como a ANM precisam avançar na questão do combate à corrupção interna e na maior inspeção das barragens.

Casos como o da Barragem do Fundão mostraram a fragilidade do país perante ao rompimento de barragens, uma vez que o impacto ambiental, econômico e social é muito grande. Infelizmente, as lições ocorridas em Mariana não foram aprendidas para serem aplicadas em Brumadinho, já que erros cometidos em 2015 voltaram a acontecer em 2019. Mesmo após o novo presidente da Vale conquistar sua eleição com uma promessa de política forte contra novos rompimentos, eles podem acontecer a qualquer momento, o que é o caso da mina do Gongo Soco.

Esses casos possuem grande cobertura da mídia em suas primeiras horas, porém, passada a euforia inicial com o ocorrido, as reportagens se tornam mais escassas, o que deixa a população sem saber de posteriores desdobramentos do caso. Pode-se verificar, também, que as pessoas possuem um grande senso de solidariedade com vítimas de grandes desastres no país, visto o grande número de doativos e pessoas que se cadastraram como voluntárias.

Ferramentas de gestão podem ser aplicadas na gestão de riscos e desastres no Brasil, inclusive em casos de rompimentos de barragens de mineração, assunto que possui amplo debate no país após casos como esses. Elas ajudam a identificar e solucionar problemas, mapear processos, servir de base para uma posterior análise mais profunda e apresentar uma maneira mais fácil de se entender um processo, dentre outros.

Quanto aos conceitos do *lean manufacturing* aplicados na logística humanitária, há de se frisar que os desperdícios tal qual vistos nas indústrias não significam tanto quanto uma vida, porém, processos sempre são passíveis de melhoria. O objetivo principal nesse contexto é evitar o desperdício de tempo, que é fundamental em uma operação humanitária. Outros objetivos visam realizar o trabalho humanitário utilizando menos recursos, tanto financeiros quanto materiais, através da otimização desses processos. Porém, caso haja necessidade, esses recursos devem ser aplicados.

A limitação da pesquisa se dá por ainda não haver muitos relatórios oficiais nem estudos científicos sobre o ocorrido, devido ao rompimento da barragem da mina do Córrego do Feijão ser um acontecimento recente. Portanto, grande parte dos fatos apurados se deu por meio de entrevistas com pessoas que vivenciaram o dia a dia pós desastre em Brumadinho, tanto as realizadas pelo autor, quanto as vinculadas na imprensa. Relatórios de organizações como a Defesa Civil de Minas Gerais e o CBMMG só estarão disponíveis após o encerramento da missão humanitária no local.

A recomendação para futuros trabalhos é fazer um levantamento total das operações realizadas, após os relatórios oficiais de organizações como bombeiros, defesa civil, gabinetes de crise, dentre outros, estarem disponíveis. Assim, uma melhor avaliação poderá ser realizada. Pode-se, também, aplicar outras áreas do conhecimento nos dados publicados nesta pesquisa, com o objetivo de maximizar as ações de ajuda humanitária.

REFERÊNCIAS

AGRAWAL, N. Review on just in time techniques in manufacturing systems. **Advanced in Production Engineering & Management**, v. 5, p. 101-110, 2010.

ALI, R. M.; DEIF, A. M. "Dynamic Lean Assessment for Takt Time Implementation". **Procedia CIRP**, v. 17, p. 577-581, 2014.

ÁLVAREZ-PÉREZ, G. A.; GONZÁLEZ-VELARDE, J. L.; FOWLER, J. W. Crossdocking: just-in-time scheduling: An Alternative Solution Approach. **The Journal of Operational Research Society**, v. 60, p. 554-564, 2009.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Relatório de segurança de barragens 2017**. Brasília: ANA, 2018.

ANM (Agência Nacional de Mineração). **Anuário Mineral Brasileiro 2017: Principais Substâncias Metálicas**. Brasília: ANM, 2019.

ANM (Agência Nacional de Mineração). **Arrecadação do CFEM do Estado: MG e Ano: 2014**. Brasília: Diretoria de Procedimentos Arrecadatários, 2014.

ANM (Agência Nacional de Mineração). **Arrecadação do CFEM do Estado: MG e Ano: 2015**. Brasília: Diretoria de Procedimentos Arrecadatários, 2015.

ANM (Agência Nacional de Mineração). **Arrecadação do CFEM do Estado: MG e Ano: 2016**. Brasília: Diretoria de Procedimentos Arrecadatários, 2016.

ANM (Agência Nacional de Mineração). **Arrecadação do CFEM do Estado: MG e Ano: 2017**. Brasília: Diretoria de Procedimentos Arrecadatários, 2017.

ANM (Agência Nacional de Mineração). **Arrecadação do CFEM do Estado: MG e Ano: 2018**. Brasília: Diretoria de Procedimentos Arrecadatários, 2018.

ARAÚJO, C. B.; **Contribuição ao Estudo do Comportamento de Barragens de Rejeito de Mineração de Ferro**. 2006. 133 f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

ARNHEITER, E. D.; MALEYEFF, J. The integration of lean management and Six Sigma. **The TQM Magazine**, v. 17, n. 1, p. 5-18, 2005.

ASIAN DEVELOPMENT BANK. **Asian Development Bank Annual Report 2004**. Cingapura: [s. n.], 2004.

BALCIK, B. *et al.* Coordination in humanitarian relief chains: practices, challenges and opportunities. **International Journal of Production Economics**, v. 126, p. 22-34, 2010.

BEDNAREK, M.; NIÑO LUNA, M. F. The Selected Problems of Lean Manufacturing Implementation in Mexican SMEs. **IFIP: Lean Business Systems and Beyond**, v. 257, p. 239-247, 2008.

BERTAZZO, T. R. *et al.* Revisão da literatura acadêmica brasileira sobre a gestão de operações em desastres naturais com ênfase em logística humanitária. **Transportes**, v. 21, n. 3, p. 31-39, 2013.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.

BHAMU, J.; SANGWAN, K. S. Lean manufacturing: literature review and research issues. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 34, n. 7, p. 876-940, 2014.

BICHENO, J.; HOLWEG, M. **The lean toolbox: A handbook for lean transformation**. Buckingham: PICSIE Books, 2016.

BLECKEN, A. Supply chain process modelling for humanitarian organizations. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 40, n. 8/9 p. 675-692, 2010.

BOWKER, L. N.; CHAMBERS, D. M. Root causes of tailings dam overtopping: the economics of risk & consequence. *In: Protections 2016: 2nd International Seminar on Dam Protection Against Overtopping*. Colorado State University. Libraries, 2016.

BOWKER, L. N.; CHAMBERS, D. M. The risk, public liability, & economics of tailings storage facility failures. **Earthwork Act**, p. 1-56, 2015.

BRAGLIA, M.; CARMIGNANI, G.; ZAMMORI, F. A. A new value stream mapping approach for complex production systems. **International Journal of Production Research**, v. 44, n. 18-19, p. 3929-3952, 2006.

