

Mestrado

Economia e Gestão da Ciência, Tecnologia e Inovação

Trabalho Final de Mestrado

Dissertação

**Compreender as vulnerabilidades da Sociedade Tecnológica
focando desastres históricos**

Darlene Sofia Ferreira Parreira

Outubro 2018

Mestrado

Economia e Gestão da Ciência, Tecnologia e Inovação

Trabalho Final de Mestrado

Dissertação

**Compreender as vulnerabilidades da Sociedade Tecnológica
focando desastres históricos**

Darlene Sofia Ferreira Parreira

Orientação

Professora Doutora Sofia Isabel Coelho Bento

Outubro 2018

Agradecimentos

À Professora Doutora Sofia Bento cuja exigência, encorajamento e apoio foram fundamentais para a concretização deste trabalho.

Aos meus pais Virgínia e José por me apoiarem incondicionalmente e me proporcionarem todas as condições necessárias para alcançar os meus objetivos académicos.

À minha irmã Denise por alegrar qualquer momento mais difícil.

Ao meu companheiro Marco por todo o apoio e encorajamento que me deu ao longo de todo o processo.

Ao meu avô.

Resumo

O desenvolvimento tecnológico é fundamental para o crescimento económico e social e a sua relação é complexa. Se por um lado o desenvolvimento tecnológico se traduz em progresso, por outro lado é o contexto social, económico e político que direciona o seu rumo e objetivos. No entanto, este progresso não é isento de risco e com ele surgem novos riscos que afetam as sociedades tecnológicas. Estas, por serem constituídas por uma grande quantidade de sistemas altamente complexos, são mais vulneráveis à ocorrência de desastres.

O objetivo deste trabalho é estudar a relação entre as vulnerabilidades das sociedades tecnológicas e a ocorrência de desastres, nomeadamente a identificação de fatores comuns e a identificação de padrões explicativos. Para tal, foram selecionados três desastres ocorridos em sistemas complexos, com datas e localização geográfica distintas e resultado da utilização de diferentes tecnologias. Para compreender a existência de padrões nestes desastres foram levantadas três questões que os analisam de forma comparativa em relação ao seu sistema tecnológico, às suas vulnerabilidades e à cultura organizacional.

Este estudo permitiu a identificação de problemas a nível de cultura organizacional e institucional que aumentavam a exposição das organizações a vulnerabilidades com impactos catastróficos, e permitiu também concluir sobre uma série de medidas de prevenção a ter em conta numa cultura de segurança.

Palavras chave: sociedades tecnológicas; risco, vulnerabilidades, desastre, prevenção.

Abstract

Technological development is crucial for economic and social growth and their relationship is complex. On one side this technological development means progress, but on the other side is the social, economical and political context who defines his objectives. However, this progress has risk associated, actually new kind of risks arise which affect Technological Cultures. Thus, because they are built with so many complex systems, became more vulnerable to disasters occurrence.

This work intends to study the relationship between vulnerabilities in Technological Societies and the disaster's occurrence, specifically identify the disaster's patterns and facts in common. The analysis, is based on tree disasters that occurred n complex systems, located on diverse geographic context and using different technology. In order to understand the existence of patterns in those disasters, we compare them by answering tree questions to analyse each technological system, vulnerabilities and organizational culture.

This study allowed us to identify several organizational culture problems which raised the exposition to vulnerabilities with catastrophic impacts, and allowed as well to propose some preventive actions as a safety culture.

Key words: technological societies, risk, vulnerabilities, disaster, prevention.

