



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**CRISES E DESAFIOS AMBIENTAIS EM ECONOMIAS
FORTES E FRACAS:** Uma Visão comparativa sob o olhar de
Malthus e Boserup

MARCELLI PIRES FARIA

RIO DE JANEIRO

2024

MARCELLI PIRES FARIA

CRISES E DESAFIOS AMBIENTAIS EM ECONOMIAS

FORTES E FRACAS: Uma Visão comparativa sob o olhar de
Malthus e Boserup

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Política Internacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Economia Política Internacional.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Alberto Crespo

RIO DE JANEIRO

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

F224c Faria, Marcelli Pires.

Crises e desafios ambientais em economias fortes e fracas: uma visão comparativa sob o olhar de Malthus e Boserup / Marcelli Pires Faria. – 2024. 73 f.

Orientador: Eduardo Alberto Crespo.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de Pós-Graduação em Economia Política Internacional, 2024. Bibliografia: f. 66-73.

1. Gestão de crises. 2. Desenvolvimento econômico. 3. Economia. I. Crespo, Eduardo Alberto, orient. III. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. IV. Título.

CDD 658.4056

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária: Bruna Amarante Oliveira CRB 7 – 6602
Biblioteca Eugênio Gudín/CCJE/UFRJ

MARCELLI PIRES FARIA

**CRISES E DESAFIOS AMBIENTAIS EM ECONOMIAS FORTES E
FRACAS: Uma Visão comparativa sob o olhar de Malthus e Boserup**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Economia
Política Internacional da Universidade Federal do
Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do
título de Mestre em Economia Política
Internacional.

Data de aprovação: 28/02/2024

Prof. Dr. Eduardo Alberto Crespo - Orientador (UFRJ)

Prof. Dr. Ricardo Zortéa Vieira - Membro Interno (UFRJ)

Prof. Dr. Alexandre Jeronimo de Freitas - Membro Externo (UFRRJ)

Prof. Dra. Maria Gabriela Von Bochkor Podcameni - Membro externo (IFRJ)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, sem O qual eu nada poderia fazer. Também agradeço muito ao apoio e paciência da minha família, que me ajudaram a ter perseverança e sempre buscar evoluir através dos estudos.

Agradeço também em especial, ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Crespo por toda sua disponibilidade, e a todos os professores que me ensinaram e colaboraram de alguma maneira nessa jornada. Também aos meus colegas de classe.

"A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo."

- Nelson Mandela

RESUMO

O trabalho efetua a comparação situacional de crises ambientais, por meio de estudo de casos, com base na abordagem e tomada de decisões mediante a situações de crise, realizando um paralelo entre países com economias fortes e fracas a partir das teorias de Ester Boserup e Thomas Malthus. Para a pesquisa, foi realizada uma análise qualitativa das propostas de adaptação e solução em contexto de crises e desastres ambientais. Foram selecionados casos ocorridos em países com situações de desenvolvimento econômico distintas, trazidas para observação a partir do seguinte método: Narrativa do contexto histórico e do caso analisado, exposição das consequências imediatas, explanação das medidas tomadas pelo poder público, descrição das consequências locais a longo prazo, e por fim, a comparação entre os episódios em geral, colocando em evidência as divergências entre países de economias fortes e fracas, a fim de identificar se realmente houve diferenças em relação a intervenção pontual e administração de crise. A hipótese concebida é de haver uma diferença no manejo de crises, por meio do desenvolvimento de estratégias para prevenir e educar, aplicação de medidas legais e criação de legislações específicas a posteriori, atendimento aos afetados, e desenvolvimento e reconstrução infraestrutural nas áreas afetadas.

Palavras-Chave: Gestão de crises; Desenvolvimento econômico; Meio ambiente; Economia.

ABSTRACT

This study compares environmental crises in different situations, using case studies based on the approach and decision-making in crises, drawing a parallel between countries with strong and weak economies based on the theories of Ester Boserup and Thomas Malthus. For the research, a qualitative analysis of the adaptation and solution proposals in the context of environmental crises and disasters was carried out. Cases that occurred in countries with different economic development situations were selected and observed using the following method: Narrative of the historical context and the case analyzed, presentation of the immediate consequences, explanation of the measures taken by the government, description of the local long-term implications, and finally, a comparison between the episodes in general, highlighting the differences between countries with strong and weak economies, to identify whether there were real differences about specific intervention and crisis management. The hypothesis conceived is that there is a difference in crisis management through the development of strategies to prevent and educate, application of legal measures and creation of specific legislation a posteriori, assistance to those affected, and infrastructural development and reconstruction in the affected areas.

Keywords: Crisis management; Economical development; Environment; Economy.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 - Mapa por zonas de concentração de TCDD por m ² no solo em Seveso	31
Figura 2: Placas de aviso de contaminação - Seveso	33
Figura 3: Imagem de satélite da extensão da nuvem de gás em Bhopal	39
Figura 4: Deslizamento da mina de Aznalcóllar	48
Figura 5 : Cenário após o rompimento da barragem do Fundão em Mariana - MG	55
Figura 6: Cenário em Brumadinho após o desastre	58
Tabela 1: Variação da taxa de fecundidade filhos por mulher.....	16
Tabela 2: Variação população total por ano de pesquisa IBGE.....	16
Tabela 3: Erros de engenharia e tecnologias utilizadas no processo produtivo da empresa UCIL - Acidente de Bhopal	40
Tabela 4: Evolução da quantidade de regulamentos sobre segurança de barragens.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Nacional de Geografia e Estatística

IMF - International Monetary Fund

MPES - Ministério Público do Estado do Espírito Santo

MPF - Ministério Público Federal

MPMG - Ministério Público do Estado de Minas Gerais

MIC - Methyl Isocyanate

NIH - National Institutes of Health (NIH)

ONU - Organização das nações unidas

SNISB - Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

UE - União Europeia

WFP - World food programme

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 VISÕES DISRUPTIVAS E DISTINTAS	11
2.1 A PROFECIA DO COLAPSO MUNDIAL DE MALTHUS	12
2.2 A VISÃO CONFIANTE DE BOSERUP	18
2.3 DIVERGÊNCIA DE IDEIAS E A REALIDADE ATUAL	22
2.3.1 INTERDEPENDÊNCIA GLOBAL E ESGOTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS ESPECÍFICOS	24
2.3.2 SUBSTITUIÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS E ADAPTAÇÃO	26
2.4 EXPERIÊNCIAS DISTINTAS A LONGO PRAZO	27
3 REPERCUSSÕES PARTICULARES EM CRISE	28
3.1 ACIDENTES QUÍMICOS DE SEVESO NA ITÁLIA E BOPHAL NA ÍNDIA	29
3.1.1 O DESASTRE DE SEVESO	30
3.1.2 AS MARCAS DE BHOPAL	36
3.3. MEDIDAS SANITÁRIAS E LEGAIS EM ACIDENTES DE MINERAÇÃO	46
3.3.1 AZNALCÓLLAR	47
3.3.2 ACIDENTES RECENTES NO BRASIL: MARIANA E BRUMADINHO	51
3.3.2.1 BARRAGEM DO FUNDÃO	52
3.3.2.2 MINA DO CÓRREGO DO FEIJÃO	57
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho se propõe a analisar os casos de crises ambientais selecionados, para identificar, ou não, padrões de comportamento diferentes em relação às diretivas mediante tais colapsos, levando em consideração como base as teorias propostas por Thomas Malthus e Ester Boserup, teorias que por si só se demonstram incompatíveis, por terem visões opostas para a mesma problemática. As quais são utilizadas como ponto de partida para a análise de casos de crise que possuem a mesma natureza, dentro de cenários de estados com economias fortes, investimento em pesquisa e educação e indicadores econômicos mais elevados, em correlação com países com economias consideradas mais fracas, com polêmicas de corrupção, educação sucateada e investimento reduzido em polos de pesquisa e desenvolvimento (em comparação com os primeiros citados).

O trabalho segue então na definição dos cenários de caso analisados em uma abordagem comparativa e levando em consideração os pressupostos trazidos na pesquisa, não pretendendo esgotar o tema, nem emitir um parecer definitivo, mas trazer a roda de pesquisa, a hipótese de haver um padrão comportamental que faz com que crises sejam muito mais severas economicamente, socialmente, e na memória e moral da população em geral, em países mais pobres em relação aos mais ricos, independentemente da sua potencialidade destrutiva ser igual. Levando essa possibilidade como premissa norteadora para a condução do trabalho.

A pesquisa não se propõe, portanto a limitar-se nas implicações da demografia na agricultura, como as teorias dos autores se centralizam, e sim analisar os casos de crises ambientais, econômicas e sociais, causadas por desastres industriais, sob a ótica das perspectivas de desenvolvimento ou colapso mediante um desequilíbrio ecológico, que cada uma das teorias traz, intrínseca às suas respectivas pesquisas. Dessarte também se pretende prosseguir com desenvolvimento da pesquisa em momento futuro, não presumindo-se ser possível esgotar o tema, visto que é passível de ampla discussão.

2 VISÕES DISRUPTIVAS E DISTINTAS

Teorias são baseadas no pensamento crítico e podem ser consideradas corretas ou não, ou mesmo parecer adequadas em sua época, até que devido a novos conhecimentos, poderá vir a se tornar obsoleta.

Sobre a natureza da formação de teorias econômicas, Carvalho (1999, p. 9) aponta que há fatores internos e externos que na gênese teórica:

Há, naturalmente, uma influência muito importante dos problemas correntes vividos por uma sociedade na determinação do que se define como um problema relevante teoricamente em economia, mas esta relação está longe de ser tão simples ou mecanicista quanto normalmente se quer supor. O desenvolvimento das idéias se dá, em parte no mínimo tão importante quanto a das influências externas, por força de sua lógica própria, explorando-se potencialidades e incongruências nas teorias dominantes a cada momento. Por vezes, limitações emergentes de um determinado modo de abordagem teórica dos problemas sociais chegam mesmo a impedir o tratamento de questões evidentemente cruciais, ainda que sentidas e conhecidas como tais (CARVALHO, 1999, p. 9).

Serão apresentadas e analisadas as as teorias de Thomas Malthus e Ester Boserup, consideradas opostas, e, sem a intenção de desmerecer ou classificar sua veracidade, serão exploradas em relação aos casos de cenários de crise explorados.

2.1 A PROFECIA DO COLAPSO MUNDIAL DE MALTHUS

Em seu tempo Malthus lançou uma tese que previa o fim da humanidade como conhecemos, a partir de uma visão baseada em suas pesquisas tendo como referência sua época e épocas anteriores a sua, afirmando que a produção não seria suficiente para dispor alimento para todos, pois a população excederia em muito, a capacidade produtiva das terras aráveis.

O texto “Estudo sobre a população”, publicado em 1798, traz a afirmação que a capacidade de crescimento populacional superaria profundamente a capacidade de produção dos meios de subsistência, sendo a distância entre um e outro muito vultosa em uma correlação temporal.

Isto causaria com que a diferença entre ambos gerasse uma insuficiência alimentar dramática: enquanto o crescimento populacional aumenta em vias de progressão geométrica, a capacidade produtiva teria apenas a possibilidade de crescer em uma progressão aritmética, gerando um déficit de recursos (MALTHUS, 1996, p. 246).

A desigualdade dos poderes de distribuição entre população e produção seriam inescapáveis, devido ao crescente aumento populacional e, com isso, geraria uma forte pressão na sociedade, o que, a longo prazo atrapalharia a possibilidade de desenvolvimento humano, sendo sentida por uma parcela da população e causando dificuldades nos sentidos social e econômico (MALTHUS, 1996, p. 247).

Alguns dos fatores apresentados para inferir que seria impossível um desenvolvimento adequado nestas condições, o autor resume como lei da necessidade, onde a natalidade persiste crescendo com o decorrer dos séculos, a alimentação básica para a subsistência de um ser humano não se reduz, além da indispensabilidade de obter outros itens básicos a sobrevivência, além de outros itens que serão adquiridos visando o bem estar social e pessoal (MALTHUS, 1996, p. 286).

A grande lei da necessidade que impede a população de qualquer país de crescer além do alimento que pode produzir ou adquirir, é uma lei tão patente a nossos olhos, tão óbvia e evidente ao nosso conhecimento e tão plenamente confirmada pela experiência em qualquer época, que não podemos nem por um momento duvidar

dela. Os diferentes modos que a natureza usa para impedir ou controlar um povoamento excessivo não nos parecem, na verdade, tão certos e regulares, mas, embora não possamos prever sempre o modo, com certeza podemos prever o fato. Se a proporção de nascimentos em relação aos óbitos, durante uns poucos anos, indica um crescimento numérico muito além da produção proporcional aumentada ou adquirida do país, podemos perfeitamente estar certos que, a não ser que ocorra uma emigração, as mortes ultrapassarão um pouco os nascimentos [...] Não existem outras causas de despovoamento; qualquer país, sem dúvida, estaria sujeito à peste ou fome periódicas. O único critério verdadeiro de um crescimento real e permanente da população de qualquer país é o crescimento dos meios de subsistência. Mas mesmo esse critério está sujeito a pequenas variações que estão, contudo, plenamente ao alcance de nossos olhos e de nossa observação (MALTHUS, 1996, p. 286).

Com o decorrer do tempo, a pressão incidiria como delimitador da espécie humana. Ocorrendo situações em que os meios de subsistência fossem limitados, aliado a uma superpopulação, sucedendo crises climáticas ou sanitárias, estas nações acabariam sofrendo perdas não somente decorrentes aos desastres, como também, das consequências ligadas a eles por longos períodos de tempo, devido a vultosa população, sua oferta de mão de obra excedente e os estragos ocorridos devido aos prejuízos do colapso (MALTHUS, 1996, p. 286).

Apesar do rateio do alimento, no caso de aumento da população, em sua visão, ter que ser compartilhado entre mais indivíduos, haveria um limite que não seria possível de ser ultrapassado, uma fronteira onde as nações ficariam restritas ao desenvolvimento completo, derivada de uma comparação entre alimento x crescimento populacional.

Sendo assim, a alimentação produzida deve ser suficiente para fornecer sustento para a população. E além desta divisa, haveria consequências. Somente possuindo um vislumbre de realidade diferente, no caso de uma população que apresenta taxas de decrescimento. Outro fator que seria impactante nesta balança, seria a quantidade de alimento per capita e a disponibilidade em relação aos rendimentos (MALTHUS, 1996, p. 288).

Para o autor, a natureza teria artifícios para controle populacional, sendo o mais perverso deles a fome. Além da própria predisposição “natural” das nações para a guerra, companheira presente em toda a história da humanidade. Estes e outros fatores, como epidemias, pestes e crises climáticas, poriam a população

novamente em um ponto de equilíbrio em relação à disposição de recursos (MALTHUS, 1996, p. 289).

Entretanto, quando eles fracassam nessa guerra de extermínio, períodos de enfermidade, epidemias, peste e praga entram em ação com uma terrível disposição e eliminam milhares e dezenas de milhares de homens. Quando o sucesso fosse ainda incompleto: a fome gigantesca e inevitável espregueada na retaguarda e com um possante sopro varre a população e o alimento do mundo. Então isso não deve ser reconhecido por um estudioso atento da história da humanidade, que em qualquer época e em qualquer Estado em que o homem viveu ou vive hoje: o crescimento da população é limitado necessariamente pelos meios de subsistência. A população cresce invariavelmente, quando os meios de subsistência aumentam. E o superior poder de crescimento da população é dominado e a população real se mantém equiparada aos meios de subsistência pela miséria e pelo vício (MALTHUS, 1996, p. 289).

Sem tais artifícios, o crescimento populacional estaria muito à frente. Além dos fatores considerados periódicos e naturais presentes na história da humanidade, ele sugere que haja também a intervenção social para controle de natalidade e consequente permanência da capacidade alimentar da população em geral por mais tempo (MALTHUS, 1996, p. 291, 294).

Em paradigma em relação com a sua tese, é trazido o ponto do desenvolvimento, que até aquele determinado momento já havia se empregado na criação de animais e a botânica, estas façanhas haviam demonstrado certo nível de progresso na melhora das culturas, aperfeiçoamento orgânico, assim como, na procriação.

Para estes fatores era observado uma evolução em muitos sistemas produtivos, apesar disto, sua concepção trazia uma descrença na capacidade de desenvolvimento tecnológico, mesmo sendo considerado a longo prazo, e a certeza de um limite máximo de mediação de conflitos. O desenvolvimento seria, portanto, restrito a permanecer em pequena escala, o que gerava uma dúvida em relação à potência do desenvolvimento tecnológico na ciência, agricultura e alimentação.

Não acreditava sequer na capacidade humana de organizar-se para que fosse possível um desenvolvimento mais sadio e a evolução generacional em relação aos níveis de saúde e longevidade (MALTHUS, 1996, p. 298-299).