BRASIL. CASA CIVIL. **Conselho vai acompanhar e fiscalizar atividades em Brumadinho (MG)**. Brasília: 26 jan. 2019a. Disponível em: <http://www2.planalto.gov.br/acompanhe-o-planalto/noticias/2019/01/bolsonaro-conselho-vai-acompanhar-e-fiscalizar-atividades-em-brumadinho-mg>. Acesso em: 16 maio 2019.

BRASIL. CASA CIVIL. **Entenda a atuação do Governo Federal em Brumadinho (MG)**. 27 jan. 2019b. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/cidadania-e-inclusao/2019/01/entenda-a-atuacao-do-governo-federal-em-brumadinho-mg>. Acesso em: 23 maio 2019.

BRASIL. Resolução nº 1, de 28 de janeiro de 2019. Recomenda ações e medidas de resposta à ruptura da barragem do Córrego do Feijão. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 20, p. 1, 29 jan. 2019c.

BRASIL. Resolução nº 4, de 15 de fevereiro de 2019. Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 34, p. 58, 18 fev. 2019d.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 set. 2010.

BREMER, M. Walk the Line. **Quality Progress**, v. 48, n. 3, p. 18, 2015.

BROUGHTON, E. The Bhopal disaster and its aftermath: a review. **Environmental Health**, v. 4:6, p. 1-6, 2005.

BRUMADINHO aplicará multa de R\$ 100 milhões à Vale, diz prefeito. **Correio Brasiliense**. 27 jan. 2019a. Disponível em: <https://www.correiobrasiliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/01/27/interna-brasil,733390/brumadinho-aplicara-multa-de-r-100-milhoes-a-vale-diz-prefeito.shtml>. Acesso em: 24 maio 2019.

BRUMADINHO recebe mais de 30 toneladas de donativos; arrecadação é paralisada. **G1 Minas**. 2 fev. 2019b. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/02/02/brumadinho-recebe-mais-de-30-toneladas-de-donativos-arrecadacao-e-paralisada.ghtml>. Acesso em: 23 maio 2019.

BRUMADINHO: Represa não corre mais risco de rompimento e bombeiros retomam buscas de desaparecidos. **BBC**. 27 jan. 2019c. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47017623>. Acesso em: 30 maio 2019.

BRUNET, A. P.; NEW, S. Kaizen in Japan: an empirical study. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 23, n. 12, p. 1426-1446. 2003.

CBMMG (Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais). **Enquanto houver esperança**. 31 jan. 2019. Disponível em: <http://www.bombeiros.mg.gov.br/component/content/article/32-embm/73081-cbmmg-brumadinho.html>. Acesso em: 18 maio 2019.

CFMV (Conselho Federal de Medicina Veterinária). **Nota de apoio à atuação dos médicos-veterinários em Brumadinho/MG**. 29 jan. 2019. Disponível em: http://portal.cfmv.gov.br/noticia/index/id/5985/secao/6?fbclid=IwAR02Bo3xcSFEyoA8sQjS_3SDC2HWExVTT_KqnA8CER4jr3EtfSEHW18MzHU. Acesso em: 27 de maio de 2019.

CHAKRABARTY, A.; CHUAN, T. K. An exploratory qualitative and quantitative analysis of Six Sigma in service organizations in Singapore. **Management Research News**, v. 32, n. 7, p. 614-632, 2009.

CHRISTOPHER, M. **Logistics & Supply Chain Management**. 4ª ed. Harlow: Pearson, 2011.

CICV (Comitê Internacional da Cruz Vermelha). **Humanidade em Ação**: Relatório Anual de 2017. Genebra: CICV, 2018.

CLARK, D. M.; SILVESTER, K.; KNOWLES, S. Lean management systems: creating a culture of continuous quality improvement. **Journal of Clinical Pathology**, v. 66, p. 638-643, 2013.

CNDH (Conselho Nacional dos Direitos Humanos). **Relatório da missão emergencial a Brumadinho/MG após rompimento da Barragem da Vale S/A**. Brasília: Conselho Nacional dos Direitos Humanos, 2019.

CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos). **Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2012.

COSTA, D. Por ser menos seguro, modelo de barragem de Brumadinho já foi banido em outro país. Rio de Janeiro: **O Globo**. 28 jan. 2019. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/por-ser-menos-seguro-modelo-de-barragem-de-brumadinho-ja-foi-banido-em-outro-pais-23409303>. Acesso em: 4 jun. 2019.

COZZOLINO, A. **Humanitarian Logistics: Cross-Sector Cooperation in Disaster Relief Management**. Springer Books: Heidelberg, 2012.

CRMV-MG (Conselho Regional de Medicina Veterinária de Minas Gerais). **Equipe coordenada pelo CRMV-MG assiste mais de 350 animais em Brumadinho**. 4 fev. 2019. Disponível em: <http://portal.crmvmg.gov.br/Destaque/Detalhe?id=3680&fbclid=IwAR2RVYWvkhkKqEvG4stVRDoKh8ASCEflwil3A6ayVaNsCxlyNOKBk2f7b4E>. Acesso em: 27 maio 2019.

DAMASCENO, R. Brumadinho não tem mais capacidade para estocar doações. **Estado de Minas**. 3 fev. 2019. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2019/02/03/interna_gerais,1027392/brumadinho-nao-tem-mais-capacidade-para-estocar-doacoes.shtml. Acesso em: 27 maio 2019.

DEFESA CIVIL DE MINAS GERAIS. **Comandante Militar do Leste visita Posto de Comando em Brumadinho**. 31 jan. 2019. Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/index.php/component/gmg/page/547-comandantemilitar>, acesso em 21 de maio de 2019.

DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). **Cadastro Nacional de Barragens 2016**. Brasília: Diretoria de Fiscalização DNPM, 2016.

DORNIER, P. P. *et al.* **Logística e operações globais: texto e casos**. ed. 1. São Paulo: Atlas, 2011.

DUARTE, A. P.; **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco**. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

ESPÓSITO, T. J.; **Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeito construídas por aterro hidráulico**. 2000. 363 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, 2000.

FERNANDES, K. S. **Logística: Fundamentos e Processos**. Curitiba: IESDE, 2012.

FERREIRA, S. H. G. **Capacidade dos municípios no desenvolvimento da gestão do risco de desastres por meio dos seus órgãos de proteção e defesa civil: estudo aplicado aos municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte que declararam situação de emergência no período chuvoso de 2011-2012**. 2012. 106 f. Monografia (Especialização em Segurança Pública) - Academia de Polícia Militar de Minas Gerais e Fundação João Pinheiro. Belo Horizonte. 2012.

FLEURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. **Logística Empresarial**. São Paulo: Atlas, 2012.

FLINT, M.; GOYDER, H. **Funding the Tsunami Response: A Synthesis of Initial Findings**. Edita, 2006.

FREITAS, C. M.; DA SILVA, M. A.; DE MENEZES, F. C. O desastre na barragem de mineiração da Samarco – fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 3, p. 25-30, 2016.

FRIEDLI, T.; GOETZFRIED, M.; BASU, P. Analysis of Implementation of Total Productive Maintenance, Total Quality Management, and Just-in-Time in Pharmaceutical Manufacturing. **Journal of Pharmaceutical Innovation**, v. 5, p. 181-192, 2010.