Índice

I. Introdução	7
II. Revisão da literatura	9
2.1 Conceitos Básicos	10
2.2 Ciência e Tecnologia na abordagem sociológica	11
2.2.1 Sociologia do Conhecimento Científico.....	11
2.2.2 Do Determinismo Tecnológico ao Construtivismo Social da Tecnologia	12
2.3 Sociologia do Risco.....	14
2.4 Vulnerabilidades	16
2.4.1 Conceptualização das vulnerabilidades e a sua relação com o risco.....	16
2.4.2 Vulnerabilidades dos sistemas e sociedades tecnológicas.....	18
2.5 Paradigmas sobre os desastres.....	19
2.5.1 A teoria dos acidentes normais de Charles Perrow	20
2.5.2 A teoria <i>man-made disasters</i> de Barry Turner	23
2.6 Prevenção e cultura de segurança.....	24
III. Metodologia	26
3.1 Justificação da metodologia escolhida	26
3.2 Seleção dos casos	27
3.3 Descrição dos casos em estudo	28
3.3.1 Caso do desmoronamento da barragem de St. Francis.....	28
3.3.2 Caso da explosão do reator da central nuclear de Chernobyl.....	30
3.3.3 Caso da explosão da plataforma petrolífera DeepWater Horizon	32
3.4 Apresentação do quadro analítico	34
3.5 Discussão.....	34
3.6 Conclusões e resposta à pergunta de partida.....	41
3.7 Trabalhos futuros	44
IV. Bibliografia	45

Índice de quadros

Quadro 1: Confronto das características dos sistemas lineares e complexos	22
Quadro 2: Critérios de seleção dos desastres.....	28

Índice de Figuras

Figura 1: Fatores que originam acidentes.....	43
---	----

Lista de Abrevituras

SSK – *Sociology of Scientific Knowledge*

E.U.A. – Estados Unidos da América

EPOR – *Empirical Programme of Relativism*

SCOT – *Social Construction of Technology*

HRO – *High Reliability Organizations*

I. Introdução

Atualmente é difícil pensar na vida humana sem incluir a tecnologia. No dia a dia o ser humano utiliza e depende da tecnologia para as suas atividades e novas formas de tecnologia estão constantemente a surgir (Ramey, 2012), como demonstra por exemplo o aumento de patentes registadas, entre 1991 e 2005, de 240% (OCDE, 2007).

No entanto, esta perceção da relação intrínseca entre tecnologia e desenvolvimento social nem sempre foi pacífica. Ao longo da história verificou-se uma evolução na definição e na justificação do conhecimento científico e tecnológico. Se inicialmente este era visto como uma verdade universal e inquestionável produzida por peritos (Friedman, 1998), com o questionamento da filosofia da Sociologia, em suma das ciências sociais, a sociedade e a comunidade científica começaram a aceitar que conhecimento é resultado do progresso científico inserido num contexto social, económico e político (Barnes, 1974). Sendo que estas últimas dimensões influenciam escolhas e objetivos de um determinado objeto tecnológico (Bijker & Pinch, 1984).

Do ponto de vista económico, o desenvolvimento tecnológico tem sido visto como parte do processo de crescimento económico, existindo uma relação cíclica: se por um lado é necessário investimento para produzir tecnologia, por outro lado, o seu desenvolvimento contribui para o aumento da eficiência produtiva, beneficiando as organizações, que assim aumentam o seu lucro, e a sociedade que consegue adquirir bens e serviços de melhor qualidade a um preço mais competitivo (Schumpeter, 1975). No entanto, este processo de modernização não é isento de risco. Com os avanços tecnológicos surgem novos riscos e consequências que levam a sociedade a ter uma visão crítica sobre as reais vantagens e desvantagens da utilização e do progresso tecnológico (Beck, 1992). Um conceito complementar ao risco é o de vulnerabilidade, que pode ser definida como a exposição a um determinado risco e por isso, é afetada pela mesma problemática, fenómeno definido como *diagnóstico contraditório*: apesar da tecnologia ser utilizada para fortalecer e promover a segurança, também torna as sociedades mais vulneráveis (Bijker, 2006).

As sociedades que têm como base o investimento no desenvolvimento tecnológico e respetiva existência de complexos sistemas que coexistem e interagem entre si, aceitam um determinado nível de vulnerabilidades em prol do progresso social, económico e

político (Bijker, 2006). São aliás denominadas Sociedades Tecnológicas (Bekkers & Thaens, 2005). Neste tipo de sistemas existe uma grande quantidade de processos e funcionalidades que acontecem ao mesmo tempo, o que promove o aumento da probabilidade de ocorrer uma falha e, por conseguinte, os torna mais vulneráveis à ocorrência de desastres (Perrow, 1999).