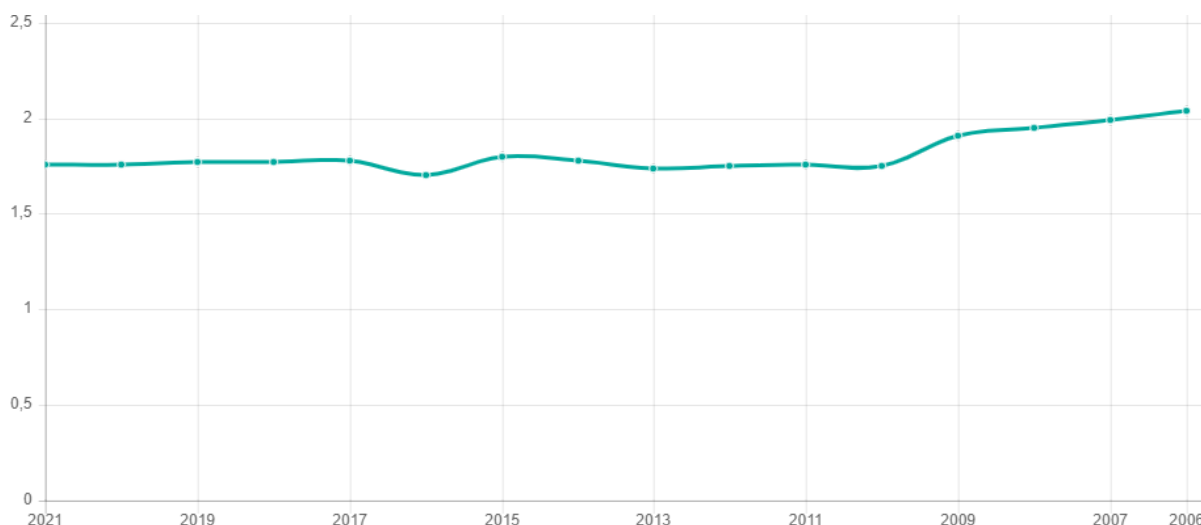
Com isto, segundo sua concepção, muito em breve, a partir de sua época, ocorreriam períodos onde a população se duplicaria, não haveriam terras cultiváveis para atender a demanda escalonada e nem mesmo o aperfeiçoamento das técnicas produtivas alcançaria essa demanda, o que só tenderia a piorar com o passar dos anos. Em suas perspectivas, no próximo quarto de século o cenário outrora de abundância se converteria em cenário de miséria cíclica (MALTHUS, 1996, p. 305-306).

APLICAÇÃO DE MALTHUS AO CONTEXTO BRASILEIRO

Em relação ao crescimento demográfico, apenas a experiência brasileira nos últimos 60 anos, por exemplo, têm demonstrado que o crescimento vem desacelerando de forma considerável nos últimos anos. Em uma pesquisa que abrange os censos de 1950 a 2010, Gomes e Vasconcelos (2012, p. 639) constataram que em nosso país:

[...] desde 1950, as quedas dos níveis de mortalidade, natalidade e fecundidade caracterizaram o processo de transição demográfica brasileiro; a estrutura etária iniciou seu processo de envelhecimento; essas mudanças não ocorreram simultânea, nem homogeneamente, nas grandes Regiões brasileiras; enquanto Sudeste, Sul e Centro-Oeste se encontram mais adiantadas nesse processo, Norte e Nordeste permanecem com níveis de mortalidade e fecundidade mais elevados e estruturas etárias menos envelhecidas.[...] ainda que os níveis de fecundidade tenham declinado abaixo do nível de reposição na maior parte do país, todavia não se alcançou o equilíbrio demográfico, com baixos níveis de mortalidade e natalidade (GOMES, 2012, p. 639).

Já no portal do IBGE, informações referentes ao ano de 2021, retratam que a taxa de fecundidade é de 1.76 filhos por mulher. Reduzida de um total de 2.04 reportada no ano de 2006. Porém, a redução da taxa de mortalidade infantil foi ainda maior, sendo reduzida de 29 em 1000, em 2000 para 11.2 em mil no último censo realizado em 2023 (GOV, 2023).

Tabela 1: Variação da taxa de fecundidade filhos por mulher

Fonte: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (GOV, 2023)

O crescimento populacional comparativo também cresceu a uma taxa menor, considerando dados disponibilizados pelo panorama do censo 2022, é possível observar na tabela abaixo que, entre 2000 e 2010, o crescimento populacional foi de um total positivo de 43.838.340 milhões de pessoas. Já de 2010 a 2022, o crescimento populacional foi igual a um aumento de apenas 12.324.957 milhões de pessoas (GOV, 2023).

Tabela 2: Variação população total por ano de pesquisa IBGE

Ano da pesquisa	População total
1950	51.944.397
1960	70.992.343
1970	94.508.583
1980	121.150.573
1991	146.917.459
2000	169.872.856
2010	190.755.799
2022	203.080.756

Fonte: Tabela adaptada IBGE / 2023 (GOV, 2023).

RETORNO À APLICAÇÃO DA TEORIA NO ESCOPO DO ESTUDO

Além disso, sua proposta ignora a capacidade que a genética e o desenvolvimento tecnológico, aliado à pesquisa proporcionaram na indústria alimentícia em nosso tempo, a principal falha nos argumentos, entre outros, é considerar como finda a situação da evolução tecnológica que estava disponível em sua época (MORAN, 2011, p. 57).

Esta ótica alarmista foi muito influente em várias linhas de pensamento, porém não se sustentou até os dias de hoje, pois a população certamente, não está nas condições previstas pelo pensador, mesmo após termos ultrapassado as expectativas de crescimento populacional, e contudo, a produtividade agrícola e suprimento de insumos seguiram em crescimento (FREITAS, 2014, p. 374-376).

Apesar disto, se considerarmos que a visão malthusiana se pautava em um cenário no qual o acesso à tecnologia é indisponível, no caso, à referência em sua época, poderemos fazer correlação com países nos quais as tecnologias são pouco acessíveis, não são requeridas como exigências legais ou a fiscalização do cumprimento legal é ineficiente, não há incentivos a pesquisa e desenvolvimento, para compreender o quão impactantes podem ser não somente catástrofes naturais nas emergências ambientais e o quão duradouras e pesadas estas se tornam.

Portanto, para este trabalho, será levado em consideração, o ponto de vista levantado por Malthus em seu trabalho, como padrão de operação de países com menor fiscalização legal, ou com brechas jurídicas que tornam os processos morosos e que tornariam os cenários de desastres industriais mais graves em países aqui chamados de economias fracas, os quais se deparariam com as crises mais agravadas e cíclicas propostas por Malthus, porém dentro de perspectivas de adversidades ambientais e não necessariamente no contexto de crise alimentar.

2.2 A VISÃO CONFIANTE DE BOSERUP

Mais um século adiante, a economista dinamarquesa, com linhas de pesquisas relacionadas ao desenvolvimento e agricultura, tratadas principalmente em seu livros “The Conditions of Agricultural Growth” (1965) e “Population and technological change” (1981), Ester Boserup, trouxe sua própria visão sobre o desenvolvimento populacional, divergindo de Malthus com um postulado contrário ao seu, em relação ao crescimento populacional, aumento de demanda e crise na oferta de recursos.

Os fenômenos de crescimento populacional e desenvolvimento tecnológico estão altamente relacionados para Ester Boserup. Em seu ponto de vista, há uma correlação entre a necessidade por algum bem, herdada por uma crise ou carência, e o empenho em buscar opções para suprir a demanda crescente criada, a partir de novos conhecimentos e técnicas motivadas pelo desejo de encontrar soluções para problemas enfrentados.

Essa correlação também tem o caminho reverso, com o desenvolvimento de novas tecnologias influenciando mudanças demográficas, sendo assim, a população não poderia crescer sobremaneira caso não houvesse ocorrido progresso em diversas frentes do desenvolvimento tecnológico, pois estas tiveram repercussões no tamanho e distribuição da população mundial pelo espaço geográfico, portanto, ambos fenômenos seriam interligados, impactando um ao outro. Da mesma forma, caso a população permaneça estagnada, assim o avanço tecnológico também, e com isso a estagnação populacional persiste, e assim por diante (BOSERUP, 1981, p. 3,5,6):

Other areas would have little or no technological changes because of stagnant populations, and would continue to have stagnant populations because of no technological changes (BOSERUP, 1981, p. 5).

Um dos exemplos mais significativos de desenvolvimento na história humana, é a descoberta do fogo e seu manejo, que possibilitou a proteção contra o ataque de animais selvagens e disponibilizou condições para adaptação em climas mais frios, permitindo assim a dispersão populacional e exploração de novos territórios

(BOSERUP, 1981, p. 3 - 4). Além destas oportunidades geradas, também foi possível através do emprego e utilização do fogo em outras vertentes, a ampliação da dieta alimentar, permitindo o desenvolvimento nutricional dos seres humanos:

Os humanos agora tinham uma fonte confiável de luz e de calor e uma arma letal contra os leões à espreita. Não muito tempo depois, os humanos podem até mesmo ter começado a deliberadamente a fazer queimadas em suas áreas. Um fogo cuidadosamente manejado podia transformar bosques cerrados intransponíveis em campos cheios de animais de caça. Além disso, quando o fogo se apagava, os empreendedores da Idade da Pedra podiam caminhar pelos restos fumegantes e coletar animais, nozes e tubérculos carbonizados. Mas a melhor coisa que o fogo possibilitou foi o hábito de cozinhar. Alimentos que os humanos não conseguem digerir em sua forma natural – como trigo, arroz e batata – se tornaram itens essenciais da nossa dieta graças ao cozimento. O fogo não só mudava a química dos alimentos; mudava também sua biologia. Cozinhar matar germes e parasitas que infestavam os alimentos. Também passou a ser muito mais fácil para os humanos mastigar e digerir seus alimentos favoritos, como frutas, nozes, insetos e carniça, se cozidos. [...] O advento do hábito de cozinhar possibilitou aos humanos comer mais tipos de comida, dedicar menos tempo à alimentação e se virar com dentes menores e intestino mais curto (HARARI, 2015, p.16-17).

Em seus comentários, traz ao debate também, o fato de terem existido ao decorrer da história humana e ainda existirem, em certas regiões do planeta, comunidades vivendo de forma bastante rudimentar, não possuindo acesso a certas tecnologias disponíveis de forma ampla em muitas áreas, colocando em voga que o maior ponto de observação deve ser, não quantas tecnologias são criadas dia após dia, nem quando estas foram criadas, mas sim, serem compreendidas as razões que levam estas sociedades a não terem possibilitado o acesso à elas, ou seja, quais são os empecilhos que impedem a disseminação da tecnologia (BOSERUP, 1981, p. 4), sejam eles: financeiros, sociais, morais, jurídicos, regulamentares, éticos, entre outros (BOSERUP, 1981, p. 12).

Um exemplo são os fatores demográficos, pois algumas tecnologias não são viáveis em casos específicos, como cidades com baixa ou altíssima densidade populacional, tornando processos inaplicáveis por não cumprir requisitos necessários para que seja disseminada certa tecnologia (BOSERUP, 1981, p. 4).

Sua pesquisa retrata que, por exemplo, no decorrer do processo de urbanização das cidades, foi necessário que houvesse alto emprego de força

humana para que fosse viável o desenvolvimento infraestrutural em um determinado local, visto que, a maioria dos avanços efetuados com as tecnologias da época dependiam de muita mão de obra para que fossem levantadas, o que erigia grandes centros de agrupamento populacional manifestando-se aos redores dos empreendimentos, fazendo com que os níveis populacionais e de desenvolvimento urbano possuísem níveis estreitamente correlacionados de crescimento.

Já no último século e ainda hoje, é possível observar que ocasiões em que o desenvolvimento cresce de maneira mais incisiva são as áreas em que são aplicadas maior volume de investimentos em pesquisa para um determinado fim de interesse coletivo ou particular, isso faz com que em menos tempo seja possível alcançar o mais alto nível de resultados derivados destes nichos de pesquisa e com isso obter melhores retornos financeiros também (BOSERUP, 1981, p. 4).

In the twentieth century, nearly all invention is the result of demand-Induced or cost-induced organized research, and there is usually correlation between the resources devoted to research within a given field and the speed of technological progress within that field. Thus, there is a link between the motivation for innovation and the amount of invention (BOSERUP, 1981, p. 4).

Nessa relação tecnologia x população, a alta ocupação demográfica traz capilaridade para os investimentos assim como faz com que os recursos naquelas regiões sejam mais explorados, mas, da mesma forma, também há investimento para que esta falta seja mitigada através de potenciais tecnológicos que vão sendo formulados para atender possíveis sintomas de supressão de recursos. Além disso, para recompor os recursos que são superexplorados, tornando-se escassos, há um processo de incentivo à busca por substitutos (BOSERUP, 1981, p. 5 - 6).

Em seu livro ela fornece um exemplo de uma situação que faria com que a população recorresse ao uso de meios tecnológicos para solucionar a questão alimentar, através de investimentos em recursos de apoio a intensificação da agricultura, como maquinário, mecanismos para irrigação mais eficaz e fertilizantes. Com isto, haveria uma melhor produtividade e aproveitamento na colheita, criação de empregos e, por fim o suprimento da demanda (BOSERUP, 1965, p. 102 - 103).

Let us now turn to a country with a rapidly rising population and no possibility of feeding the additional inhabitants by means of food imports. If

there would be any possibility of applying industrial input in agriculture, the incentive would be to use it as a means to obtain a major shift in the pattern of land utilization, and also in this case the aim could be obtained either by mechanized or by chemical inputs, or—more likely—by a combination of both. Chemical fertilizer would be used, not to replace but to supplement other means of fertilization, thus allowing still more frequent cropping; mechanized power would be used to provide water where this was impossible or very difficult to do by traditional methods; and tractors would find improvements, of all be used for contour ploughing and similar land which would make possible a more efficient use of the land. When mechanized equipment is used for such purposes, far from superseding labor it helps to increase employment opportunities (BOSERUP, 1965, p. 102).

No entanto, a partir da revolução industrial, esta correlação se torna menos intrínseca, devido a exportação de tecnologias para locais menos populosos, que outrora não alcançariam, sozinhos, o mesmo nível tecno-científico sem que fosse possibilitado através da transferência tecnológica, tornando teoricamente a distância tecnológica mais curta e possibilitando o desenvolvimento pleno (BOSERUP, 1981, p. 7).

Porém, há outros fatores a serem considerados, como por exemplo o plano de desenvolvimento de um Estado e as prioridades governamentais. Por isto, será levado em consideração, que em países com maior investimento em pesquisa e desenvolvimento, legislações mais rígidas, e maior quantidade de indústrias de alto nível tecnológico e organizacional aqui considerados países com economias fortes, se deparariam com um panorama mediante crises que espelharia a teoria de Ester Boserup, ou seja, criariam maneiras de ocasionar progresso mediante crises, mais especificamente, diante de desastres industriais.

Portanto, não será analisado diretamente o ponto de sua tese referente à escassez alimentar em si, e sim a aplicação teórica relativa aos desastres mencionados anteriormente.

2.3. DIVERGÊNCIA DE IDEIAS E A REALIDADE ATUAL

Em relação ao pensamento malthusiano, o hiper crescimento populacional seria a régua limitadora para a vida no planeta, sendo impossível que se ultrapassasse a linha onde o aumento da população se tornaria maior do que a escala de crescimento alimentar, pois haveriam consequências, como, a fome, delimitando a capacidade de desenvolvimento. Realizada em proporção referente a sua época e épocas anteriores, suas previsões e seus cálculos menosprezam a capacidade de aumento tecnológico no campo, não considerando a possibilidade de aumento da produtividade, apesar da “finitude” de terras aráveis disponíveis (SOBY, 2017, p. 92).

Porém, há limitações que precisam ser levadas em consideração. As comunidades de seres humanos sempre fizeram uso de recursos naturais, descartando rejeitos obtidos e, por muitos anos, este processo era sucedido por peregrinações, onde tais populações seguiam jornada a outros locais, os quais possuíam recursos que seriam explorados com mais fácil acesso. E mesmo após se fixarem em localidades, seguiam em busca de determinados recursos relevantes além fronteiras, quando estes se exauriam. Devido ao tamanho da população ser menor, os impactos causados pela extração e uso de recursos não eram tão relevantes, se postos em relação à grandeza do espaço ambiental em que viviam.

No entanto, com o crescimento populacional e o advento da Revolução Industrial, os fluxos lineares de produção, ou seja, aqueles em que há a produção, uso e descarte, não se tornam sustentáveis dentro de um equilíbrio dos sistemas biogeoquímicos. Uma das sugestões propostas em relação aos resíduos é aplicação de conceitos da ecologia Industrial, que preza por reinserir rejeitos dentro dos processos produtivos, formando um ciclo fechado, onde é possível que ocorra o reaproveitamento dos recursos, gerando menos reveses ambientais e proporcionando benesses em prol da manutenção do desenvolvimento em todos os âmbitos (GIANNETTI, ALMEIDA, 2006, p. 1 - 4).