FURLAN, A.; DAL PONT, G.; VINELLI, A. On the complementarity between internal and external just-in-time bundles to build and sustain high performance manufacturing. **International Journal of Production Economics**, v. 133, p. 489-495, 2011.

GHAZINOORY, S.; ABDI, M.; AZADEGAN-MEHR, M. Swot methodology: a state-of-the-art review for the past, a framework for the future. **Journal of Business Economics and Management**, v. 12, n. 1, p. 24-48, 2011.

GREASLEY, A. **Operations Management**. Chichester: Wiley and Sons, 2006.

HALLEGATTE, S.; PRZYLUSKI, V. **The Economics of Natural Disasters: Concepts and Methods**. The World Bank: Policy Research Working Paper, 2010.

HAYYA, J. C. *et al.* "JIT" Delivery with Stochastic Lead Time. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 64, p. 97-105, 2013.

HICKS, B. J. Lean information management: Understanding and eliminating waste. **International Journal of Information Management**, v. 27, p. 233-249, 2007.

HINES, P.; RICH, N. The seven value stream mapping tools. **International Journal of Operations & Productions Management**, v. 17, n. 1, p. 46-64, 1997.

HOLGUÍN-VERAS, J. *et al.* On the unique features of post-disaster humanitarian logistics. **Journal of Operations Management**, v. 30, p. 494-506, 2012.

HUTCHINS, D. **Hoshin Kanri: the strategic approach to continuous improvement**. Routledge, 2016.

JAYASURIYA, S.; MCCAWLEY, P. **The Asian Tsunami: Aid and Reconstruction after a Disaster**. Cheltenham: Asian Development Bank Institute and Edward Elgar Publishing, 2010.

JAWORSKI, B. O caminho da lama. *In: Tragédia em Brumadinho: o caminho da lama*. **G1**. 27 jan. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/01/27/tragedia-em-brumadinho-o-caminho-da-lama.ghtml>. Acesso em: 17 maio 2019.

JUCÁ, B. A guerra entre a Vale e a Tüv Süd pela responsabilidade da tragédia de Brumadinho. São Paulo: **El País**. 5 mar. 2019. Disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2019/02/21/politica/1550770949_599589.html. Acesso em: 22 maio 2019.

JUN, K.; WATARU, N. The logistics of Just-in-Time between parts suppliers and car assemblers in Japan. **Journal of transport geography**, v. 16, n. 3, p. 155-173, 2008.

KAJITANI, Y.; CHANG, S. E.; TATANO, H. Economic Impacts of the 2011 Tohoku-Oki Earthquake and Tsunami. **Earthquake Spectra**, v. 29, n. S1, p. S457-S478, 2013.

KNOREK, R.; OLIVEIRA, J. P. Gestão do Agronegócio: Implantação do Sistema de Qualidade Total Utilizando o Programa 5S na Indústria Ervateira. **Revista de Administração Geral**, v. 1, n. 1, p. 89-109, 2015;

KOVÁCS, G.; SPENS, K. M. Trends and developments in humanitarian logistics – a gap analysis. **International Journal of Physics Distribution and Logistics Management**, v. 41, n. 1, p. 32-45, 2011.

KUMAR, C. S.; PANNEERSELVAM, R. Literature review of JIT-KANBAN system. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 32, p. 393-408, 2007.

KUMAR, R.; KUMAR, V. Barriers in Implementation of Lean Manufacturing System in Indian industry: A survey. **International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology**, v. 4, n. 2, p. 243-251, 2014.

LABBÉ, J.; DAUDIN, P. Applying the humanitarian principles: Reflecting on the experience of International Committee of the Red Cross. **International Review of the Red Cross**, v. 97, p. 183-210, 2016.

LEIRAS, A. *et al.* **Logística Humanitária**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

LIMA, D. F. S. *et al.* Mapeamento do fluxo de valor e simulação para implementação de práticas *lean* em uma empresa calçadista. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 1, p. 366-392, 2016.

MACHADO, W. G. F.; **Monitoramento de barragens de contenção de rejeitos da mineração**. 2007. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

MACKINTOSH, K. **HPG Report: The principles of Humanitarian Action in International Humanitarian Law**. Londres: Overseas Development Institute, 2000.

MAITI, A. K.; MAITI, M. K.; MAITI, M. Inventory model with stochastic lead-time and price dependant demand incorporating advance payment. **Applied Mathematical Modelling**, v. 33, pp. 2433-2443, 2009.

MENDONÇA, H.; NOVAES, M. Barragem da Vale rompe em Brumadinho e causa novo desastre ambiental em MG. São Paulo: **El País**. 26 jan. 2019. Disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2019/01/25/politica/1548431899_158139.html. Acesso em: 16 maio 2019.

MEYER-PFLUG, S. R.; OLIVEIRA, V. E. T. O Brasil e o combate internacional à corrupção. **Revista de Informação Legislativa**, v. 46, n. 181, p. 187-194, 2009.

MIGUEL, P. A. C. *et al.*; **Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MINAS GERAIS. Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019. **Política Estadual de Segurança de Barragens**, Belo Horizonte, MG, fev. 2019.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Cerca de 190 militares das Forças Armadas atuaram em Brumadinho (MG)**. 15 fev. 2019. Disponível em: <https://www.defesa.gov.br/noticias/52874-cerca-de-190-militares-das-forcas-armadas-atuaram-em-brumadinho-mg>. Acesso em: 24 maio 2019.

MORAES, T. Prefeito de Brumadinho se desespera com os impactos na economia. **Hoje em Dia**. 19 fev. 2019. Disponível em: <https://www.hojeemdia.com.br/horizontes/prefeito-de-brumadinho-se-desespera-com-os-impactos-na-economia-1.689756/avimar-de-melo-prefeito-brumadinho-1.689757>. Acesso em: 24 maio 2019.

MSF (Médicos sem Fronteiras). **Relatório Anual 2017**. Disponível em: <https://www.msf.org.br/publicacoes/relatorio-anual-2017.pdf>. Acesso em: 19 maio 2019.

MUCKE, P. *et al.* **World Risk Report 2018**. Bündnis Entwicklung Hilft e Ruhr University Bochum: MediaCompany, 2018.

NEVES, M. C. L. *et al.* **PRISMMA: Pesquisa sobre a saúde mental das famílias atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão em Mariana**. Belo Horizonte: Corpus, 2018.

NOGUEIRA, C. W.; GONÇALVES, M. B.; NOVAES, A. G. **Logística Humanitária e Logística Empresarial: Relações, conceitos e desafios**. 2014. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

NOSSA CIDADE. **Fundo Aliança Brumadinho**. 25 jan. 2019. Disponível em: <https://www.catarse.me/brumadinhogritasocorro>. Acesso em: 23 maio 2019.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

OCDE (Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico). **OECD Strategic Approach to Combating Corruption and Promoting Integrity**. Paris: OCDE, 2018.

OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond large-scale production**. Cambridge: Productivity Press, 1988.

ONU (Organização das Nações Unidas). **Convenção das Nações Unidas Contra a Corrupção**. Brasília: Escritório Contra Drogas e Crimes das Nações Unidas, 2007.