Um desastre é um acontecimento incontrolável que por não ter sido inicialmente previsto provoca graves danos na organização e na sociedade, podendo chegar à paralisação dos sistemas em que ocorrem (Merton & Nisbet, 1961, p. 665). Resultando de uma combinação peculiar de falhas técnicas e erros humanos (Blaikie, Cannon, Davis, & Wisner, 1994), os desastres são caracterizados pela sua imprevisibilidade. Pelo seu impacto nas populações e nos territórios, é, por conseguinte, fundamental delinear políticas públicas e medidas de prevenção para as populações melhor se adaptarem em situações de risco (Areosa, 2012). Para isso é necessário estudar vários desastres que ocorreram ao longo da história, de forma a tentar perceber se existem fatores comuns e padrões relacionados com a sua origem (McEntire, Fuller, Johnston, & Weber, 2002), sendo que este trabalho se foca exclusivamente no estudo dos desastres em sistemas tecnológicos.

Assim, de forma a responder à pergunta de partida deste trabalho, *é possível definir quais os fatores que constituem as vulnerabilidades causadoras dos desastres em sistemas tecnológicos?*, utilizaremos como base os paradigmas dos desastres propostos por Barry Turner (Turner, 1978) e Charles Perrow (Perrow, 1999), que enumeram um conjunto de fatores comuns em diversos desastres para tentar explicar as suas causas, que operada a sua identificação, permitem propor um conjunto de medidas de prevenção que promovam uma cultura de segurança.

Tendo em conta esta pergunta de partida, foram escolhidos três casos empíricos datados em momentos diferentes, situados em zonas geográficas também diferentes, mas que implicaram a existência de sistemas tecnológicos complexos. Estes desastres são o desabamento da barragem de St. Francis na Califórnia em 1926; a explosão e incêndio na central nuclear de Chernobyl em 1986 e a explosão da plataforma petrolífera DeepWater Horizon em 2010.

A comparação entre os três desastres será feita respondendo às seguintes questões: 1. Que vulnerabilidades podem afetar sistemas tecnológicos?; 2. Como se caracterizam os

sistemas tecnológicos?; 3. Quais os principais fatores que descrevem a cultura organizacional de cada sistema tecnológico?, que nos permitirão discutir acerca dos fatores que, estiveram na origem dos desastres e quais os métodos de mitigação das vulnerabilidades possíveis de aplicar e desenvolver.

Tendo em conta o objetivo deste trabalho começamos por rever a literatura relacionada com a Sociologia do conhecimento, do risco e das vulnerabilidades, tendo como foco a sua relação com as sociedades tecnológicas. De seguida, é apresentada e analisada a evolução dos paradigmas dos desastres, onde são explorados os paradigmas sobre o *período de incubação* (Turner, 1978) e o dos *acidentes normais* (Perrow, 1999), que abordam os fatores comuns na origem dos desastres, sendo também estudados os planos e medidas de prevenção necessários para a construção de uma cultura de segurança. Por fim, a discussão consistirá numa análise e comparação dos acidentes referidos, suportada pela literatura apresentada e por três tópicos principais cujo debate permitirá responder à pergunta de partida.