Para que haja melhor aproveitamento de recursos e enfrentamento de problemas ambientais complexos é também necessária a integração de diversos setores: sociais, econômicos, legislativos, de saúde pública, infrasetruturais e

ambientais. Além disso é importante que sejam realizados investimentos em aprimoramento de tecnologias, para que haja uma abordagem completa, multidisciplinar no enfrentamento de problemas e prevenção de riscos potenciais, e, além disto, para que o desenvolvimento sustentável ocorra de forma a ser também interessante economicamente (GIANNETTI, ALMEIDA, 2006, p. 95). Para isto, é necessário interesse público, investimento em políticas que impulsionem estes setores e legislações que os regulem. Como afirma Martins, Spink (2015, p. 504):

[...] as práticas de prevenção e preparação tornaram-se centrais às políticas de redução de desastres mundiais a fim de evitar os riscos, preparar a população para situações de crise e reduzir os impactos desses eventos (MARTINS, SPINK, 2015, p. 504).

2.3.1 INTERDEPENDÊNCIA GLOBAL E ESGOTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS ESPECÍFICOS

A visão exposta por Malthus se baseava na inelasticidade do suprimento alimentar como fator de controle da densidade populacional, tornando o crescimento populacional uma variável dependente das alterações efetuadas no campo agrícola.

Sua resposta mais pessimista em relação ao trabalho de Condorcet, o qual em certos tópicos considerava utópico, um deles sendo a capacidade humana de inovar e evoluir não só nos aspectos de longevidade como nas intervenções genéticas nas melhorias da criação de animais e plantas, não seria possível para a sociedade interferir de tal forma nas “leis” da natureza a ponto de reduzir de forma drástica a disparidade do crescimento populacional em relação a disponibilidade de recursos alimentares que previa. (SOBY, 2017, p. 91; MALTHUS, 1996, p. 299)

Nenhuma pessoa pode duvidar, em certo grau, da capacidade de aperfeiçoamento das plantas e dos animais. Um progresso evidente e decisivo já foi realizado e, entretanto, penso que seria altamente absurdo dizer que esse progresso não tem limites. Embora na vida humana existam grandes variações provenientes de diferentes causas, pode-se pôr em dúvida que, desde que o mundo começou, possa ser determinado claramente algum aperfeiçoamento orgânico qualquer na constituição do homem. Por essa razão, as bases sobre as quais se assentam os argumentos a favor da perfectibilidade do homem são incomumente frágeis e somente podem ser consideradas simples conjecturas. Contudo, não parece impossível, de qualquer modo, que mediante um cuidado especial com a procriação, um certo grau de aperfeiçoamento semelhante ao que se verifica entre os animais poderia ocorrer entre os homens. Que a inteligência possa ser transmitida seria objeto de dúvida; entretanto, o tamanho, a força, a beleza, a compleição e talvez mesmo a longevidade, numa certa medida, são transmissíveis. O erro não parece estar em admitir um pequeno grau de aperfeiçoamento possível, mas em não distinguir entre um pequeno aperfeiçoamento, o limite do que é indefinido e um desenvolvimento realmente ilimitado (MALTHUS, 1996, p. 299).

Apesar de suas análises quantitativas serem consideradas deterioradas pelo fator tempo, em alguns casos específicos de recursos naturais não renováveis, a interferência humana na natureza causada pela superexploração vêm ocasionando com que alguns recursos tornem-se ou tenham vistas de tornarem-se escassos e venham a ser protegidos e substituídos. Apesar de alguns desses recursos serem

renováveis, a taxa de sua torna-os incapazes de recuperar-se, sendo necessária um gerenciamento economicamente racional (MARGULIS, 1990, p. 158-159). A correlação ser humano x natureza também afetou a existência de outras espécies por vários meios, como a caça, desertificação de áreas e destruição de seu habitat natural (MELO, *et al*, 2020, p. 74936).

Por isto, é necessário que haja um controle nas emissões, gerindo os riscos principalmente em casos de acidentes ocasionados por crises industriais, para que os reveses destas situações não afetem negativamente as populações ao circunvizinhas a estes polos, além de toda a comunidade que se beneficiaria dos recursos naturais impactados.

2.3.2 SUBSTITUIÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS E ADAPTAÇÃO

Segundo Boserup, com a pressão ocasionada pelo aumento populacional haveria uma evolução nos padrões de uso e tratamento da terra, que também dependeram do crescimento populacional para serem desenvolvidos, tornando assim, a relação uma simbiose mutualística, ocasionando com que fossem usados no decorrer da história, padrões de cultivo extensivos em populações menos robustas e pousio prolongado, e enquanto estas populações se tornaram mais densas, haveria aplicação de técnicas de plantio de uso mais intenso da terra e menor tempo de pousio com áreas agrícolas menores, alternando-se para áreas maiores caso houvesse redução populacional.

Da mesma forma, comenta que a partir do aumento populacional, há maior disponibilidade de mão-de-obra, podendo ser investida na área rural, e, portanto, os resultados podem ser aumentados através de melhorias na terra, mas à custa de menos tempo livre para atividades não relacionadas com a agricultura, e que a inovação tecnológica depende da densidade populacional (SOBY, 2017, p. 90).

Isto ocorre em alguns casos, onde o clima é desfavorável, ou são necessários ajustes para obtenção de recursos. Da mesma forma, é necessário que ocorram adaptações em diversas esferas em casos de crises de múltiplas ordens: sanitárias, ambientais, econômicas, sociais, entre outras.

Apesar de serem imprescindíveis que ocorram ações mediante crises em qualquer local do mundo, estas não serão tomadas com a mesma conjuntura em todos os casos, devido a gestão diretiva, situação econômica e outros fatores que podem interferir no manejo de tais situações (GREEN, 2013, p. 1 - 2).

Portanto é presumido que, as experiências frente a casos de crises ocorrendo em países com cenários distintos, terão também repercussões intrínsecas às suas circunstâncias particulares.

2.4 EXPERIÊNCIAS DISTINTAS A LONGO PRAZO

Em países com economias fracas, os desastres teriam a tendência de deixar marcas mais profundas, mais duradouras, difíceis de sumir. Em países ricos ocorreriam a aplicação e fiscalização de leis mais rígidas para as indústrias, que se adaptariam em prol de venderem para moedas fortes.

Já no caso de países em desenvolvimento, com economias mais fracas, as quais estariam no fim das cadeias globais de valor, seriam fomentadas por uma fiscalização legal mais permissiva e leis mais flexíveis em prol de receber investimento estrangeiro. Haveriam também casos em que a corrupção geraria situações de risco devido à redução de qualidade na aplicação de materiais na engenharia industrial (FREITAS, PORTO, MACHADO, 2000, p. 33-35).

Serão analisados casos de crise em situações semelhantes em relação à natureza do problema, não necessariamente à intensidade do ocorrido.

Dois temas de crises industriais serão tratados: Casos de acidentes químicos e de acidentes de mineração. Foram selecionados países que sofreram situações semelhantes, cada qual dentro de um cenário de gravidade, porém com backgrounds diferentes, impactando as populações ao redor de maneira singular.

A definição do escopo de países com economias fortes ou fracas foi interpretada, partindo de dados do relatório do Fundo Monetário Internacional (FMI): Países emergentes, como economias mais fracas e Economias avançadas, aqui denominadas economias fortes (IMF, 2023, p. 128 - 149).

Também será levada em consideração a visão que pauta ser necessitado incentivo ao progresso técnico para que ocorra um aprimoramento da estrutura econômica (BORJA, 2009, p. 248).

3 REPERCUSSÕES PARTICULARES EM CRISES

Crises têm várias repercussões na sociedade, causando prejuízos de diversos âmbitos e esferas. Os acidentes ampliados geram a comoção pública em prol da resolução dos problemas gerados e mitigação das consequências por parte dos envolvidos, além de prezar pela criação de meios que possibilitem que sejam evitados casos de reincidência em acidentes semelhantes (FREITAS, PORTO, MACHADO, 2000, p. 109).

Serão efetuadas análises de caso de situações de crises ambientais que possuem origens semelhantes com consequências duradouras nas esferas da economia, social, de desenvolvimento tecnológico e legais.

O ponto inicial será a contextualização histórica e detalhamento do acidente, exposição das consequências imediatas ocasionadas pelo colapso, serão retratadas as ações tomadas pelo poder público e privado nas esferas social, infraestrutural, legal e jurídica para mudanças do cenário a curto prazo e prevenção a longo prazo.

Também serão desenvolvidas as consequências a longo prazo e se há padrões de colapsos e suas repercussões.

Por fim, serão postos em comparação os casos em que as decorrências de crises sucederam em países com economias fortes e casos em que os acidentes desenrolaram-se em países com economias fracas.

O ponto de partida é a hipótese do surgimento de novas tecnologias, métodos e estratégias de prevenção de crises e gerenciamento de riscos a longo prazo a partir de investimento em educação e legislações específicas no caso de países ricos, espelhando a teoria proposta por Boserup no âmbito das crises industriais. Enquanto na conjuntura de crises ocorridas em países com economias fracas, o cenário seria de crises mais duradouras e cíclicas, gerando um panorama conferido por Malthus neste contexto.

3.1 ACIDENTES QUÍMICOS DE SEVESO NA ITÁLIA E BOPHAL NA ÍNDIA

Dois acidentes de grande notoriedade causados em indústrias químicas em cidades distintas serão tratados a partir de suas consequências a curto e longo prazo na sociedade, assim como os impactos negativos devido ao colapso ocorrido, e os positivos desenvolvidos em prol de mitigar as repercussões.

Em Seveso, na Itália, em 1976, um reator explodiu e contaminou várias cidades a seu redor com Dioxina, além do solo e corpos aquáticos.

Em 1984 a cidade de Bhopal sofre um acidente sem precedentes, ao haver um escapamento de mais de 40 toneladas de gás isocianato de metila dentro da região e arredores, com um grande número de mortos.

Serão relatados estes dois acidentes e exploradas suas repercussões no curto e longo prazo nas partes interessadas.

3.1.1 O DESASTRE DE SEVESO

Na cidade italiana de Seveso, no dia 10 de julho de 1976, ocorreu um acidente químico que gerou várias consequências na sociedade. O superaquecimento indevido gerou a explosão de um reator na empresa ICMESA, pertencente à companhia Roche, que produzia químicos para indústrias de cosméticos e farmacêuticos, causando uma nuvem tóxica que cobriu uma extensão proporcional (fig. 1), iniciando-se pela cidade de Seveso e cidades circunvizinhas de Meda, Desio, Cesano Maderno, Barlassina e Bovisio Masciago, as duas últimas com menor potencialidade, todas altamente povoadas, chegando a um raio de raio de 6 km de distância (DE MARCHI, FUNTOWICZ, RAVETZ, 2000, p. 129; ESKENAZI, *et al*, 2018, p. 71).

Segundo inquéritos sobre o desastre, houve problemas em relação ao investimento em segurança dentro da fábrica, ainda que as consequências de um possível desastre químico já fossem de conhecimento público, através de estudos e por meio de casos de acidentes industriais ocorridos anteriormente em outras ocasiões, apesar de não nenhum destes ter sido proporcionalmente igual a este na região, ocasionando contaminação de todo um território, e não apenas indivíduos isolados (CENTEMERI, 2010, p. 1-2).

Sobre práticas de gerenciamento de risco, De Marchi, Funtowicz, Ravetz, (2000, p. 136), informam que:

Estudos [...] têm confirmado que problemas relacionados às incertezas e à comunicação (ainda que entre as agências responsáveis) podem ser completamente críticos e afetar o sucesso do gerenciamento de uma emergência, ou a fase aguda de um perigo (DE MARCHI, FUNTOWICZ, RAVETZ, 2000, p. 136).

Portanto, poderiam ter sido reduzidos os efeitos caso tivessem sido aplicadas técnicas de prevenção de riscos dentro da indústria.

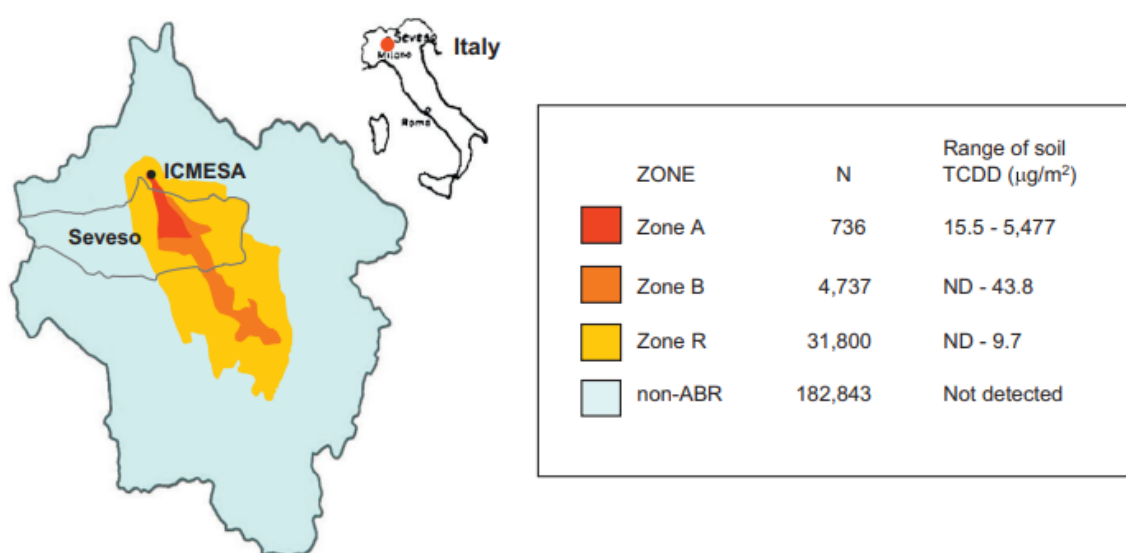
A área mais densamente contaminada cobriu cerca de 87 hectares, liberando uma mistura fluida de cerca de 15 a 30 kg de dioxina no ambiente, contendo 2,3,7,8,-TCDD¹ (PESATORI, *et al*, 2003, p. 127; ESKENAZI, *et al*, 2018, p. 71).

¹ 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (Dioxina).

Segundo PubChem², a dioxina era gerada como contaminante em herbicidas com clorofenoxi, que eram produzidos nas décadas de 60 e 70, que, em contato com seres vivos, causa problemas dermatológicos, sendo o mais comumente manifestado, a cloracne, porém também pode gerar incidência de casos de câncer:

Occurred as a contaminant in chlorophenoxy herbicides, including 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid (2,4,5-T), that were widely used in the 1960s and 1970s to control weeds (including controlling weeds on pastureland and food crops). HUMAN EXPOSURE AND TOXICITY: The most commonly reported symptom related to TCDD exposure in man has been chloracne. The acneform lesions of the skin may develop a few weeks after the exposure and may persist for over a year following the cessation of exposure. Other skin problems include hyperpigmentation, hirsutism, increased skin fragility, and vesicular eruptions on exposed areas of the skin. [...]. Increased cancer risk ratios were found with higher doses of TCDD and longer interval since first exposure, digestive and respiratory cancers in particular. Within the high dose group, total cancer mortality was increased 20 yr after first exposure as was respiratory cancer (PUBCHEM, 2004).

Figura 1 - Mapa por zonas de concentração de TCDD por m² no solo em Seveso



Mapa da cidade de Seveso na Itália, indicando as zonas com maior concentração de TCDD encontrados no solo. Fonte da figura: Elaborada e disponibilizada por Eskenazi, *et al* (2018, p. 72).

² Open chemistry database at the National Institutes of Health (NIH).

A dioxina é considerada uma substância de muita periculosidade, evidenciada por meio de experimentos e pesquisas, a sua toxicidade, sendo seus danos comparados aos da radioatividade. As repercussões além de físicas, extrapolavam ao campo social e econômico, com os indivíduos impactados sofrendo com discriminação, e a produção de áreas afetadas sendo desprezadas, causando estigma generalizado sobre os afetados (DE MARCHI, FUNTOWICZ, RAVETZ, 2000, p. 131).

A resposta inicial para a população foi irresoluta, pois não havia planos de comunicação de acidentes, nem, da mesma forma, planejamento de ações em caso de acidentes por parte da indústria (JAIN, *et al*, 2017, p. 6).

Dezenove crianças foram levadas ao hospital com crises cutâneas, cidadãos residentes que estavam diretamente na área central do acidente desenvolveram sintomas como náuseas, dor de cabeça e irritação ocular consequente ao evento. Houve ainda, uma alta mortalidade de animais e plantas nas semanas que se passaram e foram reportadas cerca de 200 ocorrências de cloracne, especialmente entre crianças (ESKENAZI, *et al*, 2018, p. 71). Também foi identificado aumento na malformação de fetos e problemas congênitos (BISANTI, 2006, p. 151).