OLIVEIRA, M. **Manual Gerenciamento de Desastres: Sistema de Comando em Operações**. Florianópolis: Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2010.

PASSARINHO, N. Tragédia em Brumadinho: As 5 lições ignoradas após a tragédia de Mariana. Londres: **BBC Brasil**. 1 fev. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47077083>. Acesso em: 4 jun. 2019.

PATI, C. Site cadastra voluntários que querem ajudar vítimas da tragédia. São Paulo: **Exame**. 28 jan. 2019. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/brasil/site-cadastra-voluntarios-que-querem-ajudar-vitimas-da-tragedia>. Acesso em: 23 maio 2019.

PEÑA-FERNÁNDEZ, A. *et al.* Factors influencing recovery and restoration following a chemical accident. **Environment International**, v. 72, p. 98-108, 2014.

PIRES, M. A. **(Ir) responsabilidade social empresarial: o desastre ambiental de Mariana-MG sob o ponto de vista dos moradores das regiões afetadas.** 2018. 170 f. Tese (Doutorado) – Programa de Doutorado em Administração, Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 2018.

PUENTE, J. *et al.* A decision support system for applying failure mode and effects analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 19, n. 2, p. 137-150, 2002.

QUEIROGA, L. PRF abate animais a tiros em Brumadinho, provoca revolta e justifica: 'Eutanásia'. Rio de Janeiro: **O Globo**. 29 jan. 2019. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/prf-abate-animais-tiros-em-brumadinho-provoca-revolta-justifica-eutanasia-23411608>. Acesso em: 27 maio 2019.

RAMOS, A. A. *et al.* O caso de estudo “Samarco”: impactos ambientais, econômicos e sociais, relativos ao desastre de Mariana. **UNISANTA Bioscience**, v. 6, n. 4, p. 316-327, 2017.

RICO, M. *et al.* Reported tailings dam failures: A review of the European incidents in the worldwide context. **Journal of Hazardous Materials**, v. 152, p. 846-852, 2008.

ROBINSON, H. Using Poka-Yoke techniques for early defect detection. *In*: **Sixth International Conference on Software Testing Analysis and Review**. 1997. p. 134-145.

SALONITIS, K.; TSINOPOULOS, C. Drivers and Barriers of Lean Implementation in the Greek Manufacturing Sector. **Procedia CIRP**, v. 57, p. 189-194, 2016.

SAMEJIMA, M. *et al.* SWOT analysis support tool for verification of business strategy. *In*: **2006 IEEE International Conference on Computational Cybernetics**. IEEE, 2006. p. 1-4.

SANTOS, R. S. P.; WANDERLEY, L. J. Dependência de barragem, alternativas tecnológicas, e a inação do estado: repercussões sobre o monitoramento de barragens e o licenciamento do Fundão. *In*: ZONTA, M. *et al.* **Antes fosse mais leve a carga: reflexões sobre o desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton**. Marabá: Editorial iGuana, 2016. p. 87-138.

SEBRAE. **Ferramenta 5W2H**: Plano de Ação para Empreendedores. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/5W2H.pdf>. Acesso em: 22 maio 2019.

SENADO FEDERAL. **CPI de Brumadinho**. Disponível em: <http://legis.senado.leg.br/comissoes/comissao?0&codcol=2246>. Acesso em: 27 maio 2019.

SILVA, G. A.; BOAVA, D. L. T.; MACEDO, F. M. F. R. Refugiados de Bento Rodrigues: O desastre de Mariana, MG. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, v. 11, n. 2, p. 63-81, 2017.

SIMÕES, L. ONG Mãos sem Fronteiras presta acolhimento terapêutico e emocional em Brumadinho. **Hoje em Dia**. 3 fev. 2019. Disponível em: <https://www.hojeemdia.com.br/horizontes/cidades/ong-m%C3%A3os-sem-fronteiras-presta-acolhimento-terap%C3%AAutico-e-emocional-em-brumadinho-1.691217>. Acesso em: 23 maio 2019.

SINGH, B.; GARG, S. K.; SHARMA, S. K. Value stream mapping: literature review and implications for indian industry. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 53, p. 799-809, 2011.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Operations Management**. ed. 7. Harlow: Pearson, 2013.

STECHEER, B. *et al.* **Organizational improvement and accountability**: lessons for education from other sectors. Santa Monica: RAND Education, 2004.

STEINER, G.; YEOMANS, S. Level Schedules for Mixed-Model, Just-in-Time Processes. **Management Science**, v. 39, p. 728-735, 1993.

SUNDAR, R.; BALAJI, A. N.; SATEESHKUMAR, R. M. A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. **Procedia Engineering**, v. 97, p. 1875-1885, 2014.

TCU (Tribunal de Contas da União). **Auditoria Exposição da Administração Pública Federal à Fraude e à Corrupção 2018**. Acórdão nº 2604/2018 – TCU – Plenário. Brasília: Secretaria de Relações Institucionais de Controle e Combate a Fraude e Corrupção, 2018a.

TCU (Tribunal de Contas da União). **Referencial de Combate a Fraude e Corrupção**: aplicável a Órgãos e Entidades da Administração Pública. Brasília: TCU, 2018b.

TCU (Tribunal de Contas da União). **Relatório de Auditoria**. Grupo I – Classe V – Plenário. TC 010.348/2018-2. Brasília, 2018c.

TELFORD, J.; COSGRAVE, J. The international humanitarian system and the 2004 Indian Ocean earthquake and tsunamis. **Disasters**, v. 31, p. 1-28, 2007.

TSCHIATSCHEK, S. *et al.* **Fake News Detection in Social Networks via Crowd Signals**. *In*: Companion Proceedings of The Web Conference, 2018, Lyon, p. 517-524, 2018.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção**: Estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas. Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção. UNIFEI: Itajubá, 2012.

TÜV SÜD BUREAU DE PROJÉTOS. **Auditoria Técnica de Segurança 2º ciclo 2018**. Complexo Paraopeba – Mina Córrego Feijão, Barragem I. Relatório de Auditoria Técnica de Segurança de Barragem: Laudo Técnico de Segurança de Barragem, 2018.

VALE S/A. **Atualização sobre Brumadinho**: 28 de fevereiro de 2019. Rio de Janeiro: Vale S/A, 2019a. Disponível em: http://www.vale.com/PT/investors/information-market/presentations-webcast/PresentationsWebCastDocs/Atualiza%C3%A7%C3%B5es%20Brumadinho_20190228_p%20v12.pdf. Acesso em: 27 maio 2019.

VALE S/A. **Desempenho da Vale no 1T19**. Rio de Janeiro: Vale S/A, 2019b.

VALE S/A. **Esclarecimentos sobre a Barragem I da Mina do Córrego do Feijão**. 25 jan. 2019c. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/Esclarecimentos-sobre-a-barragem-i-da-Mina-de-Corrego-do-feijao.aspx>. Acesso em: 15 maio 2019.

VALE S/A. **Estação Conhecimento de Brumadinho é um dos pontos de apoio para acolhimento da população**. 1 fev. 2019d. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/Estacao-conhecimento-de>

Brumadinho-e-um-dos-pontos-de-apoio-para-acolhimento-da-populacao.aspx.
Acesso em: 20 maio 2019.