II. Revisão da literatura

Este capítulo propõe uma revisão de literatura relevante sobre o risco, as vulnerabilidades e os desastres, entrando muitas vezes, mas não só, na área disciplinar da Sociologia. O primeiro tópico clarifica um conjunto de conceitos básicos que são necessários ter em conta durante a leitura do trabalho. Apresenta-se o conceito de objeto tecnológico, de sistemas tecnológicos, definidos por uma rede de objetos tecnológicos e o conceito de Sociedade Tecnológica. No tópico seguinte analisa-se a evolução desde a filosofia à sociologia do conhecimento científico, bem como a transição da corrente do determinismo tecnológico ao construtivismo social da tecnologia. No terceiro tópico, introduz-se o conceito de risco e a forma como este é percecionado na sociedade, seguido da conceptualização das vulnerabilidades em sistemas tecnológicos e Sociedades Tecnológicas no tópico quarto. No quinto tópico é apresentada uma breve evolução dos paradigmas dos desastres, centrando-se nos paradigmas que estudam as causas dos acidentes em sistemas tecnológicos. Por fim, abordam-se as temáticas da precaução e das culturas de segurança, nomeadamente na forma como estas promovem a mitigação das vulnerabilidades.

2.1 Conceitos Básicos

Tecnologia pode ser definido como um objeto que visa ajudar o ser humano na realização de determinadas tarefas, podendo dotá-lo de capacidades para as quais não está biologicamente apto, como suportar estruturas pesadas ou voar (Tiles & Oberdiek, 1995).

Para Tomas Buch (1999), a distinção dos objetos tecnológicos no domínio da sua existência, física e temporal, permite uma melhor compreensão do conceito lato de tecnologia. Existem objetos tecnológicos concretos, com existência material que perduram no tempo de forma constante, são exemplo as máquinas industriais e os edifícios. Por outro lado, existem objetos tecnológicos abstratos que não existem no espaço físico, apenas no temporal, é o caso da informação e das organizações.

Estes objetos tecnológicos coexistem em rede, isto é, estruturas constituídas por diferentes elementos interligados entre si e que em conjunto cumprem um determinado objetivo. Por exemplo, o livro é um objeto tecnológico concreto, porém o seu conteúdo, a informação, é um objeto tecnológico abstrato. O mesmo acontece nas organizações, objeto abstrato, que coexiste com objetos concretos como equipamentos e máquinas (Buch, 1999). Segundo Jaques Ellul (1980) um sistema forma-se com base uma estrutura de rede dotada de interligações. Quando o objeto tecnológico não se limita a cumprir exclusivamente o objetivo para o qual foi concebido e passa a ser também um mecanismo de transmissão e registo de informação, denomina-se de sistema tecnológico.

Os sistemas tecnológicos apenas existem quando a interpretação da tecnologia é difundida, isto é, numa cultura tecnológica. De acordo com Bijker (2006) o termo cultura tecnológica é a única conceptualização que atribuí a devida complexidade e profundidade à ciência e tecnologia em sociedades modernas e desenvolvidas. As sociedades tecnológicas são então moldadas pelo conhecimento e tecnologia pelo que todas as relações são igualmente sociais e tecnológicas, isto significa que todas as interações sociais são influenciadas pela tecnologia, mas também os sistemas tecnológicos só existem quando inseridos num contexto social.

2.2 Ciência e Tecnologia na abordagem Sociológica ¹

2.2.1 Sociologia do Conhecimento Científico

A Sociologia do Conhecimento é “*um campo de estudo empírico que inclui matérias como o conhecimento e a cultura da ciência*” (Barnes, T.S. Kuhn and Social Science, 1982, p. xi), que deve analisar o conhecimento sem influência das suas possíveis consequências, isto é, de forma naturalista e descritiva e não normativa (Barnes, 1974). A Sociologia do Conhecimento Científico (SSK) surgiu no início dos anos 70, sendo Barry Barnes, David Bloor e Harry Collins uns dos principais sociólogos a teorizar as questões do conhecimento científico. A corrente SSK surge em oposição à corrente da filosofia tradicional que não contemplava o contexto social, cultural e político da produção científica (Friedman, 1998).

A corrente da filosofia tradicional defende padrões de racionalidade e uma verdade universal (Friedman, 1998). Esta corrente defende a aceitação de uma verdade e racionalidade única que é aceite por todos e que dá origem ao conhecimento científico. Porém, Barnes argumenta que o conhecimento científico não é uma verdade universal, não podendo ser sustentada e aceite independentemente do seu contexto, sendo que os padrões científicos são parte integrante da cultura em que se inserem (Barnes, 1974). Neste sentido, o conhecimento científico é socialmente construído (Barnes, 1974), e inclui o conjunto de crenças socialmente aceites, nas quais a Sociedade confia e se organiza (Bloor, 1991).