Cerca de 15 dias depois, foi lançado um estudo prolongado patrocinado pela região de Lombardia que coletou material genético dos moradores para análises químicas no tempo presente e a serem analisadas em tempo futuro. Estes participantes da coleta foram acompanhados até o ano de 1982 regularmente, e, após isto, de forma periódica, observando efeitos neurológicos, infecções, lesões na pele, efeitos na gravidez e fertilidade e na saúde infantil. Esta pesquisa utilizou como base para comparação de níveis de exposição, as zonas com maior concentração de TCDD encontrados no solo, por não haver meios de medir o nível de concentração de dioxina em seres humanos (fig. 1) (ESKENAZI, *et al*, 2018, p. 71). Em relação a reparação às vítimas, a multinacional pagou como indenização o valor de 240 milhões de dólares aos afetados (SWISSINFO, 2001).

Trabalhadores da empreitada de descontaminação também sofreram consequências, sendo os mais intensamente contaminados, reportando terem havido contato mais direto por meio de atos como: remover suas máscaras ou limpar o suor da face. Consequências eminentes foram desordens dermatológicas

graves e neurológicas ocorridas dias após a exposição e, no caso do indivíduo que se expôs removendo sua máscara, ocorreram problemas em seus órgãos internos como pancreatite e aumento do fígado, e o mesmo veio a óbito após um curso de 9 meses, devido a doenças decorrentes deste contato direto com o elemento químico (GHEZZI, *et al*, 1982, p. 177).

A zona classificada como A, com a maior concentração de níveis de TCDD no solo, abrigava 212 famílias, as quais foram evacuadas de suas residências nas primeiras duas semanas após o acidente e atendidas de imediato em pronto socorro, sendo, após isto, acompanhadas de perto por exames e testes laboratoriais. Suas casas foram consideradas contaminadas, portanto, os indivíduos não puderam retornar, e pelo risco agregado, as construções foram demolidas e removidas do local, para sanitização. Na zona B, as grávidas e crianças menores de 12 anos foram deslocados de suas residências, todos receberam tratamento médico, no entanto, os indivíduos em geral não foram realocados, porém foram advertidos a não consumirem nenhum bem produzido no local. Na zona R, de menor contaminação, com cerca de 32 mil moradores, os residentes apenas foram avisados a não consumirem produções locais (ESKENAZI, *et al*, 2018, p. 72).

Figura 2: Placas de aviso de contaminação - Seveso.



Fonte: Ecologistas en acción (2016)

Foram efetuadas deliberações de maneira centralizada, com pouca influência popular, gerando resistência por movimentos que demandavam maior nível de democracia nas decisões (CENTEMERI, 2010, p. 2).

Em 1981 iniciou-se a escavação de 2 aterros para enterrar os entulhos contaminados da demolição e, seguindo uma demanda popular de tornar a região em um parque urbano, a área foi reflorestada e foi inaugurado o bosque dos carvalhos em 1996, sendo adicionados em 2004, painéis com memorial de origem do bosque e a história do acidente. A recuperação da área é considerada um sucesso, em termos ambientais, no centro do parque uma colina encobre uma cúpula de cimento que isola dejetos contaminados (CENTEMERI, 2010 p. 2-3; PÚBLICO, 2001; SWISSINFO, 2001).

[...] a recuperação ambiental do território foi um caso de sucesso. Paralelamente à recuperação ambiental, a zona atingida recuperou rapidamente as condições sócio-econômicas que caracterizavam o território antes da contaminação (CENTEMERI, 2010, p. 3).

Somente foi possível que houvesse a pesquisa epidemiológica por haver se estabelecido uma avaliação de longo prazo na saúde da população de forma imediata (ESKENAZI, *et al*, 2018, p. 82).

Além disso, a divulgação do desastre foi uma oportunidade para iniciar-se a implementação de um controle generalizado de riscos de processos industriais, através de um sistema de controle dentro da UE (CENTEMERI, 2014, p. 2). Pois no contexto anterior ao acidente, as políticas de gerenciamento de risco industrial eram dispersas dentre os países da então Comunidade Europeia, portanto, um dos mais importantes produtos positivos decorrentes do acidente foi a criação da chamada Diretiva³ Seveso, uma diretiva para intervenção em casos de ocorrência de crises com origem em explosões químicas (DE MARCHI, FUNTOWICZ, RAVETZ, 2000, p. 131; PÚBLICO, 2001), que incluíam a adaptação na indústria de progressos técnicos, troca de experiências e informações relevantes na prevenção de acidentes no contexto dos Estados membros, a fim de que fossem implementadas

³ Segundo site oficial da UE, “é um ato legislativo que fixa um objetivo que os países da UE têm de alcançar. No entanto, cabe a cada país organizar as suas próprias leis para alcançar esses objetivos.” (UE, 2022)

técnicas de prevenção de acidentes e controle de repercussões de possíveis eventos de desastres industriais.

INFLUÊNCIAS NA CONSTITUIÇÃO DA DIRETRIZ

Outros acidentes também foram parte influente ao desenvolvimento, ampliação e modernização desta diretiva, como por exemplo Bhopal, Cidade do México, Schweizerhalle, Toulouse e Basel. A diretiva foi sendo atualizada através da inserção de emendas e por fim sendo reformulada em duas outras versões mais completas, trazendo regulamentações de comunicação de riscos, normatização de relatórios de segurança, evidenciamento de identificação de possíveis riscos, também, a divulgação de planos emergenciais, promoção de participação pública no amplo conhecimento de riscos adjacentes a produção industrial e constantes da planta, assim como planos de emergência em casos de acidente (DE MARCHI, FUNTOWICZ, RAVETZ, 2000, p. 135; JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPEIA, 2012, p. 14).

Houve porém, de certa forma, uma externalização do custo, onde materiais infectados foram também enviados para um depósito ilegal na então Alemanha Oriental, transferindo parte do produto contaminado para terceiros, resultando em que pessoas que não se beneficiaram diretamente dos benefícios e do desenvolvimento gerados pela indústria, fossem reféns do prejuízo de seu processo produtivo (DE MARCHI, FUNTOWICZ, RAVETZ, 2000, p. 129-130, 146).

A ineficiência da ação imediata ao acidente correta, por parte da indústria responsável, foi um motor impulsivo para a criação da diretiva (JAIN, 2017, p. 6). Assim, o acidente foi de certa forma um marco na história da segurança industrial mundial. Uma das marcas mais favoráveis da ação coletiva política, legislativa e industrial, foi a evidência das melhorias na instrumentação e controle de processos obtida através da criação e propagação da Diretiva Seveso na comunidade europeia, e servindo de base para outras ao redor do mundo, contribuindo para a propiciação de um ambiente industrial mais seguro e responsável.

Um dos requerimentos legais da diretiva seveso foi a implicação do dever de haver dedicação ao aprendizado com acidentes, sendo necessárias revisões periódicas nos planos de emergência incluindo conhecimentos tecnológicos recentes

(PATTERSON, 2009, p. 114). Com isto, as formas de controle de risco se tornaram mais severas.

3.1.2 AS MARCAS DE BHOPAL

Nos anos 70, a Índia passava por um plano de incentivo a inserção de indústrias externas para incentivar a economia local. Foi então efetuada a proposta a Union Carbide Corporation (UCC), uma parceria com o governo e *stakeholders* locais para a criação de uma planta industrial para produção do pesticida Sevin, que estava em voga na época na região da Ásia. O local escolhido, foi a cidade de Bhopal, devido a infraestrutura já estabelecida em transportes, e a localização centralizada, além do estado, Madhya Pradesh, promover incentivos para atrair as indústrias. Até aquele momento, a zona era composta por estabelecimentos comerciais e indústrias leves (BROUGHTON, 2005, p. 1; BOWONDER, MIYAKE, 1988, p. 237).

Inicialmente, a aprovação para funcionamento da então Union Carbide India Limited (UCIL) se estendia apenas a formulação de pesticidas com compostos químicos em doses pequenas advindos diretamente da sede da UCC, mas com a concorrência aumentando, foi tomada a decisão de implementar processos para manufatura de produtos intermediários dentro da fábrica para reduzir custos, tornando o processo mais perigoso com a preparo de mais químicos sem o devido plano piloto (BROUGHTON, 2005, p. 2).

Sobre as características do gás:

MIC is a highly reactive and toxic substance [8,261. It reacts violently with water, alkali, acids, alcohols, etc. It is biologically very active and reacts with a number of body enzymes, as per the Materials Data Sheet of Union Carbide Corp Ltd. (UCC) , [281. MIC has to be stored close to 0° C and in no case the temperature of storage should exceed 15 °C. In pure form MIC polymerizes easily. While storing phosgene is added to MIC to inhibit polymerization. There are three MIC storage tanks at the Bhopal plant [...] which have to be kept refrigerated (BOWONDER, MIYAKE, 1988, p. 240).

No ano de 1984, a empresa enfrentava uma diminuição da demanda devido a situação financeira dos fazendeiros, precária, devido a estarem ocorrendo colheitas mal sucedidas e casos de fome no subcontinente desde o início dos anos 80, fazendo com que não houvessem fundos para investir em defensivos agrícolas industrializados. Consequentemente, a fábrica começou a ter prejuízo e passou a operar com apenas um quarto da capacidade total.

Houve uma intenção de encerrar as atividades da fábrica e comercializá-la, como não houveram propostas imediatas, a empresa seria dividida em unidades menores de produção, que seriam enviadas para outro país em desenvolvimento. Neste meio tempo, a empresa continuava em funcionamento, porém com condições de segurança muito inferiores em relação a outras unidades como a dos Estados Unidos. Apesar da ciência do governo da situação que a empresa estava passando, não foi tomada nenhuma atitude relativa ao reforço da segurança fabril, devido ao receio da perda do investimento local e a quantidade de empregos perdidos (BROUGHTON, 2005, p. 2).

[...] houve um acentuado desinvestimento, com sérias implicações de segurança, à medida que a rentabilidade da fábrica de Bhopal foi sendo posta em causa. [...] o efeito negativo de anos de seca na procura de pesticidas; e a introdução na Índia de novos pesticidas [...]. A situação levou a que, em 1984, ano do desastre, estivesse a ser seriamente equacionado o desmantelamento da fábrica para ser reinstalada em unidades separadas na Indonésia e no Brasil (ibidem, p. 88). Os sucessivos cortes no funcionamento e nos funcionários levaram a que operações sensíveis fossem executadas por pessoal sem experiência, que cessassem operações de manutenção e reparação e a que fossem cortados custos em áreas tão cruciais. Para que tenhamos uma ideia mais exata do impacto destes cortes, convém frisar que a refrigeração dos tanques que armazenavam o MIC (onde se iniciou a reação que desencadearia o desastre), cuja função era prevenir reações endotérmicas, encontrava-se desligada (2006, p. 90). Do mesmo modo, a torre de queima de gás, a que caberia destruir os gases de uma eventual fuga de MIC, estava inoperacional na noite do acidente (ibidem) (MARTINS, 2016, p. 135).

No dia do acidente, a fábrica estava fechada para manutenção anual, em 2 de dezembro do ano de 1984, o acidente se iniciou através de um vazamento de gás isocianato de metila (MIC), por meio da pressão no tanque de armazenamento e elevação da temperatura. Havia um dispositivo de segurança com objetivo de purificar o gás de ventilação havia sido desativado havia 3 semanas, ocasionando

com que a água de limpeza interna de canos fosse misturada com o gás, com isto, o resfriamento falhou, causando uma reação exotérmica com liberação de calor e pressão. Outro sistema de prevenção de danos que não estava em funcionamento, foi o sistema de segurança de queima de gás (BROUGHTON, 2005, p. 2; BOWONDER, MIYAKE, 1988, p. 241).

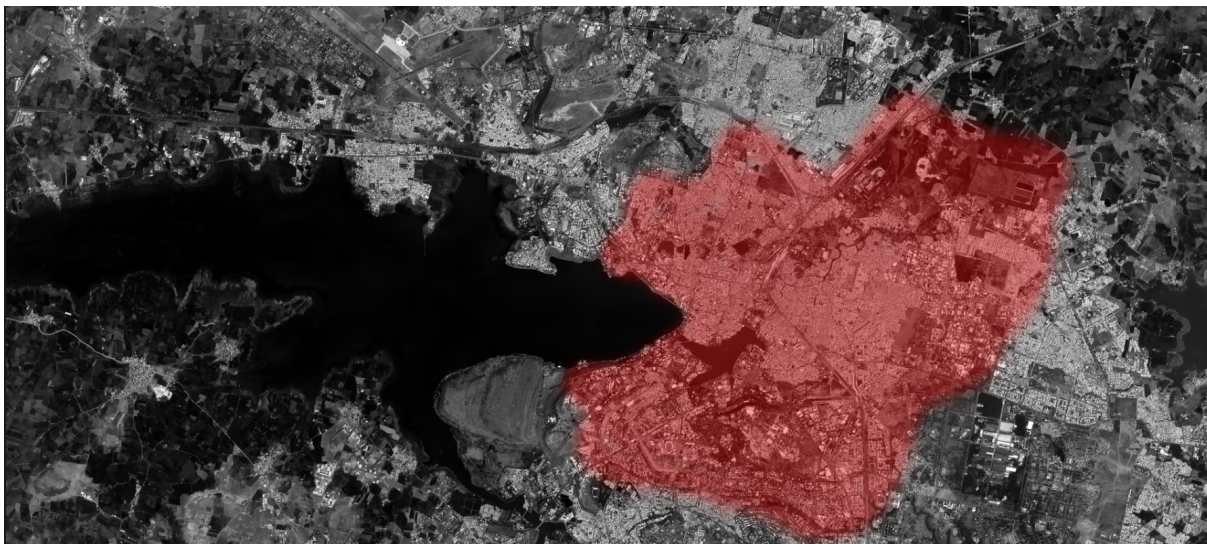
Havia um alarme de vazamento de gás tóxico, que soou às cerca de 01:00 da manhã, porém o mesmo foi desligado. A polícia contatou a equipe da empresa, que informou que não havia ocorrido nenhum processo anormal. No entanto, a temperatura do tanque continuava a subir. Com este conjunto de falhas na segurança, o tanque não resistiu e aproximadamente 40 toneladas de gás MIC foram liberados na cidade de Bhopal (BOWONDER, MIYAKE, 1988, p. 244).

Bowonder e Miyake (1988, p. 244) também descrevem que foram tomadas medidas insensatas no manejo do gás, se destacando a inadequação da operação dos funcionários com o produto tóxico. comentando ainda que algumas medidas de segurança de riscos, caso houvessem sido implementadas, poderiam ter evitado o evento catastrófico da liberação de gás MIC. São eles abaixo:

The major causes of the accident can be summarized as: i) Flushing the pipelines with water (though it is a routine maintenance step) led to the admission of water into tank 610 because of: - partly leaky isolation valves; _ omission to insert a slip blind, - a remote operated valve being open (it should have been shut - this was not known at the control room); and - a plant modification connecting relief valve and process vent header. ii) Large quantities of MIC were stored in the tanks, contrary to instructions and the empty tank was not used for evacuation. iii) The safe systems for mitigating the release of MIC were not operational or adequate to handle such a large release (BOWONDER, MIYAKE, 1988, p. 244).

A nuvem de gás MIC encobriu a cidade. Os moradores da comunidade adjacente à indústria sentiram efeitos de forma quase imediata, como sufocamento e falta de ar e tentaram fugir de forma desorientada e, em sua grande maioria, a pé. Na manhã seguinte, foram levados para o hospital da cidade, cerca de 12.000 vítimas, excedendo muito a capacidade total que era de 750 pacientes, não sendo possível assim, o atendimento de forma urgente da maior parte dos indivíduos (BOWONDER, MIYAKE, 1988, p. 244 - 245).

Figura 3: Imagem de satélite da extensão da nuvem de gás em Bhopal



Fonte da imagem: The Guardian (2023).

Outro fator impactante foi o despreparo da população frente a um acidente como este, tornando-se totalmente vulneráveis às consequências e das equipes de socorro do hospital, que não sabiam como proceder no tratamento, pois não haviam recebido informações detalhadas da empresa referente a qual seria a natureza do acidente (BOWONDER, MIYAKE, 1988, p. 244 - 245; FELDMAN, MCCARTHY, 1988, p. 51; MACHADO, 2006, p. 7).

There was severe confusion about the nature of the gas that leaked as UCIL did not give any details. There was a severe controversy regarding the line of treatment as well as the amount and type of gas that leaked [18,201. The Head of the Department of Forensic Medicine at Hamidia Hospital said that the people who died showed symptoms of cyanide poisoning. The Director of Health Services, Government of Madhya Pradesh disagreed with this observation [...]. On 5 December a telex came from UCC Headquarters indicating that if cyanide poisoning symptoms persisted, people should be given injections of sodium thiosulphate and amyl nitrate [...]. This telex was not disclosed. The private doctors handling people exposed to the gas, treated them for specific symptoms which the subjects exhibited in the absence of information on the line of treatment (BOWONDER, MIYAKE, 1988, p. 245).