VALE S/A. **Vale atualiza ações humanitárias e de reparação até 21/3**. 22 mar. 2019e. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/vale-atualiza-acoes-humanitarias-e-de-reparacao-ate-21-3.aspx>. Acesso em: 21 maio 2019.

VALE S/A. **Vale atualiza informações sobre apoio à população de Brumadinho**. 25 jan. 2019f. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/Vale-atualiza-informacoes-sobre-apoio-a-populacao-de-Brumadinho.aspx>. Acesso em: 27 maio 2019.

VAN WASSENHOVE, L. N. Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear. **Journal of the Operational Research Society**, v. 57, p. 475-489, 2006.

VARMA, R.; VARMA, D. R. The Bhopal Disaster of 1984. **Bulletin of Science, Technology & Society**, v. 25, n. 1, p. 37-45, 2005.

VENKATARAMAN, K. *et al.* Application of Value Stream Mapping for Reduction of Cycle Time in a Machining Process. **Procedia Materials Science**, v. 6, p. 1187-1196, 2014.

VOLUNTÁRIOS pernambucanos embarcam para Brumadinho. **Folha PE**. 30 jan. 2019. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/noticias/noticias/pernambuco/2019/01/30/NWS,94911,70,772,NOTICIAS,2190-VOLUNTARIOS-PERNAMBUCANOS-EMBARCAM-PARA-BRUMADINHO.aspx>. Acesso em: 23 maio 2019.

WAHAB, A. N. A.; MUKHTAR, M.; SULAIMAN, R. A conceptual model of lean manufacturing dimensions. **Procedia Technology**, v. 11, p. 1292-1298, 2013.

WALKER, P.; RUSS, C. Fit for purpose: the role of modern professionalism in involving the humanitarian endeavour. **International Review of the Red Cross**, v. 93, p. 1193-1210, 2011.

WATERS, D. **Logistics: An Introduction to Supply Chain Management**. Nova Iorque: Palgrave Macmillan, 2003.

WILSON, L. **How to implement lean manufacturing**. Nova Iorque: McGraw Hill, 2010.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking**: Banish waste and create wealth in your corporation. Nova Iorque: Free Press, 2003.

WONG, K. C. Using an Ishikawa diagram as a tool to assist memory and retrieval of relevant medical cases from the medical literature. **Journal of Medical Case Reports**, v. 5, n. 120, 2011.

ZAGO, C. A.; LEANDRO, L. A. L. Logística Humanitária: Oportunidades e Desafios na Perspectiva da Gestão Ambiental. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: IBEAS, 2013. p. 1-9. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/XI-046.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2019.

ZHOURI, A. *et al.* O desastre da Samarco e a política das afetações: classificações e ações que produzem o sofrimento social. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 3, p. 36-40, 2016.

ZOU, Z. *et al.* Radio frequency identification enabled wireless sensing for intelligent food logistics. **Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 372, p. 1-16, 2014.

APÊNDICE A - Recomendações dadas à Vale pela Tüv Süd

A Tüv Süd Bureau de Projetos (2018) recomendou certas ações corretivas e preventivas à Vale em seu relatório de estabilidade da barragem I, da mina do Córrego do Feijão. São elas:

1. Documentação completa dos alteamentos de 1 a 6, uma vez que o artigo 9º da Portaria ANM nº 70.389/2017 prevê que sejam entregues os projetos executivos e os desenhos finalizados e a Vale entregou apenas dos alteamentos 7 a 10;
2. Conformação da superfície do rejeito para o direcionamento da água para o sistema extravasor, a fim de evitar acúmulo superficial no reservatório, já que o sistema possui capacidade limitada. Após isso, deve-se avaliar a capacidade do sistema de bombeamento e instalar uma bomba reserva, em paralelo, caso a primeira falhe;
3. Apesar das condições do sistema extravasor serem consideradas boas, é necessário realizar manutenção na bacia de dissipação, pois há uma erosão em andamento localizada na base da laje que está próxima ao reservatório da barragem VI. Realizar, também, limpeza em todas as estruturas vertentes;
4. Reparar os drenos danificados para que não haja comprometimento do sistema de drenagem, de suma importância para garantir a segurança da barragem, bem como realizar sua correta manutenção. Recomenda-se a instalação de proteções contra animais de grande porte que danificam as saídas dos drenos e a instalação de sifões em suas saídas, evitando, assim, a entrada de ar;
5. Realizar o desassoreamento da drenagem superficial, verificar se há danos estruturais e repará-los, principalmente nas escadas hidráulicas. Revisar o novo projeto de drenagem superficial, corrigindo incoerências vistas na inspeção;
6. Apesar da conservação do talude de jusante estar dentro das especificações, deve-se recuperar a cobertura vegetal em certos pontos. Mapear o grande bloco existente na base da barragem, verificando sua estabilidade e potencial de comprometimento da estrutura, já que movimentações nesse bloco podem gerar liquefação. Drenar a região à jusante da base da barragem, e, persistindo o alagamento no local, deve-se instalar drenos tipo espinha de peixe;

7. Realizar revisões periódicas e enviar os dados para o órgão que atestou a estabilidade da barragem, autorizando o acesso remoto quando toda a instrumentação for automatizada. Aplicar a melhoria contínua no monitoramento da barragem através de radares, especialmente na identificação de movimentos;
8. Instalar novos piezômetros multi-níveis em locais estratégicos, como lacunas e locais sem informação, para corroborar a hipótese de que há uma camada de solo compactado no rejeito;
9. Onde forem instalados os novos piezômetros, deve-se realizar novos ensaios para verificar a variação entre a piezometria e a profundidade, além de fornecer novos parâmetros geotécnicos. Realizar ensaio de cisalhamento em algumas amostras de rejeitos para que não aconteça um rompimento semelhante ao da Barragem do Fundão.

APÊNDICE B - Linha do tempo de operações de busca e resgate realizadas

A linha do tempo de operações de busca e resgate realizadas, segundo boletins e coletivas de imprensa do CBMMG, é vista a seguir:

25 e 26 de janeiro: segundo registros do CBMMG, foram resgatadas 111 pessoas com vida nas primeiras 24h da operação. Houve equipes de busca concentradas na mata, uma vez que seria o lugar mais propício para encontrar sobreviventes, porém nenhum sobrevivente foi encontrado lá.

28 de janeiro: a operação, iniciada às 4h, concentrou-se na área do ônibus, onde dois corpos foram retirados, mesmo com o acesso dificultado. Vítimas foram resgatadas no refeitório devido à comparação entre fotos e móveis encontrados submersos na lama. O CBMMG emitiu um alerta para a população não utilizar *drones* não autorizados, os quais podem atrapalhar as operações aéreas. Uma pessoa, que não estava autorizada a permanecer na área, deslocou-se até a zona quente para tentar ajudar no salvamento, porém, ela teve uma lesão no rosto e um helicóptero do CBMMG precisou ser deslocado para auxiliá-la. A expectativa do CBMMG na questão de encontrar novos sobreviventes era baixa, devido às condições extremas do local.