Segundo Bloor, a corrente SSK deve basear-se numa perspetiva relativista, argumentando que nenhuma justificação pode ser isenta de contexto. Todas as crenças são resultado daquilo que é aceite na sociedade (Bloor, 1991).

Neste sentido, os defensores desta corrente têm objetivos metodológicos naturalistas e exclusivamente descritivos, no qual analisam as práticas científicas e descrevem-nas tal como são na realidade (Barnes, 1974). Valorizam assim, a simetria, imparcialidade e equivalência do conhecimento científico (Friedman, 1998). Isto é, analisam as crenças sociais de forma equivalente no que diz respeito à sua credibilidade, não existindo, portanto, distinção de crenças válidas ou inválidas, racionais ou irracionais. Isto significa que um perito SSK deve analisar as causas da credibilidade, onde o objetivo não é

¹ Abordagem sem pretensões de ser exaustiva. A abordagem e os autores que aqui apresentamos é fortemente marcada pela perspetiva construtivista.

distinguir a validade das crenças, mas sim explicar porque são aceites socialmente (Friedman, 1998).

2.2.2 Do Determinismo Tecnológico ao Construtivismo Social da Tecnologia

As teorias sociológicas da ciência e da tecnologia surgem na própria filosofia da ciência, abordada no tópico anterior. A distinção entre ciência e tecnologia era pouco clara, no entanto havia consenso na discussão, argumentava-se que “*a ciência é sobre descobrir a verdade, enquanto que a tecnologia é sobre aplicar a verdade*” (Bijker & Pinch, 1984, p. 402). Neste sentido, crítica o determinismo tecnológico, por se opor à utilização do sucesso de uma tecnologia como unidade de medida para avaliar o processo de desenvolvimento tecnológico. (Bijker & Pinch, 1984). Esta crítica surge ao mesmo tempo que as críticas à filosofia tradicional da ciência (Barnes, 1974).

Harry Collins, um dos críticos da filosofia da ciência, defende que os estudos sobre a filosofia moderna da ciência começaram a surgir na segunda metade dos anos 70, “*fruto da perspectiva relativista que permitiu análises sociais mais concretas*” (Collins, 1981, p. 3). Entre estes surge o Empirical Programme of Relativism (EPOR), que veio demonstrar a construção social do conhecimento científico. Esta corrente distingue-se das demais focando-se nas controvérsias envolvidas do progresso científico, e avalia-o em três diferentes fases. A primeira fase introduz o conceito de flexibilidade interpretativa, que demonstra que os resultados do progresso científico têm diferentes interpretações dependentes do contexto social, cultural, económico e político. A segunda fase é marcada pelo consenso, um mecanismo social que limita a flexibilidade interpretativa e finda a controvérsia através da produção de uma só verdade (Collins, 1981). Por fim, a terceira fase, “*que não foi ainda explicada em estudos da ciência contemporânea, contextualiza este mecanismo na esfera socio-cultural*” (Bijker & Pinch, 1984, p. 409).

A par da discussão da SSK, a Sociologia da ciência e da tecnologia começa a ganhar forma à medida que a ideia de que os estudos de inovação e a história da tecnologia não têm capacidade argumentativa suficiente para avaliar o desenvolvimento tecnológico. Segundo Bijker e Pinch a maioria dos estudos de inovação são realizados por economistas, através de modelos lineares de descrição do processo de inovação, que limitam o estudo apenas à avaliação do esforço de investigação e desenvolvimento, à qualidade do marketing e aos fatores macroeconómicos, marginalizando a análise do motivo que deu origem ao processo de inovação. Existem vários estudos sobre a história

da tecnologia, no entanto, a maioria dos autores foca-se em avaliar unicamente o sucesso ou insucesso de uma dada tecnologia, com base na sua utilização, difusão e resolução do problema (Bijker & Pinch, 1984).