Pfeffer (2003, p. 53), detalha que os moradores não tinham ciência do que estavam lidando, tornando seus esforços vãos:

They simply awoke in the night "thinking neighbors were burning chili peppers." In the absence of appropriate emergency response, many fled into the moving plume until breathing became labored and, for some, impossible (PFEFFER, 2003, p. 53).

Estima-se que mais de 520 mil pessoas sofreram consequências da exposição ao gás, e após 20 anos, ainda sofriam com doenças crônicas, causadas pelo contato, mais de 150 mil indivíduos. Nos dias seguintes ao acidente foram cerca de 8.000 mortes, além de animais (MACHADO, 2006, p. 8; PALAZZI, CURRÒ, FABIANO, 2015, p. 37). As consequências estiveram, portanto, estreitamente ligadas às medidas irregulares e ineficácia de ações de combate a acidentes.

The severity of the accident was undoubtedly connected to the fact that operating instrumentation, safety interlock and mitigation systems were not efficient, not properly designed or undersized (PALAZZI, CURRÒ, FABIANO, 2015, p. 39).

Bowonder e Miyake, (1988, p. 237) definem que houve uma série de erros cometidos no acidente, de várias vertentes: Humanos, tecnologia empregada, informacionais e organizacionais. Abaixo (Tab. 3) são trazidos os erros apontados no âmbito tecnológico, adaptados do original e traduzidos. Alguns deles poderiam ter sido compensados através de ações de minimização de risco, porém isto não foi observado no caso.

Tabela 3: Erros de engenharia e tecnologias utilizadas no processo produtivo da empresa UCIL - Acidente de Bhopal

1. Defeitos no design
2. Seleção de materiais incorreta
3. Mal funcionamento do equipamento
4. Instalações desconectadas
5. Instrumentação precária
6. Modificação na planta original

7. Margem de segurança insuficiente
8. Diferença no balanço das plantas
9. Defeitos na fabricação
11. Corrosão
13. Baixo nível de provisões de segurança
14. Ausência de linhas diretas para aviso de acidentes

Fonte: Adaptado e traduzido de Bowonder e Miyake (1988, p. 260, 264).

No dia 7 de dezembro, foi aberto um processo multimilionário através de um advogado em um tribunal americano contra a UCC, iniciando uma longa batalha legal que se estendeu por muitos anos, onde compreendia-se que as implicações éticas na vida humana foram banalizadas. Em março de 1985, o governo Indiano promulgou um ato chamado: *Bhopal Gas Leak Disaster Act*, a fim de assegurar que houvesse rapidez e efetividade no exercício das obrigações legais diante do acidente BROUGHTON, 2005, p. 3) .

An Act to confer certain powers on the Central Government to secure that claims arising out of, or connected with, the Bhopal gas leak disaster are dealt with speedily, effectively, equitably and to the best advantage of the claimants and for matters incidental thereto (INDIA CODE, 1985, p. 2).

A partir deste ato o Estado Indiano se tornou o único representante legal das vítimas em processos legais juramentados dentro ou fora da Índia. Todos os casos legais foram aos poucos sendo retirados da jurisdição americana e dispostos na Indiana. A companhia UCC, responsável pela coordenação da empresa, tentou dissociar sua imagem do acidente e da responsabilidade legal. No entanto, por fim entrou em acordo com o Tribunal Superior Indiano, assumindo a responsabilidade moral do caso ocorrido.

O valor do acordo total final seria a compensação paga do valor de 470 milhões de dólares, que seriam distribuídos entre os postulantes. No entanto, a quantia foi considerada relativamente baixa em comparação com a quantidade de indivíduos afetados e o nível de impacto que o acidente teve na vida de cada um

destas pessoas, especialmente levando em consideração que as repercussões na situação de vida destes indivíduos, são de longuíssimo prazo. Pois, de fato foram minimizados os impactos na vida dos envolvidos, levando em consideração, no acordo, que apenas 3.000 pessoas morreram e 102 mil tiveram consequências na saúde permanentes (BROUGHTON, 2005, p. 1, 3).

Em comparação com a compensação dada a casos que houve contaminação com asbestos nos EUA, pode se inferir que a mesma empresa conferiu valores compensatórios às vítimas sobremaneira reduzidos, como compara Broughton (2005, p. 3):

Had compensation in Bhopal been paid at the same rate that asbestosis victims were being awarded in US courts by defendant including UCC – which mined asbestos from 1963 to 1985 – the liability would have been greater than the \$10 billion the company was worth and insured for in 1984 [10]. By the end of October 2003, according to the Bhopal Gas Tragedy Relief and Rehabilitation Department, compensation had been awarded to 554,895 people for injuries received and 15,310 survivors of those killed. The average amount to families of the dead was \$2,200 [9] (BROUGHTON, 2005, p. 3).

Verificou-se uma tentativa, da parte da empresa de ofuscar a disponibilização de dados a respeito do acidente, até 2005 ainda não eram conhecidos os exatos componentes que compunham a nuvem tóxica, reduzindo a possibilidade de tratamentos mais efetivos às vítimas. Por exemplo, MIC a temperaturas de 200° formar um derivado contendo uma substância ainda mais tóxico ao corpo humano, Hidrogênio Cianide (HCN), e apesar de fatores como a coloração do sangue das vítimas ter sido alterada, sendo um dos sintomas da contaminação com este químico e dos testemunhos da temperatura haver excedido 200°C, a empresa negou que poderia ter havido esta possibilidade (BROUGHTON, 2005, p. 3).

The moment the Bhopal gas disaster took place, the Union Carbide Company adopted a policy of suppressio vary and suggestio falsi. Concerted efforts were made to spread the message of disinformation (SRIRAMACHARI, 2004, p. 916).

No entanto, pesquisas indicaram que o uso de tiosulfato de sódio⁴ obtinha resultados favoráveis no alívio de sintomas das vítimas.

The issue related to whether or not hydrogen cyanide (HCN) was among the gases released into the atmosphere in Bhopal. The Joint Statement held that by all accounts it was, that temperatures in the MIC tank were well in excess of 200°C when MIC dissociates producing nitrous oxides, carbon monoxide/dioxide and HCN. By end-January 1985, studies by the Indian Council of Medical Research (ICMR) had shown evidence of symptomatic relief with sodium thiosulphate and urinary excretion of sodium thiocyanates, prompting ICMR to issue guidelines for sodium thiosulphate treatment, despite which this line of treatment was being avoided in Bhopal public hospitals. The Joint Statement demanded that authorities issue appropriate guidance to enable victims to benefit from the therapeutic value and detoxifying effect of sodium thiosulphate (RAGHUNANDAN, JAYAPRAKASH, 2020, p. 125).

A empresa descontinuou as atividades no local, porém não removeu completamente os entulhos industriais, portanto, o local ainda é uma fonte de contaminação, que contribui com a poluição dos lençóis d'água e o solo ao redor (BROUGHTON, 2005, p. 3).

Em 2001, a UCC foi adquirida pela Dow Chemical, passando a ser a esta empresa que cabem as responsabilidades pendentes da UCC. Apesar dos continuados apelos dos ativistas de Bhopal, até hoje a Dow Chemical continua a recusar-se a assumir a limpeza da área contaminada (MARTINS, 126, p. 138).

Raghuandan e Jayaprakash comentam sobre a perpetuação do dano (2020, p. 122): *“The trail of death, deformity, disability, genetic disorders, pollution of soil and groundwater, and harm to flora and fauna continues even today”*.

Bhopal tornou-se uma espécie de sinônimo de tragédia em diversos âmbitos, que evoca a responsabilização de envolvidos especialmente dentro das indústrias em relação aos seus processos produtivos (MACHADO, 2006, p. 8). Em relação ao acidente e a tentativa de intenção de isenção que a empresa demonstrou, neste novo século que se inicia, não ficariam restritos ao entorno do local atingido, visto que em nossa sociedade atual, devido a informação estar disponibilizada em larga escala, por meio do acesso à internet, além da integração global que é gerada pelas redes sociais e as plataformas de vídeo como meios de comunicação, há uma

⁴ Considerado antídoto para intoxicação por Cianeto (CETOX, 2013, p.2).

demanda por responsabilização dos envolvidos bem como a reparação às vítimas. Como retrata Machado (2006, p. 8):

Longe de ser o único evento dessa natureza a deixar passivos humanos, sociais e ambientais, Bhopal estabelece uma espécie de limite de tolerância da sociedade civil internacional. Passa-se a demandar responsabilidade, por parte da indústria química, sobre seus processos produtivos. Transplantar filiais a países cujas legislações ambientais sejam pouco rígidas não pode mais ser sinônimo de exportação de padrões de poluição e de risco químico às comunidades daqueles países. Tampouco pode significar impunidade. A partir de Bhopal, empresas multinacionais da indústria química começam a ser julgadas, inclusive em seus países-sede, geralmente a quilômetros da tragédia. O legislador passa a impor padrões rígidos para a atuação daquele segmento empresarial. A própria indústria adere a novos padrões de conduta e advoga pelo cumprimento das normas: afinal, quer compartilhar, com todo o setor, os custos da adoção de padrões seguros de produção (MACHADO, 2006, p. 8).

Em prol de reduzir os impactos da tragédia na população carente, dois indivíduos que fizeram parte do acidente criaram uma organização não governamental em prol das vítimas: *The Bhopal Medical Appeal* presta serviços de auxílio médico gratuito para os atingidos pelo acidente de 1984 provendo fundos para uma clínica e um centro de reabilitação na localidade a partir de doações nacionais e internacionais para o projeto.

Além disso, a clínica também opera com pesquisas e promove a educação de comunidades dentro da área de contaminação, além disso, emprega metade de seus funcionários, vítimas do acidente (THE BHOPAL MEDICAL APPEAL, 2014).

The Chingari Trust Rehabilitation Centre provides medical treatment and rehabilitation to the children of gas victims, and those affected by the contaminated water, born with birth defects, disabilities or life threatening conditions (THE BHOPAL MEDICAL APPEAL, 2014).

Acidentes como o de Bhopal são importantes para alertar a sociedade e, em geral, influenciam a criação de normas preventivas fora do escopo do acidente, transcendendo fronteiras não só dos aspectos negativos, quanto dos práticos em mudanças legislativas, por meio da análise do ocorrido e discussões populares. (MACHADO, 2006, p. 9-11). Como Machado (2006, p. 10) enfatiza:

Em Bhopal, não há efeitos ambientais transnacionais, como, por exemplo, o espalhamento de uma nuvem tóxica por países adjacentes ao local do acidente; ainda assim, o evento é alçado à cena internacional, mobilizando amplos setores da sociedade (MACHADO, 2006, p. 10).

Também é definida a necessidade de aplicação de padrões de segurança e prevenção de acidentes para que sejam evitados casos de repercussão semelhante.

The disaster indicated a need for enforceable international standards for environmental safety, preventative strategies to avoid similar accidents and industrial disaster preparedness (BROUGHTON, 2005, p. 1).

Foi implicado que em relação às regras seguidas na Índia e na Unidade dos EUA, houve um padrão regulamentar muito mais frouxo no país em desenvolvimento, fruto da permissibilidade do País alvo para que fosse obtido investimento exterior (BROUGHTON, 2005, p. 3). Outro fato interessante relativo a legislação Indiana, é que uma lei de proteção ao meio ambiente somente foi criada dois anos após o acidente, em 1986, apesar do País ter sido um dos participantes da conferência de Estocolmo⁵, 14 anos antes (REZENDE, MESQUITA, 2015, p. 123).

Em relação aos moradores das comunidades vizinhas à fábrica, foi demonstrada indiferença por parte das partes interessadas, pois já haviam habitantes que residiam na região de interesse no momento da decisão de implantação da fábrica e, com o alto risco implícito ao processo produtivo fabril, deveria-se demandar que não fossem permitidas novas construções na região ao redor da indústria, porém nada foi feito. Também deveriam ter sido promulgados planos de estratégia de ação em casos de acidentes, além da propagação dos perigos peculiares da fabricação para os envolvidos e a população local, com divulgação de planos de evacuação junto à comunidade local, ações que também não foram tomadas, nem reivindicadas pelo poder público a UCIL (MARTINS, 2016, p. 133).

⁵ Segundo UNITED NATIONS, ECOSOC (1968) *apud* LAGO (2006, p. 25): “A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano foi convocada para examinar as ações nos níveis nacional e internacional que poderiam limitar e, na medida do possível, eliminar os obstáculos ao meio ambiente humano”

Outro fator importante relativo à negligência expressa nas tecnologias utilizadas, havendo um padrão duplo, as quais, em relação às utilizadas à unidade dos Estados Unidos, se demonstraram inferiores, além de não comprovadamente eficazes e não adaptadas à localidade. Portanto, várias medidas influenciam na propagação do risco (MARTINS, 2016, p. 134; ECKERMAN, 2004, p. 29-30).

3.3. MEDIDAS SANITÁRIAS E LEGAIS EM ACIDENTES DE MINERAÇÃO

Minérios são utilizados com várias finalidades em diversos tipos de indústria. A exploração mineral já faz parte da história dos processos produtivos há muito tempo, devido a sua vasta aplicação em variados setores econômicos.

A importância desta indústria se reflete além dos fatores citados acima, na promoção de empregos e no retorno financeiro obtido na utilização destes minérios. Atualmente uma das formas mais empregadas como técnica de exploração é através da construção de barragens de rejeitos para armazenagem de detritos produtivos (REIS, *et al*, 2020, p. 369).

Porém, quando há desastres nestas construções, há também um grande passivo ambiental que causa diversos revezes econômicos, sociais, além de impactar negativamente fauna e flora, e em muitos casos gerar consequências na saúde da população local (GUDYNAS, 2012, p. 8, 9).

Serão apresentados dois casos em que ocorreram desastres em rompimento de barragens, e as consequências na vida da população que vivenciou tais crises. Além disto serão exploradas as ações mitigatórias efetuadas em prol de minimizar prejuízos decorrentes dos episódios, e se ocorreram avanços em âmbitos legais e tecnológicos atrelados a estes acontecimentos.

3.3.1 AZNALCOLLAR

Na cidade de Aznalcóllar, em 1998, houve o rompimento da barragem de Los Frailes, da empresa de mineração Boliden, considerado um dos maiores acidentes ambientais ocorridos na Espanha (GRIMALT, FERRER, MCPHERSON, 1999, p. 1133).

A barragem de rejeitos de mineração de Aznalcóllar era parte de um complexo de produção de cobre, zinco e chumbo, gerando rejeitos, e formando a estrutura de retenção de rejeitos por meio de técnica descendente, aqui conhecida como a montante, com 28 m de altura e comprimento de 4,5 quilômetros (ALONSO, 2021, p. 209).

Em abril de 1998 houve o deslizamento de 600 metros da barragem, causando com que 7 milhões de m³ de rejeitos contendo água ácida, possuindo zinco e cádmio, entre outros metais tóxicos, invadissem os rios Agrio e Guadiamar por cerca de 70 Km. Sendo o Guadiamar um importante rio da região da Andaluzia, que tem seu deságue dentro do Parque Nacional de Doñana. O acidente não ocasionou vítimas, no entanto, a água contaminada se distribuiu até as bordas do parque nacional de Doñana, área de proteção ambiental considerada a maior reserva biológica da Europa contendo a bacia do rio Guadalquivir (REIS, *et al*, 2020, p. 374; ALONSO, 2021, p. 209, MAGALHÃES JÚNIOR, 2017, p. 188).

A mina era dividida em duas partes sendo formadas por lagoas de contenção de rejeitos Norte e Sul, a Sul estocava os rejeitos mais finos e nobres, e a norte, os mais grossos, todos originados por meio do processo de obtenção do minério. A falha ocorreu no lado sul (Fig. 5). O lago já estava em operação por 20 anos antes de ocorrer o acidente, e havia um monitoramento realizado regularmente que não detectou sinais de risco (ALONSO, 2021, p. 209; MARTÍ, RIERA, MARTÍNEZ, 2021, p.189).

The monitoring activities included visual inspections, as well as periodic measurements taken from four inclinometers, 22 settlement plates and four piezometers. Several factors, though, limit the usefulness of the data. No piezometers penetrated into the blue clays [...] They would have been useful for detecting leakage problems, which was the main reason for installing them, but they could not yield information about the progress of consolidation. Of greater interest was inclinometer I-3, since it was located in the area that

suffered the largest displacements [...]. Unfortunately, inclinometer [...] was damaged at a depth of about 5 m shortly after January 1998 and provided no data thereafter. At the end of 1997, I-3 was experiencing a uniform displacement of 1 cm from elevation 25–50 masl; above 50 m, the displacement grew, with some oscillations, to reach about 5 cm at the top of the dam [...] (MARTÍ, RIERA, MARTÍNEZ, 2021, p. 195-196).