31 de janeiro: no sétimo dia de operação, mil bombeiros do CBMMG já haviam auxiliado no resgate. Neste dia, a velocidade do avanço da lama era de 1km/h.

3 de fevereiro: mapeamento da região em quadrículas de 50 mil m² e posterior divisão de equipes para verificar cada quadrícula, vistoria das estruturas atingidas pela lama em busca de vestígios de corpos, pelo Batalhão de Emergências Ambientais de Resposta a Desastres do CBMMG e pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo, buscas de vestígios humanos pela Força Nacional na área da base do posto de comando do CBMMG no Córrego do Feijão e utilização de 9 máquinas retroescavadeiras e anfíbio (o qual pode ser utilizado tanto em terra, quanto na água) nos lugares em que o deslocamento estava dificultado devido ao estado da lama. 228 militares do CBMMG, 104 bombeiros de outros estados, 64 militares da Força Nacional e 58 voluntários formaram a equipe de resgate.

4 de fevereiro: pela manhã, duas embarcações com cerca de 50 militares rastream toda a extensão do Rio Paraopeba em busca de vítimas. À tarde, com a melhora do tempo, pôde-se focar em outras regiões, uma vez que as nuvens estavam muito baixas para o emprego de aeronaves na parte da manhã. Equipamentos auxiliaram os bombeiros no acesso ao antigo refeitório da Vale, no qual foram resgatados 3 corpos próximos ao vestiário. Fizeram parte da equipe 204 militares do CBMMG, 104 bombeiros de outros estados, 64 militares da Força Nacional e 37

voluntários. As máquinas utilizadas foram 3 anfíbios e 12 retroescavadeiras ou escavadeiras.

5 de fevereiro: priorizou-se locais onde havia uma maior possibilidade de encontrar vítimas, máquinas pesadas escavaram em um terreno mais firme, um veículo foi encontrado e revistado no Rio Paraopeba, binômios (grupos de cães com seus respectivos acompanhantes) realizaram buscas na mata e na pousada. Já em outros locais estratégicos as buscas foram realizadas pela Força Nacional. A equipe foi composta por 200 militares do CBMMG, 110 bombeiros de outros estados, 64 militares da Força Nacional e 25 voluntários. Foram utilizadas 6 escavadeiras convencionais, 3 escavadeiras de braço longo, 5 escavadeiras anfíbias, 5 pás carregadeiras, uma retroescavadeira, 4 caminhões e uma máquina anfíbia de deslocamento.

6 de fevereiro: foco das buscas na área da portaria, do estacionamento e da Instalação de Tratamento de Minérios (ITM) da Vale, enquanto binômios continuavam a percorrer as matas no entorno da lama e duas embarcações realizavam buscas aquáticas no Rio Paraopeba. A composição do efetivo se deu por 227 militares do CBMMG, 110 bombeiros de outros estados, 64 militares da Força Nacional e 27 voluntários, que trabalharam com o auxílio de 15 escavadeiras convencionais, uma escavadeira de braço longo, 3 escavadeiras anfíbias, 4 pás carregadeiras e 2 caminhões.

7 de fevereiro: foi utilizado um balão de monitoramento com gás hélio, que estava preso a 200m do solo e tinha como objetivo monitorar em tempo real o uso de maquinário, a localização dos bombeiros e as condições do terreno, através de câmeras com visão diurna e noturna. As áreas de busca foram a ITM, a parte administrativa da Vale, que contemplava refeitório, casa e estacionamento e a área do remanso (áreas de acúmulo de rejeitos), próxima à parte administrativa. Compuseram a equipe 175 militares do CBMMG, 120 bombeiros de outros estados, 64 militares da Força Nacional e 15 voluntários, além de 11 escavadeiras, 5 pás carregadeiras, 5 caminhões e 5 escavadeiras anfíbias.

8 de fevereiro: focos na usina ITM e nas áreas administrativa, da ferrovia e que possuem grande acúmulo de rejeito, além de dois botes percorrendo o rio Paraopeba, trabalho realizado por 143 militares do CBMMG, 118 bombeiros de outros estados, 64 militares da Força Nacional e 29 voluntários.

10 de fevereiro: os focos das buscas eram os mesmos do dia 8 de fevereiro (ITM, áreas administrativas, da ferrovia e de grande acúmulo de rejeitos), com 150 militares do CBMMG, 129 bombeiros de outros estados, 64 militares da Força Nacional e 9 voluntários.

15 de fevereiro: buscas realizadas no estacionamento, vestiário e refeitório da área administrativa, bem como na locomotiva e nas áreas de remanso, porém, a maioria dos militares se concentrava próximo ao Rio Paraopeba, no ITM. Participaram das buscas neste dia 119 militares do CBMMG, 85 bombeiros de outros estados (sendo eles dos estados de SP, PR, SC, DF e SE), 64 militares da Força Nacional, com 16 deles em campo.

18 de fevereiro: novos pontos próximos ao ITM foram alcançados por equipes especializadas em busca e resgate em estruturas colapsadas, uma vez que, anteriormente, não ofereciam condições mínimas de segurança para a atuação das equipes. O trabalho foi realizado com a abertura de acessos, sustentação de pontos instáveis e o resgate de vítimas. As buscas na área do ITM foram interrompidas devido à informação do radar de solo, que atestou movimentação do rejeito remanescente na barragem I e foram retomadas após a informação dos geotécnicos de que os rejeitos teriam sido acomodados. Os trabalhos foram realizados por 108 militares do CBMMG, 85 bombeiros de outros estados e 64 militares da Força Nacional.

21 de fevereiro: início do emprego de *drones* com luzes anticolisões, lanternas, sistema de som e câmeras termais, que apresentam maior precisão na identificação de pessoas, animais e objetos. Espera-se, com isso, utilizar menos recursos, uma vez que a operação de *drones* é mais barata que a de aeronaves. Neste dia, o Posto Avançado do CBMMG deixou a Igreja Nossa Senhora das Dores, situada na zona rural próxima da zona quente, onde estava instalado desde o início da operação. Estavam em campo 111 militares do CBMMG e 29 bombeiros de outros estados.

22 de fevereiro: ênfase das buscas na ITM, almoxarifado, pátio Sotreq e outros pontos das áreas administrativa e de remanso. Foi localizado um contêiner, utilizado como sala de reuniões. Um cachorro verificou a possível presença de um corpo na barragem B6. Trabalharam neste dia 97 militares do CBMMG e 20 bombeiros de outros estados.

25 de fevereiro: neste primeiro mês de operação, foram realizados, em média, 299 pousos e decolagens diários, o que configurou Brumadinho como a maior

movimentação aérea do estado de Minas Gerais no período. Como comparativo, o aeroporto de Confins, o mais movimentado do estado, tem uma média de 260 pousos e decolagens por dia.

27 de fevereiro: no início da tarde, máquinas pesadas foram empregadas na remoção da terra, uma vez que a chuva foi intensa no dia anterior. A equipe dividiu-se entre as áreas do remanso, administrativa e da Sotreq. Foram utilizados 115 militares do CBMMG e 13 bombeiros de outros estados.