Ao longo dos anos surgiram várias tentativas de consolidar uma corrente sociológica sobre a tecnologia em paralelo com a SSK, como é o caso de Mike Mulkey que numa perspetiva extremista argumenta que a eficácia da tecnologia carece de explicação sociológica, por apresentar uma epistemologia semelhante à da Ciência. O autor problematiza a relação da Ciência e Tecnologia argumentando ser enganador pensar que a tecnologia é apenas o concretizar do conhecimento científico, pelo contrário, defende que o sucesso ou insucesso de uma determinada tecnologia não implica a invalidez do conhecimento científico (Mulkey, 1979). Neste sentido, Bijker e Pinch, num contexto construtivista, acrescentam que *“a veracidade ou falsidade do conhecimento científico é irrelevante para uma análise sociológica: isto significa que a base científica pode estar errada, mas mesmo assim a tecnologia aplicada ser viável”* (Bijker & Pinch, 1984, pp. 407,408).

Giovanni Dosi também promoveu uma conceptualização da Sociologia da Tecnologia, ao argumentar que *“os novos paradigmas tecnológicos têm origem na combinação do progresso científico, fatores económicos e variáveis institucionais”* (Dosi, 1982, p. 147). No entanto, segundo Bijker e Pinch o facto de não haver uma simetria, equivalência e imparcialidade, tal como se verificavam segundo a SSK (Friedman, 1998), continuava por explicar, assim como as razões que originam o desenvolvimento de uma determinada tecnologia (Bijker & Pinch, 1984).

Neste sentido, Wiebe Bijker e Trevor Pinch discutem que ao longo dos anos várias abordagens académicas têm convergindo sobre a ideia de que *“todo o conhecimento científico é e pode ser socialmente construído”* (Bijker & Pinch, 1984, p. 401) e tornam-se uns dos principais defensores da teoria construtivista da tecnologia.

A Construção Social da Tecnologia (SCOT) explica o processo de desenvolvimento de uma tecnologia através de um modelo multidirecional de variações, que permite identificar o porquê de algumas variantes terem sucesso e outras não (Bijker & Pinch, 1984). O SCOT não é apenas uma teoria, mas também uma metodologia utilizada para medir o sucesso/falha de uma determinada tecnologia: o processo de desenvolvimento de uma tecnologia começa com a identificação de um problema num grupo social cuja

interpretação é homogénea, tendo em conta a flexibilidade interpretativa. A identificação dos grupos sociais é de extrema importância uma vez que “*um problema só é conceptualizado como tal quando efetivamente existe e afeta um determinado grupo social*” (Bijker & Pinch, 1984, p. 414). No entanto, não é apenas necessário identificá-los, mas também compreendê-los de forma a melhor conseguir adaptar o objeto tecnológico. Isto é, as necessidades são muito características de cada grupo social, tendo como exemplo a inovação da bicicleta, um grupo poderá atribuir maior importância à velocidade, quanto outro à segurança. Também as crenças e a moral são características individuais de cada grupo social, por exemplo uma bicicleta pensada para mulheres pode adotar a variante de ter um quadro mais baixo, que permita a utilização de saias e vestidos sem exposição do corpo das condutoras. Neste sentido, o enquadramento e contextualização das variantes, não só permite uma melhor explicação do processo de desenvolvimento como justifica e clarifica os componentes do produto final.

2.3 Sociologia do Risco

A origem do conceito de risco é incógnita e por isso envolve de controvérsia. A sua forma mais generalizada está associada à decisão, isto é, à capacidade de aceitar as consequências que surgem na tentativa de alcançar um determinado ganho (Jerónimo, 2010). Inicialmente os riscos eram justificados por motivos religiosos ou forças da natureza, no entanto, com a difusão do conhecimento científico, estes tornam-se possíveis de avaliar e explicar racionalmente, tornando possível “*prevê-los e controlá-los*” (Jerónimo, 2010, p. 48)².