Segundo Martí, Riera e Martinez (2021, p. 206), uma melhor instrumentalização do equipamento de monitoramento poderia possibilitar a verificação do problema com antecedência.

Figura 4: Deslizamento da mina de Aznalcóllar



Fonte: ALONSO (2021, p. 211).

Os peixes e mariscos foram impactados pela contaminação tóxica, sendo coletados 37 toneladas de peixes e outros seres marinhos de pequeno porte mortos no decorrer do mês após o acidente. Além disso, alguns animais terrestres da fauna local foram também atingidos fatalmente (GRIMALT, FERRER, MACPHERSON, 1999, p. 8).

Uma das medidas de mitigação mais urgentes foi a construção de uma parede transversal de contenção para represar a água contaminada e evitar a invasão do parque de Doñana. A construção do 1º muro foi realizada logo após o derramamento, no canal EntreMuros, no entanto houve transbordamento e foi necessária a construção de outra parede pela Confederação Hidrográfica de Guadalquivir retendo as águas na região de Entremuros, entretanto, parte deste conteúdo foi desviado para o rio Guadalquivir (GRIMALT, FERRER, MACPHERSON, 1999, p. 9; PEREIRA, 2020, p. 176).

Também foram removidos os materiais biológicos contaminados e ações judiciais de paralisação das atividades de agricultura e pesca foram impostas na área, assim como a proibição da comercialização de produtos da região, os quais foram levados e destruídos. O governo da Andaluzia realizou a compra compulsória de terrenos na região atingidos (GRIMALT, FERRER, MACPHERSON, 1999, p. 9).

Foi realizada uma ação de remoção dos rejeitos depositados no Rio Agrio dentro do período de maio a dezembro de 1998, e seguiu novamente no verão de 1999, retirando um total de mais de 5 milhões de material contaminado, e depositados em um poço aberto para armazenamento do conteúdo na região de Los Frailes, próximo ao local (PEREIRA, 2020, p. 176). No total, foram investidos 165 milhões de Euros na recuperação ambiental da área (TABALES, ALONSO, FRUTOS, 2011, p. 136). Foi construída uma estação de tratamento de água no local, sendo realizada a depuração da água e devolvida ao rio Guadalquivir (GRIMALT, FERRER, MACPHERSON, 1999, p. 9). Como detalha Arenas, *et al* (2001, p. 42):

La depuración del agua que quedó retenida en la zona de Entremuros y su posterior vertido al río Guadamar estuvo sujeta a la correspondiente autorización administrativa del vertido otorgada, en este caso, por la Junta de Andalucía que, mediante Acuerdo del Consejo de Gobierno de 2 de junio de 1998 (BOJA, 1998b), estableció las condiciones en las que debería producirse dicho vertido –así como una ampliación de prescripción en el contenido de sulfatos (< 2000 mg/L)- en cumplimiento de los límites ya

establecidos en el Anexo I del Decreto 14/1996, de 16 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Calidad de Aguas Litorales. Dicho anexo define una serie de parámetros que condicionan el vertido final (Tabla 2.3). Tras finalizar las operaciones de depuración del agua contaminada retenida en Entremuros, todos los fangos precipitados fueron trasladados a la Corta Aznalcóllar y todas las infraestructuras construidas en la zona fueron desmanteladas, tal y como se especificaba en el mencionado Acuerdo de 2 de junio de la Junta de Andalucía (ARENAS, et al, 2001, p. 42).

Após o acidente foram realizados trabalhos investigativos das origens do acidente: foi realizada uma avaliação geotécnica pelos projetistas da lagoa em 2000, pelo governo local em 2000, pelo tribunal, que encomendou a perícia um trabalho de análise de caso, o que levou a não aplicação de processos criminais às partes (MARTÍ, RIERA, MARTÍNEZ, 2021, p. 189).

Foi avaliada a contaminação por metais no estuário de Guadalquivir entre 1998 e 2008 em comparação com dados anteriores para obter a diferença de presença de contaminantes no ambiente aquático. No início da pesquisa foi verificado que o corpo aquático continha significante dos sedimentos contendo zinco, cobre, cádmio e chumbo. Com o passar dos anos, a concentração foi sendo reduzida, até, em 2008, ser considerado que os níveis se retornaram aos iniciais do momento anterior ao desastre e desde então, não foram verificadas ocorrências de contaminações por metais no local (GRIMALT, FERRER, MACPHERSON, 1999, p.1133).

Em geral, o desastre ocorrido em Aznalcollar ocasionou danos ambientais, resultando em impactos na reputação da prática de mineração pela sociedade. Para prevenção e redução de riscos em todas as fases do projeto e engenharia de produção, deveria ter-se levando em conta todos os aspectos para que fossem realizados procedimentos adequados na realização das atividades de forma segura e eficaz (SANZ-RAMOS, et al, 2022, p. 352).

3.2.2 ACIDENTES RECENTES NO BRASIL: MARIANA E BRUMADINHO

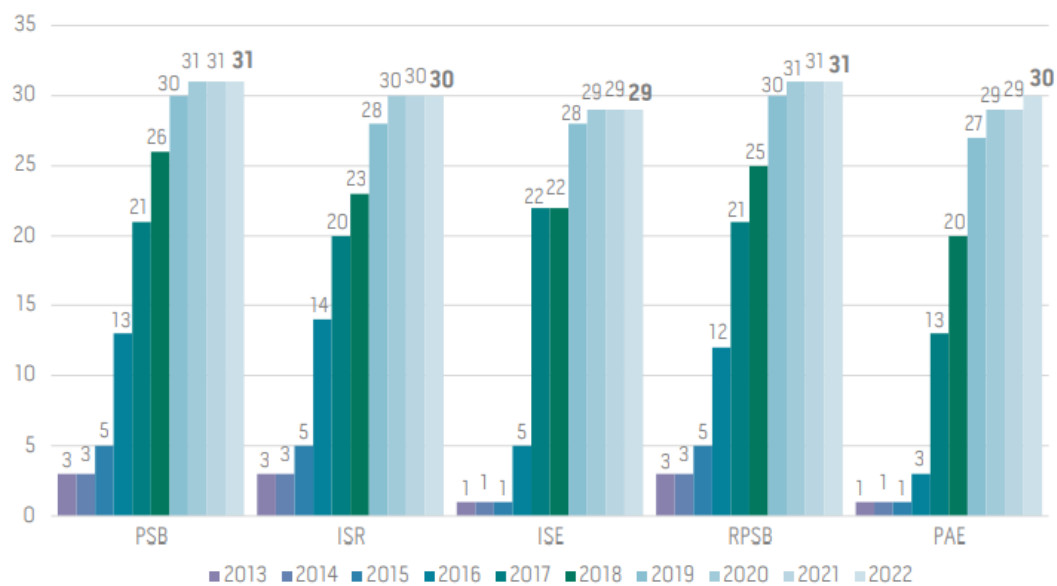
Dois acidentes recentes aconteceram no Estado de Minas Gerais no Brasil, em barragens de contenção de rejeitos de minério, no chamado Quadrilátero ferrífero.

Os rejeitos são obtidos através do processo de mineração e dispostos na barragem por vários métodos, sendo eles o método a montante o mais instável e barato, sendo o caso das duas barreiras comentadas aqui (SOUZA JUNIOR, MOREIRA, HEINECK, 2018, p. 5, 9) .

Em 2015, a barragem do Fundão, pertencente ao grupo Samarco, rompeu e em 2019, o mesmo ocorreu na Mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho, sob a direção da empresa Vale.

Em ambos os casos, houveram danos ambientais, econômicos e na saúde da população, ocorrendo, inclusive, indivíduos que perderam além de suas casas, suas vidas, deixando um legado social na população local de desastre (REIS, et al, 2020, p. 377)

De forma geral, houve, desde 2015, uma notável ampliação na quantidade de regulamentações relativas a barragens, porém a partir de 2018, ano do 2º acidente, as regulações se multiplicam de forma considerável, em todos os âmbitos, como pode ser percebido abaixo, na tabela disponibilizada pelo relatório de segurança de barragens, relativo ao ano de 2022, da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Tab. 4) (ANA, 2023, p. 40).

Tabela 4: Evolução da quantidade de regulamentos sobre segurança de barragens

FONTE: ANA (2023, p. 40).

3.2.2.1 MARIANA

No dia 05 de novembro de 2015 no município de Mariana, em Minas Gerais, a barragem do Fundão, contendo 50 milhões de metros cúbicos de rejeito de ferro, provenientes do processo de mineração conduzido pela empresa Samarco, uma associação em joint-venture formada pelas companhias: Vale S.A. e BHP Billiton, multinacional com sede na Austrália (DA SILVA, *et al*, 2020 p. 21), se rompeu de forma súbita, lançando sobre a população, fauna e flora, um volume de pelo menos 34 milhões de m³ de rejeitos em alta velocidade contendo em sua composição principal, óxido de ferro, água e lama (IBAMA, 2015, p. 3).

As consequências mais graves e imediatas do rompimento da barragem, foram a morte de 19 pessoas, dentre eles, funcionários da mineradora que estavam no local e moradores próximos à localidade, e a situação de 600 pessoas, que ficaram desalojadas. Porém, o impacto transcende para além da esfera humana e econômica das famílias, causando também impactos ambientais em toda biota (DIAS, *et al*, 2018, p. 457).

Foram atingidas no total, 35 cidades em Minas Gerais e 3 no Espírito Santo, com impactos ambientais mais expressivos na bacia do rio Doce. A partir do rompimento da barragem, a onda de rejeitos contaminados alcançou os rios Gualaxo do Norte e do Carmo e atingiu a usina hidrelétrica Risoleta Neves, deteriorando as comportas do sistema. A partir deste impacto, ocorreu a onda que culminou no rio Doce, com maior intensidade, porém com menor concentração de sedimentos tóxicos. Ainda, uma pequena parcela de sedimentos alcançou o mar, causando impactos ambientais nos ecossistemas locais, gerando dispêndio para as comunidades que se beneficiavam da área (ANA, 2016, p. 65).

A empresa não possuía um plano de contingência para crises em conjunto à comunidade, o que ampliou as consequências dos danos. Foi reportada a morte de no mínimo 11 toneladas de peixes, sendo alguns deles informados como dentro de risco de extinção, além dos danos à fauna e flora, e nos âmbitos de atividades econômicas, turísticas e de lazer na localidade (ANA, 2016, p. 66).

Alguns impactos negativos relacionados ao desastre, salientados por Júnior, Vieira, Adams (2017), demonstram que toda a comunidade sofreu os prejuízos decorrentes:

[...] diversos danos ambientais e socioeconômicos decorrentes da tragédia, entre os quais: isolamento de áreas habitadas; desalojamento de comunidades pela destruição de moradias e estruturas urbanas; fragmentação de habitats; destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa; soterramento das lagoas e nascentes adjacentes ao leito dos rios; mortandade de animais domésticos, silvestres e de produção; restrições à pesca; dizimação de fauna aquática silvestre em período de defeso; dificuldade de geração de energia elétrica pelas usinas atingidas; alteração na qualidade e quantidade de água; suspensão do abastecimento público nas principais cidades banhadas pelo Rio Doce; impacto no modo de vida e nos valores étnicos e culturais de povos indígenas e populações tradicionais (JÚNIOR, VIEIRA, ADAMS, 2017, p. 49).

Outra consequência foi a interrupção do abastecimento de água potável por semanas nas cidades de Minas Gerais e Espírito Santo próximas ao local, e contaminação de regiões agrícolas, que ficaram indisponíveis para plantio (REIS, et al, 2020, p 377).

Foi percebida uma alteração na composição da água do Rio Doce tanto no Estado de Minas Gerais quanto no Espírito Santo. Com a adição dos dejetos, a água se demonstrou mais turva que anteriormente, constatando-se imprópria para certos usos como: consumo, banho, pesca, pecuária e agricultura, causando grandes prejuízos para os produtores locais (IBAMA, 2015, p. 6; LOPES, 2016, p. 13).

Durante a passagem da pluma de sedimentos, elevou-se extraordinariamente, mas temporariamente, os níveis de turbidez em todo o rio Doce por vários dias. Isso resultou na interrupção total ou parcial do abastecimento de água de 10 cidades que captam água diretamente no rio Doce, afetando uma população estimada em 424.000 pessoas. [...] A passagem do pico da pluma de sedimentos durou aproximadamente 05 dias, mas o tempo durante o qual os níveis de turbidez ficaram acima de 1.000 UNT em cada trecho do rio Doce foi superior a 30 dias. Entretanto, o abastecimento público nas principais cidades foi retomado após 05 dias, devido a adaptações nas estações de tratamento de água. Um laudo elaborado pela Samarco em 2014 mostra que os rejeitos estocados na barragem de Fundão eram compostos principalmente por sílica e água, com altos

teores de ferro e manganês. A qualidade da água e dos sedimentos do rio Doce tem sido monitorada por diversas entidades (IGAM, CPRM, SAMARCO, dentre outras). Os laudos dessas entidades mostram que a passagem da onda de rejeitos pelo rio Doce resultou na redução abrupta dos níveis de oxigênio dissolvido (OD) para zero, e elevação temporária dos níveis dos seguintes metais pesados: cromo, níquel, chumbo, arsênio. A redução dos níveis de OD e a alta carga de sedimentos em suspensão levou à significativa mortalidade de peixes, por asfixia. Após a passagem da onda de rejeitos, esses níveis de OD aumentaram para valores normais, e os níveis de metais pesados retornaram a valores baixos, exceto ferro e manganês, que permanecem altos em alguns pontos (ANA, 2016, p. 66).

Há vários fatores que impactaram a sociedade local causando prejuízos de todas as esferas, entre eles econômica, ambiental e material, assim como efeitos diretos e indiretos na saúde da população (DA SILVA, *et al*, 2020 p. 21). O turismo, por exemplo, que também era uma forte fonte de renda no local, por ser uma cidade histórica, após o acidente, marcada pelo estigma, a procura por visitantes tornou-se reduzida (LOPES, 2016, p. 13).

Figura 5 : Cenário após o rompimento da barragem do Fundão em Mariana - Fonte:



Fonte: Ibama (2015, p. 5).

Além destes impactos, também ocorreu um déficit de entradas de arrecadação, pois a maior monta do município de Mariana vinha da arrecadação referente a impostos e compensação financeira relativos a extração de minério, de cerca de 5.5 milhões, que foi interrompida após o acidente, gerando um rombo nas contas (JÚNIOR, VIEIRA, ADAMS, 2017, p. 49).

Foram criadas linhas de investigação para averiguar as origens do acidente e em busca de definir agentes do acidente e indicar os responsáveis (LOPES, 2016, P. 13). impetradas medidas judiciais para com a empresa responsável pela extração. A princípio foi efetuado acordo de emergência para encobrimento de gastos urgentes com o Ministério público Federal e estadual de Minas Gerais (MPF e MPMG). foram também abertas, ações do Ministério Público do Espírito Santo (MPES) e outras instituições em busca de indenizações (JÚNIOR, VIEIRA, ADAMS, 2017, p. 50).

Medidas legais que foram tomadas, foram a Lei do Estado de Minas nº 21.972/ 2016, que impôs maior controle ambiental referente aos licenciamentos de empreendimentos que gerem potencial de alto risco poluidor e degradante em relação ao meio ambiente e vidas humanas e determinou que os elementos governantes do Estado de Minas possuirão obrigatoriedade no fomento de alternativas às barragens para minimização dos impactos. Também o decreto Estadual nº 46.993/2016 que exigiu que fossem realizadas auditorias técnicas extraordinárias por profissionais externos às empresas, nas barragens de origem a montante, a partir daquele momento e criassem planos de ação em caso de deslizamentos. Por fim, também determinou que não fossem expedidas licenças para novas barragens e ampliação de projetos já existentes que possuíssem este método como origem (JÚNIOR, VIEIRA, ADAMS, 2017, p. 73-74, MINAS GERAIS, 2016).

Porém é possível concluir que estas medidas não foram totalmente eficazes a evitar a ocorrência de novos casos, pois em 2019, também no Estado de Minas ocorreu outro deslizamento de barragem de mineração semelhante na cidade de Brumadinho.

3.2.2.2 MINA DO CÓRREGO DO FEIJÃO

A cidade de Brumadinho iniciou-se a partir do desenvolvimento da indústria cafeeira no local, além da possibilidade extrativa de minérios de ferro disponíveis na região, estimulando a chegada da população de origem nacional e estrangeira em busca de trabalho. O distrito foi criado efetivamente em setembro de 1891 por meio de lei estadual (IBGE, 2023).

Em 1956, se iniciaram as ações de exploração de minério na mina do Córrego Feijão, em Minas Gerais, que era então controlada pela Cia de Mineração Ferro e Carvão (PORTAL UFJF, 2019), e em 1976 foi construída no local a barragem B1, já no controle da Ferteco Mineração, que havia assumido a frente das operações em 1973. A barragem tinha 86 metros de altura, 720 m de largura e área de 250 m². A Vale assumiu a direção do empreendimento em 2001 (MG GOV, 2022).