28 de fevereiro: as frentes de trabalho se dividiram nas mesmas áreas do dia anterior. Enfatizou-se, nesse dia, as escavações com máquinas pesadas, uma vez que o mau tempo inviabilizava o uso de *drones*.

1 de março: varredura superficial da zona quente por meio de *drones*. Reforços caninos trazidos por aeronaves da Força Aérea Brasileira dos estados de SC e RS.

3 de março: as atividades realizadas na área atingida pela lama não foram prejudicadas pelas operações de carnaval do CBMMG, que, neste dia, realizou buscas a pé, escavações, varreduras periódicas com o auxílio de *drones*, desmonte da ITM, drenagem e bombeamento de áreas alagadas e verificação de obras de acessos e dique.

5 de março: foco na drenagem da ITM, com resgates sendo realizados no local.

15 de março: drenagem em alguns pontos para possibilitar o emprego de máquinas e cães, funcionários da Vale realizaram uma inspeção na barragem B6 para verificar sua estabilidade. Neste dia, o total de horas de trabalho estimadas pelo CBMMG era de pelo menos 700, em turnos de 14h ou mais.

18 de março: nesta data foi decidido que toda quarta-feira seria realizada uma reunião entre o CBMMG e os familiares de vítimas ainda desaparecidas para o compartilhamento de informações sobre as operações.

23 de março: em um dia de descanso para as unidades caninas, os militares acompanharam as obras na ponte Alberto Flores, que foi parcialmente destruída pelo mar de lama. A ponte é a principal ligação entre o Córrego do Feijão e o centro de Brumadinho. Rotas alternativas atrasavam a viagem em mais de 1h.

29 de março: o balanço completo da operação, divulgado pelo CGMMG, trouxe os seguintes números para esta data: 1090 horas de operação, 1850 militares, 31 aeronaves, 1590h de voo, 22 equipes com cães, 80% dos resgates realizados com

a ajuda de cães, média de 75 máquinas pesadas por dia, média de 7 *drones* por dia, um balão de observação, um radar e *drones* e outras tecnologias utilizadas, média de 1600 toneladas de rejeito manejadas por dia, 530 recuperações de corpos ou segmentos de corpos. As áreas com mais corpos encontrados foram a área administrativa (43 corpos) e o Parque da Cachoeira.

4 de abril: foram realizadas buscas nos locais indicados pelos cães (sendo eles dois do DF, dois do MT e dois de GO) e o foco das buscas continuou na área de carregamento ferroviário (conhecida como área da Pera).

16 de abril: foi resgatado um corpo localizado por meio de escavações no dia anterior e que estava preso às ferragens, locais indicados pelo serviço de inteligência foram escavados e buscas foram realizadas com botes no Rio Paraopeba.

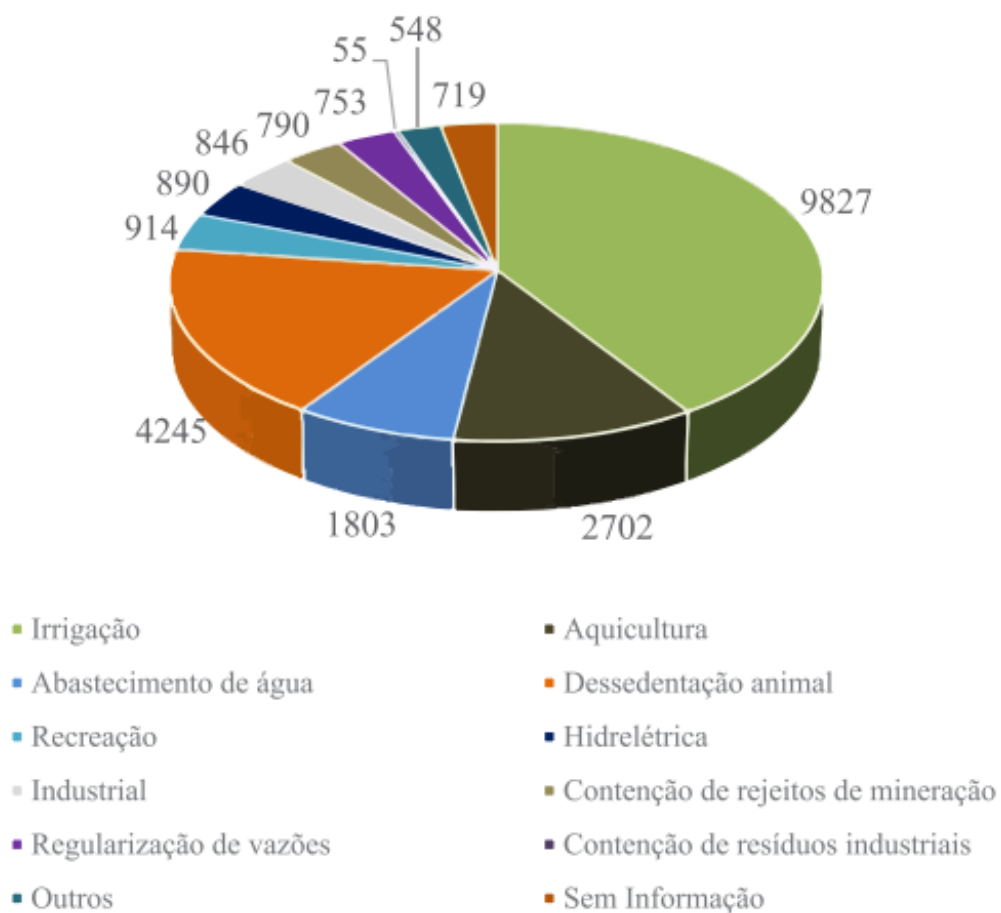
29 de abril: é anunciada a ajuda da Academia de Bombeiros Militar nos fins de semana, o que significa um efetivo de 30 bombeiros a mais nas buscas a pé, em áreas que apresentam mudança do relevo devido às chuvas.

Após esse período, não foram divulgados outros boletins detalhados nas fontes pesquisadas.

APÊNDICE C - Locais passíveis de indenizações pela Vale

As pessoas pertencentes às seguintes localidades (entre cidades, distritos e bairros) estavam sendo cadastradas ao final dos quatro meses de operações, segundo dados da ouvidoria de indenizações da Vale: Parque da Cachoeira, Córrego do Feijão, Alberto Flores até Pires, Casa Branca, Capão Redondo, Jangada, Retiro das Pedras, São Joaquim de Bicas, Mário Campos, Centro de Brumadinho, São Sebastião, Presidente, Grajaú, Progresso, Planalto, José de Salles Barbosa, São Judas Tadeu, Retiro do Brumado, Sagrada Família, Aranha, Citrolândia, Colônia Santa Isabel, São Marcos, Paquetá, Juatuba, Nova Esperança, Satélite, Betim, Piedade do Paraopeba, São José do Paraopeba, Igarapé, Florestal, Esmeraldas, Fortuna de Minas, Pará de Minas, São José da Varginha, Maravilhas, Pequi, Paraopeba, Papagaios, Curvelo, Pompéu e Suzana.

ANEXO A - Classificação das barragens brasileiras em 2017



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA, 2018, p. 22)

ANEXO B - Critérios de pontuação para o cálculo da CRI

Critérios de pontuação levando em consideração características técnicas:

| Altura (a) | Comprimento (b) | Vazão de projeto (c) |
|---------------------------------------|--|--|
| Altura \leq 15 m (0) | Comprimento \leq 50 m (0) | CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0) |
| 15 m < Altura < 30 m (1) | 50 m < Comprimento < 200 m (1) | Milenar (2) |
| 30 m \leq Altura \leq 60 m (4) | 200 m \leq Comprimento \leq 600 m (2) | TR = 500 anos (5) |
| Altura > 60 m (7) | Comprimento > 600 m (3) | TR inferior a 500 anos ou desconhecida/ Estudo não confiável (10) |

Fonte: Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2012, p. 6)

Critérios de pontuação levando em consideração o estado de conservação:

| Confiabilidade das estruturas extravasoras (d) | Percolação (e) | Deformações e recalques (f) | Deterioração dos taludes / paramentos (g) |
|---|--|---|--|
| Estruturas civis bem mantidas e em operação normal / barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0) | Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0) | Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0) | Não existe deterioração de taludes e paramentos (0) |
| Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3) | Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3) | Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2) | Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2) |
| Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6) | Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6) | Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (6) | Erosões superficiais, ferrugem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6) |
| Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10) | Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10) | Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10) | Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10) |

Fonte: Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2012, p. 7)

Critérios de pontuação levando em consideração o plano de segurança:

| Documentação de projeto (h) | Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (i) | Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento (j) | Plano de Ação Emergencial - PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (k) | Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança (l) |
|--|---|---|---|--|
| Projeto executivo e "como construído" (0) | Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0) | Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0) | Possui PAE (0) | Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0) |
| Projeto executivo ou "como construído" (2) | Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1) | Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2) | Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2) | Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2) |
| Projeto básico (5) | Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3) | Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4) | PAE em elaboração (4) | Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4) |
| Projeto conceitual (8) | Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6) | Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8) | Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8) | Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6) |
| Não há documentação de projeto (10) | - | - | - | Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8) |

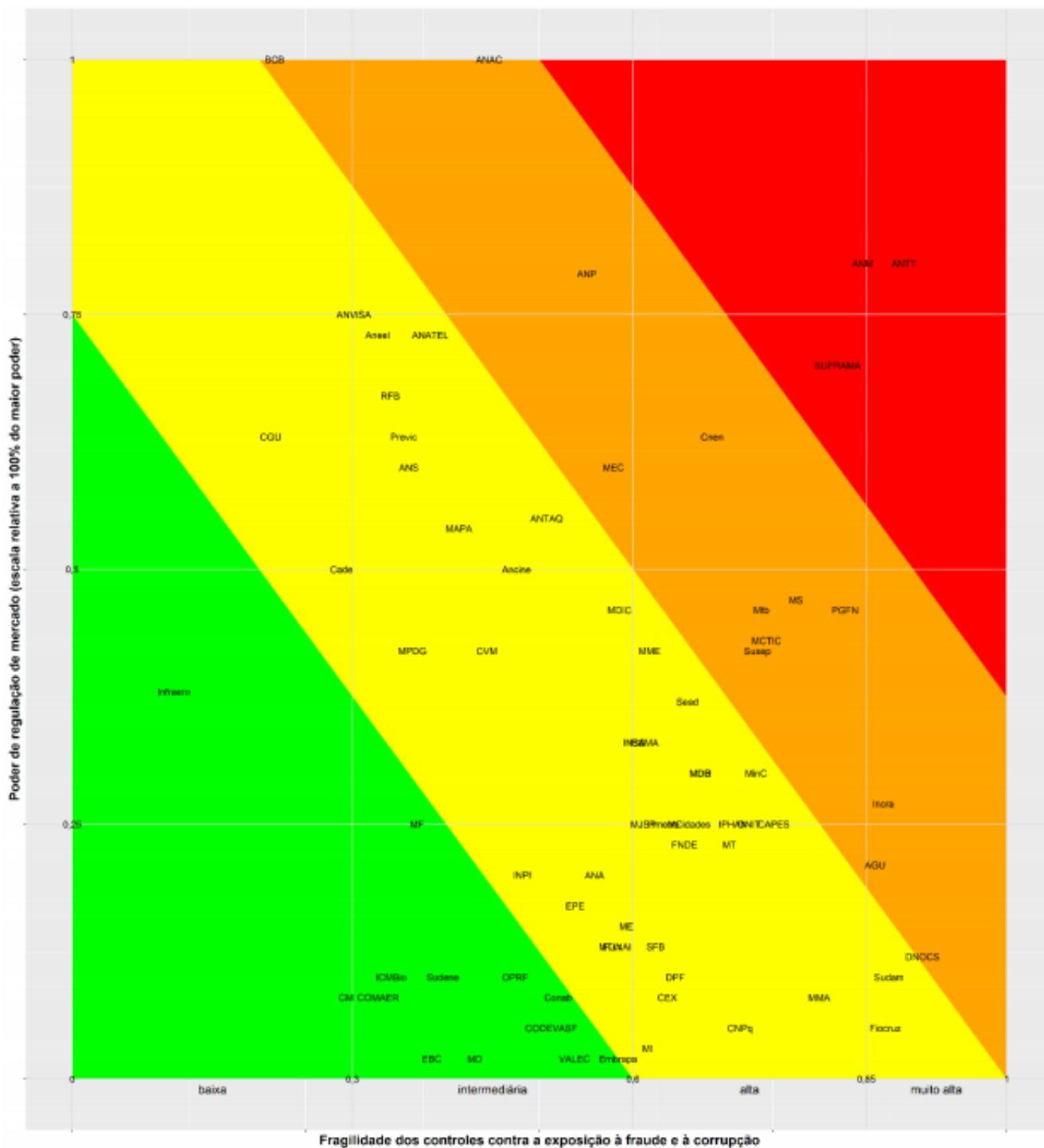
Fonte: Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2012, p. 8)

ANEXO C - Critérios de pontuação para o cálculo do DPA

| Volume Total do Reservatório (a) | Existência de população a jusante (b) | Impacto ambiental (c) | Impacto socioeconômico (d) |
|--|--|--|--|
| Muito Pequeno < = 500 mil m ³ (1) | INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem) (0) | INSIGNIFICANTE (área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes , segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0) | INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0) |
| Pequeno 500 mil a 5 milhões m ³ (2) | POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3) | POUCO SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes , segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2) | BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1) |
| Médio 5 milhões a 25 milhões m ³ (3) | FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5) | SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs,e armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes , segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6) | MÉDIO (existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3) |
| Grande 25 milhões a 50 milhões m ³ (4) | EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10) | MUITO SIGNIFICATIVO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II A - Não Inertes, segundo a NBR 10004 da ABNT) (8) | ALTO (existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5) |
| Muito Grande > = 50 milhões m ³ (5) | - | MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe I-Perigosos segundo a NBR 10004 da ABNT) (10) | - |

Fonte: Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2012, p. 9)

ANEXO D - Exposição das agências regulamentadoras do país à fraude e corrupção



Fonte: Tribunal de Contas da União (TCU, 2018c, p. 9)