Em janeiro de 2019, uma das minas do complexo minerário de Paraopeba, a Mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho, no Estado de Minas Gerais, cedeu (MPMG, 2020 p. 11).

Sobre as características da barragem, era constituída por meio de rejeito de mineração em pasta de lama, que através do processo de depósito e secagem foi se acumulando por toda sua vida útil desde a sua inauguração em 1976 (MPMG, 2020 p.11; DA SILVA, *et al*, 2020, p. 23).

A estrutura estava estimada em um acúmulo de 11 milhões e meio de metros cúbicos de rejeitos a época do desastre, sendo lançado no ribeirão ferro-Carvão, tornando-se em uma onda composta por água e rejeitos, rompendo as barragens de contenção de sedimentos B IV e B IV-A (DA SILVA, *et al*, 2020, p. 24).

A onda gerada adentrou no leito do Ribeirão Ferro-Carvão e chocou contra a infraestrutura da empresa, próximas ao local, chegando ao córrego do Feijão e Parque cachoeira e atingindo as comunidades no entorno e por fim alcança o Rio Paraopeba, sendo no total, 18 municípios atingidos. Foram reportados 270 mortos, em sua maioria, funcionários da empresa, contratados diretamente e terceirizados (SILVA, *et al*, 2020, p. 21).

Os danos humanos e socioeconômicos ocorreram de forma degressiva à barragem. O rejeito atingiu de forma direta e imediata nove setores censitários com população municipal estimada em 3.485 pessoas e 1.090 domicílios. Os danos não se restringiram ao trecho mais próximo à barragem, sendo registrados impactos ao longo de toda a bacia do rio Paraopeba. São considerados atingidos 18 municípios, somando 1.165.667 pessoas expostas direta e indiretamente. Estima-se que há de 147 a 424 comunidades tradicionais (indígenas, quilombolas, silvicultores e pescadores artesanais) atingidas direta e indiretamente, quando considerados, respectivamente, raios de 500 e 1000 metros, numa extensão aproximada de 250 km (SILVA, *et al*, 2020, p. 23).

Figura 6: Cenário em Brumadinho após o desastre



Fonte: G1 (2023)

Também houveram danos ambientais associados ao desastre, os elementos contaminantes incluídos principais eram: Alumínio, bário, ferro, manganês e cobre, com níveis de acentuação de Alumínio e ferro. A principal alteração foi no solo e corpos d'água locais, prejudicando a fauna e flora locais, além da destruição da mata atlântica, em mais de 70 hectares dentro de uma área de proteção e 133 ha no

total (SILVA, et al, 2020, p. 23-24; MPMG, 2020, p. 9). Também foi interrompida a distribuição de água para a população (MPMG, 2020, p. 10).

Por informes da Vale, no momento do desastre, a mina estava inativa desde 2016 e já havia uma proposta de descaracterização da mesma em rota (MG GOV, 2022; DUARTE, SILVA, 2021, p. 8).

Ainda assim, foi impetrado pelo Ministério Público, uma perícia indicando consideravam os envolvidos acusados criminalmente pelo ocorrido, informando a abruptude do acidente como agravante que impossibilitou a evasão das vítimas. Também foram acusados como omissos devido à assumpção de riscos, que já seriam de conhecimento geral (MPMG, 2020, p. 10).

Em seu relatório, a Vale ressaltou que auxiliou nas buscas das vítimas soterradas, realizou a indenização em um valor de 3,5 Bilhões de reais, disponibilizou tratamento psicológico aos familiares sobreviventes e forneceu água através de caminhões pipa e perfuração de poços artesianos (VALE, 2023, p. 12, 20, 22)

No primeiro ano após o acidente, foi verificado pelo Ministério da Saúde um aumento nos casos de doenças físicas e mentais na região (SILVA, et al, 2020, p. 26).

A partir do acidente, em setembro de 2020, foi alterada a lei nº 12.334/2010, referente à Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), acrescentando um ponto importante, a proibição da utilização de técnica a montante para construção de barragens e a obrigatoriedade de descaracterizar as barragem construídas no método a montante até a data de 25 de fevereiro de 2022, podendo permitir a prorrogação do prazo caso comprovados ao Sisnama⁶ empecilhos técnicos para cumprimento de prazo (MACHADO, KISHI, 2021, p. 79; BRASIL, 2020).

Além disso, a nova lei, obriga que sejam informados ao órgão de proteção e a defesa civil, pelos órgãos fiscalizadores, caso seja necessário que ocorram ações de segurança de forma emergencial em alguma barragem. Assim como, será também necessário que sejam apresentados planos de emergência para cada caso de risco possível em todas as barragens, que deve ser constantemente atualizado até que ocorra a desativação da infraestrutura e, além disso, deve estar disponível no

⁶ Sistema Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2020).

Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, assim como nos órgãos de proteção do município (AGÊNCIA SENADO, 2020).

Outra medida importante é a obrigatoriedade de reunir a comunidade para expor os planos de ação emergenciais. Há também uma obrigatoriedade vinculativa da empresa a reparar quaisquer danos ocorridos devido às barragens da concepção à descaracterização em todas as esferas sociais, econômicas e ambientais. Ademais, poderá ser exigidas garantias e seguros da empresas para aprovação de novos empreendimentos (AGÊNCIA SENADO, 2020).

O processo judicial penal contra a Vale imposto pelo MPMG segue em julgamento e, sendo impostos recursos, será julgado pela justiça federal (PORTAL STF, 2022; SENADO, 2024).

Para finalizar, é relevante ressaltar que o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança em Barragens (SNISB) informa em dados disponíveis de 2024 que 15 % das barragens cadastradas tem potencial danos associados alto, ou seja, caso ocorressem desastres causariam alto impacto e 2,8 mil que se encontram em categoria de risco alto, que considera as características de construção e conservação da barragem. Porém o dado mais proeminente, é que mais de 14 mil barragens não encontram-se classificadas em nenhum índice de risco, ou seja, as informações não encontram-se disponíveis para acesso e acompanhamento dos setores responsáveis (SNISB, 2024), indicando uma brecha para potenciais ameaças, sendo necessários o estabelecimento de metas para que todas as barragens estejam monitoradas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acidentes graves, de maneira geral, têm grande impacto na sociedade local e na comunidade internacional, tornando-se catalisadores de mudanças em legislações relacionadas a ampliação das medidas de segurança, que possam evitar a ocorrência de situações similares que prejudicaram a vida de tantos.

Porém, no caso de países com economias fortes, as consequências são mitigadas por meio de regulamentações e medidas de prevenção para que ocasiões não se repitam e para que haja responsabilização dos envolvidos. Também são reforçadas a partir de fiscalizações e medidas de controle.

Além do retorno do desenvolvimento das regiões, em muitas ocasiões há investimento em pesquisa especializada para redução de crises e estas tecnologias passam a se tornar mandatórias ou aceitas socialmente como índice de qualidade e segurança das indústrias.

Já no caso de economias fracas, as consequências são subestimadas e os problemas generalizados tornam as repercussões duradouras. A responsabilização dos envolvidos se torna morosa e muitas das vezes, se utilizam de artifícios para suavização de encargos, com pagamento de multas. Com isto, as partes afetadas não são devidamente compensadas ou o ciclo se repete na ocasião de novas crises pois o empenho efetuado na prevenção é insuficiente.

No caso do acidente de Seveso, foi observado que a Diretiva que passou vigorar na União Europeia trouxe medidas para regular a ação de indústrias, assim como planos de contingência, ampla divulgação dos riscos envolvidos no processo produtivo das operações no exercício das atividades fabris (JAIN, *et al*, 2017, p. 6).

Porém, uma parte do prejuízo foi exportado para o exterior, contaminando áreas não relacionadas à empresa e ao acidente, terceirizando os danos (DE MARCHI, FUNTOWICZ, RAVETZ, 2000, p. 129-130, 146).

Já em Bhopal, acidente de muito maior gravidade, devido a quantidade de vítimas reportadas e a mortalidade associada ao acidente, há uma aura de tragédia sem fim, devido a reparação ter sido infinitamente inferior à gravidade da crise e a

compensação dos indivíduos ser baixa. Houve também morosidade para que fossem responsabilizados os indivíduos que tiveram parte nos motivos que ampliaram a gravidade do acidente.

Aliado a isto, foi reportado que havia uma diferença entre os padrões de qualidade na fábrica em Bhopal em comparação com a fábrica irmã dos Estados Unidos (MARTINS, 2016, p. 134; ECKERMAN, 2004, p. 29-30), isto ampliou a probabilidade de ocorrerem riscos, devido às características falhas nestes padrões.

Complementar a isto, foram promovidos processos produtivos para geração de produtos intermediários não licenciados na proposta da fábrica, que eram até então, importados de outras unidades, para reduzir custos, o que propiciou geração irregular de compostos, aumentando a periculosidade do sistema (BROUGHTON, 2005, p. 2).

Há, com certeza, aumento na pressão popular e busca pela justa responsabilização de culpados de forma igualitária em relação ao que ocorre dentro de países desenvolvidos, para que o ciclo produtivo não cause danos a estes cidadãos (MACHADO, 2006, p. 8).

Nos casos dos acidentes de mineração pesquisados, é possível verificar que foi tomada uma ação imediata no acidente em Aznalcollar, através dos muros de contenção e filtragem das águas, demonstrando que havia um plano de ação para o acidente. Mesmo não sendo integralmente efetivo, foi relevante para reduzir os impactos.

Outro ponto de atenção é o fato de não haver moradores na região, o que evitou não somente que cidadãos ficassem desabrigados, mas também, a morte de pessoas, apesar disso, houve impacto na fauna e flora. No entanto, como verificado, as medidas de contenção de danos foram relativamente efetivas, visto que cerca de 10 anos após o acidente, os índices de presença de metais nos corpos d'água na região retornaram aos anteriores ao acidente (GRIMALT, FERRER, MACPHERSON, 1999, p. 1133).

Na cidade de Brumadinho, por exemplo, já haviam moradores antes da mina ser instalada, sendo irresponsável a instalação da mina sem as devidas medidas de prevenção de risco na localidade, devido ao risco inerente (PORTAL UFJF, 2019).

Como foi observado, infelizmente, o número de vítimas fatais foi imenso em comparação com os outros dois casos abordados de acidentes em mineração, ocasionando perdas irreparáveis. Este também foi um agravante em Bhopal (MARTINS, 2016, p. 133), além de o contaminante ter gerado consequências ainda mais graves, sendo disseminado de forma mais intensa (BROUGHTON, 2005, p. 1, 3).

Foram impostas aqui, novas regras, através da alteração da lei de Política Nacional de Segurança de Barragens, com vistas a proibir a construção de barragens em técnica a montante e obrigatoriamente realizar-se a descaracterização destas barragens, apenas a partir no 2º caso de acidente recorrente de barragens, com mais de 270 vítimas fatais em Brumadinho, no ano de 2020 (MACHADO, KISHI, 2021, p. 79; BRASIL, 2020). Seria interessante que esta mobilização tivesse ocorrido após o primeiro acidente recente de 2015, em Mariana, nos fazendo cogitar que, com as restrições aplicadas, poderia haver a possibilidade de evitar o transcorrimento deste segundo acidente.

Como ponto de alerta, é importante ressaltar que no Brasil, conforme o panorama apresentado pelo SNISB, há uma parcela considerável de barragens que encontram-se classificadas como de alto risco e uma parcela ainda maior de barreiras ainda sem classificação (SNISB, 2024). Este fato, aliado a permissibilidade da legislação da lei nº 12.334/2010, alterada em 2020, que permite que o prazo para classificação, descaracterização e acompanhamento pelos setores responsáveis, que era originalmente de 2022, seja estendido (BRASIL, 2020), abre margem a que existam barragens, em risco ou sem monitoramento, que possam ser vetores para que tragédias se repitam. Para evitar que o ciclo se repita é extremamente necessário que os órgãos fiscalizadores acelerem o cumprimento da legislação e fortaleçam a fiscalização.

Em ambos os casos, Bhopal e Brumadinho, há também, linhas de investigação que proclamam que as indústrias envolvidas possuíam conhecimento dos problemas nos empreendimentos e que, no entanto, não atuaram em medidas de mitigação de riscos ou interdição das atividades, sendo portanto, indulgentes, no caso de tais acusações sejam verídicas, por assumirem o risco de causarem acidentes em suas operações. No caso de Bhopal, o governo também estaria ciente,

e teria reduzido as exigências com receio dos possíveis impactos econômicos decorrentes (BROUGHTON, 2005, p. 2).

Foi reportado no relatório impetrado pelo MPMG que já havia conhecimento dos problemas e dos riscos associados na Mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho, pela Vale, levando a responsabilização criminal pela omissão (MPMG, 2020, p. 10). Foi realizado o acordo com as vítimas, porém as partes envolvidas ainda estão em julgamento para analisar a responsabilidade criminal dos mesmos (PORTAL STF, 2022; SENADO, 2024).

É importante destacar que em cada caso há particularidades relativas aos acidentes que fazem com que o contexto panorâmico de cada episódio seja distinto entre si, tornando a situação da população uma vivência singular, sendo impossível, portanto, uma comparação a nível de igualdade perfeita.

Por exemplo, a quantidade de material liberado em Bhopal é muito maior que a de Seveso e causou danos muito maiores devido à alta toxicidade e mortalidade concernente ao contaminante.

Todavia, alguns fatores não são justificáveis, como por exemplo, o material ainda não ter sido descaracterizado até hoje, permanecendo no local, como possível foco de contaminação para a população, que ainda vive nos arredores (BROUGHTON, 2005, p. 3).

Desta forma, não é possível afirmar que em todos os casos futuros ocorrerão respostas ineficazes em certos grupos de países, e em outros, respostas desenvolvimentistas e revolucionárias, visto que a sociedade se torna cada vez mais participativa em apelos à justiça e por processos produtivos mais amigáveis ao meio ambiente. Foi considerado que, nos casos apresentados, algumas nuances dos acidentes se demonstraram semelhantes às hipóteses apresentadas, conforme citado acima.

Portanto, para que seja possibilitada a prevenção de acidentes industriais, é importante que sejam realizados investimentos contínuo em pesquisa, gestão e tecnologia para que avancem projetos ambientais que não sejam voltados para a redução do consumo, e sim para a busca por reaproveitamento e melhor uso dos materiais disponíveis, ou seja, do uso inteligente das ferramentas disponíveis, sem

que haja o desgaste total de matéria prima em ciclos abertos e impactos negativos duradouros à sociedade.

Também é importante que sejam tomadas medidas corretivas em acidentes através do aprendizado advindo do estudo de casos anteriores, a fim de evitar que novos ocorram e seja possível desenvolvimento sem que este seja a monta de prejuízos coletivos e para que haja evoluções tecnológicas, legais e de gestão nos processos produtivos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA (Brasil). **Relatório de segurança de barragens 2022 / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.** -- Brasília: ANA, 2023. 90 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA (Brasil). **Relatório de segurança de barragens 2015 / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.** -- Brasília: ANA, 2016. 168 p.

AGÊNCIA SENADO (Brasil). **Rompimento de barragem em Brumadinho completa cinco anos; ninguém foi punido.** 2024. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/audios/2024/01/rompimento-de-barragem-em-brumadinho-completa-cinco-anos-ninguem-foi-punido>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2024.

ALONSO, E.E. **The Failure of the Aznalcóllar Tailings Dam in SW Spain.** Mine Water Environ 40, 209–224. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10230-021-00751-9>

ARENAS, J. M.; *et al.* **Actuaciones realizadas tras el accidente de Aznalcóllar.** Boletín Geológico y Minero. Vol. Especial, pp. 35-56. 2001. ISSN 0366-0176

BIFFI, L. C. R.; DA SILVA, B. G.; TRIVIZOLI, L. M. **Uma contextualização histórica para o modelo clássico de malthus.** Hipátia. v. 3, n. 2, pp. 8-24, dez. 2018.

BISANTI, L. **Mi ricordo Seveso.** Janus. n° 22. Estate. 2006. pp. 149-152.

BRASIL. **Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020.** Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1 out. 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14066.htm#art2>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2024.

BROUGHTON, E. **The Bhopal disaster and its aftermath: a review.** Environmental Health: A Global Access Science Source 2005, 4:6 doi:10.1186/1476-069X-4-6. 2005.

BOSERUP, E. **The conditions of agricultural growth: the economics of agrarian change under population pressure.** London: Allen and Unwin. 1965.

_____. **Population and technological change: A Study of Long-Term Trends**. The University of Chicago Press. 1981. 255 p.

BORJA, B. **Celso Furtado e a cultura da dependência**. OIKOS. Rio de Janeiro. Volume 8, nº 2. 2009. p. 247-262. ISSN 1808-0235.

BOWONDER, B; MIYAKE, T. **Managing hazardous facilities: lessons from the bhopal accident**. Journal of Hazardous Materials, 19. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. 1988. p. 237-269.

CARVALHO, F. J. C. **Mercado, estado e teoria econômica: uma breve reflexão. Econômica**. Revista Econômica. Niterói, v. 1, n. 1, 1999. pp. 9-25.

CENTEMERI, L.. **Seveso : o desastre e a Directiva**. Laboreal [Online]. Volume 6 Nº2, 2010. URL: <http://journals.openedition.org/laboreal/8938>; DOI: <https://doi.org/10.4000/laboreal.8938>.

CETOX. **Antídotos para o tratamento de intoxicação por Cianeto**. Centro de Estudos Toxicológicos. Boletim 03. Universidade Federal do Ceará. 2013.

DIAS, A. O.; *et al.* Mariana, o maior desastre ambiental do Brasil: uma análise do conflito socioambiental. p. 455 - 476. in **Planejamento e gestão territorial [recurso eletrônico] : a sustentabilidade dos ecossistemas urbanos** / Nilzo Ivo Ladwig, Hugo Schwalm, organizadores. – Criciúma, SC :EDIUNESC, 2018. 568 p.

DE MARCHI, B.; FUNTOWICZ, S.; RAVETZ, J. O Acidente Industrial Ampliado de Seveso: paradigma e paradoxo. In: FREITAS, C. M., PORTO, M. F. **Acidentes industriais ampliados**. Editora Fiocruz. 2000. 316 p.

DUARTE, T. R.; SILVA, M.. **(Des)Confiança Pública na Ciência e Tecnologia após desastres sociotécnicos: o caso da barragem de Brumadinho..** 20º congresso brasileiro de sociologia. belém - PA. UFPA. 2021.

FREITAS, C. M.; PORTO, M. F. S.; MACHADO, J. M. H., orgs. **Acidentes industriais ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção** [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2000, p. 128-148. ISBN: 978-85-7541-508-5.

ECKERMAN, I. **THE BHOPAL SAGA Causes and Consequences of the World's Largest Industrial Disaster**. Universities Press (India). 2005. 10.13140/2.1.3457.5364.

ECOLOGISTAS EN ACCIÓN. **Accidente de Seveso**. 2016. Disponível em: <<https://www.ecologistasenaccion.org/26136/accidente-de-seveso/>>. Acesso em: 28 de dezembro de 2023.

ESKENAZI, B.; *et al.* **The Seveso accident: A look at 40 years of health research and beyond.** Environ Int. 2018 Dec;121 (Pt 1):71-84. doi: 10.1016/j.envint.2018.08.051. Epub 2018 Sep 1. PMID: 30179766; PMCID: PMC622.1983.

FELDMAN, S.; MCCARTHY, F. E. **Book review, behind the poison cloud: Union carbide's bhopal massacre.** South Asia bulletin, Vol. VI n°1, Spring, 1986. p. 51-52.

FREITAS, C.M.; PORTO, M.F.S.; MACHADO, J.M.H., orgs. **Acidentes industriais ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção** [online]. Rio de janeiro: Editora FIOCRUZ, 2000. ISBN: 978-85-7541-508-5. DOI: 10.747/9788575415085.

FREITAS, C. M. DE; *et al.* **Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva.** Cadernos de Saúde Pública, v. 35, n. 5, e00052519, 2019.

FREITAS, R. **Produtividade Agrícola no Brasil.** https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/produtividade_e_no_brasil_miolo_cap12.pdf. 2014. pp. 373 - 409.

GHEZZI I; *et al.* **Potential 2,3,7,8- tetrachlorodibenzo-p-dioxin exposure of Seveso decontamination workers: a controlled prospective study.** Scand J Work Environ Health 1982; 8. pp. 176–179.

GOMES, V. A. P.; *et al.* **Aspectos sociais, pré e pós rompimento da barragem de Fundão, na bacia do rio Doce, Brasil.** Brazilian Journal of Production Engineering, [S. l.], v. 6, n. 8, pp. 41–62, 2021. DOI: 10.47456/bjpe.v6i8.33948. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/33948>.

GOV. **Tabelas panorama Censo.** 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>>. Acesso em: 11 de janeiro de 2024.

GREEN, M. S.; *et al.* (2013). **Climate change and health in Israel: adaptation policies for extreme weather events.** Israel Journal of Health Policy Research, 2, pp. 1-11.

GRIMALT, J. O.; FERRER, M.; MACPHERSON, E. **The mine tailing accident in Aznalcollar.** Science of The Total Environment. Volume 242. Issues 1–3. 1999. pp. 3-11. ISSN 0048-9697. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(99\)00372-1](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00372-1).

GUDYNAS, E. **Hay alternativas al extractivismo: transiciones para salir del viejo desarrollo.** 1. ed. Lima: Centro Peruano de Estudios Sociales, 2012. 44 p.

G1. **Quatro anos da tragédia em Brumadinho: 270 mortes, três desaparecidos e nenhuma punição.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2023/01/25/quatro-anos-da-tragedia-e-m-brumadinho-270-mortes-tres-desaparecidos-e-nenhuma-punicao.ghtml>>. Acesso em: 27 de janeiro de 2024.

HARARI, Y. N. **Sapiens – uma breve história da humanidade.** 1. ed. – Porto Alegre, RS: L&PM. 2015.

IBAMA. **Laudo Técnico Preliminar - Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais.** 2015. 74 p.

IBGE. **Brumadinho. Histórias e Fotos.** 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/brumadinho/historico>>. Acesso em 12 de fevereiro de 2024.

INDIA CODE. **The Bhopal gas leak disaster (processing of claims).** Act, 1985.

JAIN, P.; *et al.* **Did we learn about risk control since Seveso? Yes, we surely did, but is it enough? An historical brief and problem analysis.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries. v. 49, A. 2017. pp. 5-17. ISSN 0950-4230. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2016.09.023>.

JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2012/18/ue do parlamento europeu e do conselho de 4 de julho de 2012.** Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0001:0037:PT:PDF>>.

JÚNIOR, O. A. B.; VIEIRA, R.; ADAMS, I. L. **O Desastre De Mariana Atuação Interfederativa Para Superação Dos Impactos Da Maior Tragédia da História do Brasil.** Revista da AGU, 16(2), 2017. pp. 45–76. <https://doi.org/10.25109/2525-328x.v.16.n.02.2017.1084>.

LAGO, A. A. C. DO. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo: o Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas.** Brasília: FUNAG. 2006. 274 p.

LEVINE, A. **Advocacy After Bhopal: Environmentalism, Disaster, New Global Orders.** PoLAR: Political and Legal Anthropology Review. 2003. 26: pp. 171-175. <https://doi.org/10.1525/pol.2003.26.2.171>.

LERNER, A. B. **Manufactured Silence: Political Economy and Management of the 1984 Bhopal Disaster.** Economic and Political Weekly, 52(30), pp. 57–65. 2017. Disponível em : <<http://www.jstor.org/stable/26695797>>.

LOPES, L. M. N. **O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais**. Sinapse Múltipla. v. 5, n. 1, pp. 1 - 14. jul. 2016. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/sinapsemultipla>>.

MACHADO, A. A. **O Local e o Global na Estrutura da Política Ambiental Internacional: A Construção Social do Acidente Químico Ampliado de Bhopal e da Convenção 174 da OIT**. Contexto Internacional. Rio de Janeiro, vol. 28, n° 1, janeiro/junho de 2006. pp. 7-51.

MACHADO, P. A. L.; KISHI, S. A. S. Deficiências nas leis sobre barragens, desastres ambientais em Mariana e Brumadinho e novas frentes de atuação do Ministério Público brasileiro. in: **Dossiê Brumadinho: impactos do maior desastre humano e ambiental do Brasil**. Organização: Maria Geralda de Miranda, *et al* - 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2021. 348 p.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **A Nova Cultura de Gestão da Água no Século XXI - Lições da experiência espanhola**. 1. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2017. 346 p.

MALTHUS, T. R. **Ensaio sobre a População**. IN. MALTHUS. Coleção OS ECONOMISTAS, São Paulo: Editora Abril Cultural. 1996. pp. 233 - 282.

MARGULIS, S, ed. **Meio Ambiente: aspectos técnicos e econômicos**. Rio de Janeiro, IPEA: Brasília, IPEA/PNUD, 1990. 246 p.

MARTÍ, J.; RIERA, F.; MARTÍNEZ, F. **Interpretation of the Failure of the Aznalcóllar (Spain) Tailings Dam**. Mine Water and the Environment, n° 40. pp.189 -- 208. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10230-020-00712-8>

MARTINS, B. S. **Revisitando o Desastre de Bhopal: os tempos da violência e as latitudes da memória**. Sociologias, v. 18, n. 43, 2016, pp. 116-148.

MELO, L. M. R.; *et al*. **Os impactos ambientais em decorrência da interferência negativa humana arrazoada pelo progresso econômico**. Brazilian Journal of Development. Curitiba, v.6, n°10. pp.74935-74952, october. 2020. ISSN 2525-8761.

MENDES, C. M.; OLIVEIRA, V. V. **Rompimento das barragens em Mariana (2015) e em Brumadinho (2019): regimes de interação no contexto das organizações**. In: encontro anual da associação nacional dos programas de pós-graduação em comunicação. 28. Porto Alegre. 2019. pp. 1-23.

MG GOV. **Histórico do rompimento das barragens da Vale na Mina Córrego do Feijão**. 2022. Disponível em: <<https://www.mg.gov.br/pro-brumadinho/pagina/historico-do-rompimento-das-barragens-da-vale-na-mina-corrego-do-feijao>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2024.

MILANEZ, B.; LOSEKANN, C. (Org.). **Desastre no Vale do Rio Doce: Antecedentes, impactos e ações sobre a destruição**. 1. ed. Rio de Janeiro: Folio Digital - Letra e Imagem, 2016. 437 p.

MINAS GERAIS, **DECRETO Nº 46.993, DE 2 DE MAIO DE 2016. Institui a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem e dá outras providências**. 2016. Disponível em: <<https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=41216>>.

MORAN, Emilio Frederico. **Meio ambiente e ciências sociais: interações homem-ambiente e sustentabilidade**. São Paulo: Senac, 2011. 307 p. ISBN 978-85-396-0090-8.

MPMG. **Procedimento Investigatório Criminal nº MPMG 0090.19.000013-4, Inquérito Policial n. PCMG-7977979. Distribuição por dependência à Medida Cautelar Criminal nº 0001819.92.2019.8.13.0090, pelo Ministério Público do Estado de Minas Gerais em face do presidente da Companhia Vale e outros**. 2020. 468 p.

PEREIRA, D. **E-book perdas ecossistêmicas: barra longa atingida pela ruptura da barragem de fundão da Samarco/Vale/BHP Billiton**. UFOP. 2020.

PESATORI, A. C.; *et al.* **Short- and Long-Term Morbidity and Mortality in the Population Exposed to Dioxin after the “Seveso Accident”**. *Industrial Health*, 2003, Volume 41, Issue 3, pp. 127-138, Released on J-STAGE March 29, 2007. <https://doi.org/10.2486/>.

POLIGNANO, M. V.; LEMOS, R. S. **Rompimento da barragem da Vale em Brumadinho: impactos socioambientais na Bacia do Rio Paraopeba**. *Cienc. Cult.* São Paulo, v. 72, n. 2, pp. 37-43, Apr. 2020. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252020000200011&lng=en&nrm=iso>.

PORTAL STF. **Brumadinho: responsáveis pelo rompimento da barragem serão julgados pela Justiça Federal**. Para a maioria dos ministros da 2ª Turma, há interesse direto da União no caso. 2022. Disponível em: <<https://portal.stf.jus.br/noticias/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=499351&ori=1>>. Acesso em 17 de fevereiro de 2024.

PORTAL UFJF. **Histórico da Barragem de Brumadinho**. 2019. Disponível em: <<https://www.geoportalufjf.com/post-unico/hist%C3%B3rico-da-barragem-de-brumadinho>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2024.

PUBCHEM. **PubChem Compound Summary for CID 15625, 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-P-dioxin**. Bethesda (MD): National Library of Medicine

(US), National Center for Biotechnology Information. 2004. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2_3_7_8-Tetrachlorodibenzo-P-dioxin> Acesso em: 29 de janeiro de 2024.

RAGHUNANDAN D.; JAYAPRAKASH, N. D. **Bhopal gas disaster: Delhi Science Forum and People 's Science Movement in India – In memory of Dr. Amit Sengupta**. Essay. Saúde Debate. Rio de Janeiro. V. 44, N. ESPECIAL 1, pp. 120-134, Janeiro de 2020. <https://doi.org/10.1590/0103-11042020S110>.

REIS, M. *et al.* **Panorama dos rompimentos de barragens de rejeitos de minério no mundo**. Caderno de Geografia. v.30. n°61. 2020. pp. 368-390. DOI: 10.5752/p.2318-2962.2020v30n61p368.

REZENDE, E. N.; MESQUITA, C. H. A. **A responsabilidade civil ambiental na Índia: a teoria do risco criado versus a teoria do risco integral**. Confluências. Revista Interdisciplinar de Sociologia e Direito. 17(1). 2015. pp. 119-135.

ROSS, T. **Catástrofe ecológica de Seveso foi há 25 anos**. Público. 10 de Julho de 2001. Disponível em: <<https://www.swissinfo.ch/por/financas/seveso-lembra-cat%C3%A1strofe-25-anos-de-pois/2129984>>. Acesso em 26 de dezembro de 2023.

SATTERFIELD, T. **Review of Advocacy after Bhopal: Environmentalism, Disaster, New Global Orders**, by K. Fortun. *Journal of Anthropological Research*, v. 59, no. 2, 2003, pp. 284–286. <http://www.jstor.org/stable/3631660>.

DA SILVA, M. A.; *et al.* **Sobreposição de riscos e impactos no desastre da Vale em Brumadinho**. *Ciência e Cultura*, 72(2). pp. 21-28. 2020. <https://dx.doi.org/10.21800/2317-66602020000200008>.

SANZ-RAMOS, M; *et al.* **Revisiting the Hydraulics of the Aznalcóllar Mine Disaster**. *Mine Water and the Environment*. 41, 2022. pp. 335–356 <https://doi.org/10.1007/s10230-022-00863-w>.

SILVA, M. A.; *et al.* **Sobreposição de riscos e impactos no desastre da Vale em Brumadinho**. *Cienc. Cult. São Paulo* , v. 72, n. 2, pp. 21-28, Abril. 2020. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252020000200008&lng=en&nrm=iso>.

SNISB. **Consulte. Encontre barragens por nome, localização, fiscalizador, entre outros**. Disponível em: <<https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/consultar-barragem>>. Acesso em: 4 de fevereiro de 2024.

SOBY, S. **Thomas Malthus, Ester Boserup, and Agricultural Development Models in the Age of Limits**. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. 30. 2017. pp. 87–98.

SOUZA JÚNIOR, T. F.; MOREIRA, E. B.; HEINECK, K. S. **Barragens de contenção de rejeitos de mineração no Brasil**. *HOLOS*, [S. l.], v. 5, 2018. pp. 2–39, DOI: 10.15628/holos.2018.7423. Disponível em: <<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/7423>>.

SRIRAMACHARI, S. **The Bhopal Gas Tragedy: An Environmental Disaster**. *Current Science*. vol. 86, n° 7. 2004. pp. 905–920. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/24109273>.

SWISSINFO. **Seveso lembra catástrofe 25 anos depois**. 10. julho, 2001. THE BHOPAL MEDICAL APPEAL. **Our History**. 2014. Disponível em: <<https://www.bhopal.org/about-us/our-history/>>. Acesso em 03 de fevereiro de 2024.

TABALES, F. A.; ALONSO, M. I.; FRUTOS, O. G. **Expansión del proceso urbanizador y conservación de espacios naturales protegidos. Dinámicas y tensiones en el entorno del Paisaje Protegido Corredor Verde del Guadiamar (provincia de Sevilla)**. *Ería: Revista cuatrimestral de geografía*, pp. 84-85, 2011. 135-158.

THE GUARDIAN. **The long, dark shadow of Bhopal: still waiting for justice, four decades on**. The Guardian picture essay. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/global-development/2023/jun/14/bhopal-toxic-gas-leak-chemical-environmental-disaster-waiting-for-justice-union-carbide-dow>>. 2023.

UE. **Tipos de legislação**. Disponível em: <https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation_pt.2022>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2024.

VALE. **Dia a dia da reparação**. Minas Gerais. Novembro de 2023. 127 p.

WEYERMÜLLER, A. R. **O estado ambiental da adaptação: um novo paradigma**. *Revista da AJURIS - QUALIS A2*, [S. l.], v. 41, n. 134, 2014. Disponível em: <<https://revistadaajuris.ajuris.org.br/index.php/REVAJURIS/article/view/194>>.