Segundo Helena Jerónimo, a temática do risco adquiriu maior importância na segunda metade do século XX, altura em que ganha complexidade dados os novos conceitos de riqueza, distribuição e produção característicos da Sociedade Industrial (Jerónimo, 2010). A Antropologia era uma das ciências que mais debatia o tema, focando o estudo dos riscos como socialmente construídos e revelando o relativismo social na interpretação dos mesmos (Douglas & Wildavsky, 1983). A inclusão do risco no âmbito de estudo da Sociologia surgiu um pouco mais tarde contextualizando o risco na esfera social, nomeadamente na forma como se define a população em risco (Mendes, 2015).

² Dada a incoerência na literatura relevante sobre os conceitos de risco e incerteza, optou-se pela utilização do conceito de risco.

Ulrich Beck foi o autor de uma das teorias sociológicas sobre o risco mais discutidas, cuja obra teve “*quase efeito premonitório, que se confirmou pela realidade da explosão nuclear*” (Mendes, 2015, p. 23) (referência ao acidente nuclear de Chernobyl de 1986). A argumentação deste autor parte da aceitação de uma crise nas sociedades modernas consequência da industrialização e desenvolvimento científico e tecnológico (Jerónimo, 2010). Neste sentido, Beck distingue dois momentos no que diz respeito à perceção do risco, separados por uma mudança de paradigma: na sociedade industrial o principal problema social consistia na distribuição de riqueza, nos bens materiais e na educação de forma justa e legítima. Na sociedade de risco, o foco social baseia-se na distribuição do risco, que o autor caracteriza como sendo global e transversal a toda e qualquer classe social (Beck, 1992).

Na sociedade de risco os perigos passam a ser norma (Mendes, 2015) e “*a vulnerabilidade, a insegurança e as tentativas para evitar os males sociais já não são escassez, passam a ser a matriz estruturante da sociedade*” (Jerónimo, 2010, p. 50). Assim, segundo Beck a sociedade vê-se obrigada a tornar-se reflexiva, isto é, a ponderar as consequências nefastas do processo de modernização que, por ser tão radical, abala os fundamentos da Sociedade Industrial (Beck, Risk Society: Towards a New Modernity (English translation), 1992). O processo de modernização é denominado de radical, porque se baseia na irrupção da sociedade a todos os níveis, desde as crenças sociais às políticas de governação, o que vai solidificando a Sociedade de Risco (Karsenti, 2013).

Beck redefine a relação do presente e o futuro ao distinguir três fases do risco: segurança, prevenção e destruição. Clarifica que a total segurança é utópica dada a inevitabilidade da exposição ao risco. Já a destruição, a última fase, por ser o concretizar do risco, deve ser evitado a todo o custo. Neste sentido, é na fase intermédia da prevenção que o ser humano deve praticar ações de modo a evitar a realização dos perigos no futuro (Beck, 1992). Helena Jerónimo acrescenta ainda que o risco, em vez do progresso, passa a ser o ponto de ligação entre o presente e o futuro, argumentando que “*é preciso agir no presente em função dos riscos futuros*” (Jerónimo, 2010, p. 52).

Mais tarde, Ulrich Beck sugere uma segunda modernidade marcada pela dinâmica da globalização do risco (Beck, 1999), nomeadamente sobre os riscos globais, as desigualdades e as vulnerabilidades locais (Mendes, 2015). O autor também defende que, devido à globalização, os riscos atuais diferem dos do passado uma vez que: a) os

impactos afetam um maior número de pessoas; b) afetam as pessoas independentemente da sua classe social ou localização geográfica; c) os efeitos mantêm-se ao longo do tempo, afetando gerações futuras; d) dificilmente se atribuem responsabilidades; e) dificilmente se compensam as vítimas; f) sem contextualização científica tornam-se invisíveis à perceção humana; g) têm capacidade para destruição em grande escala (Jerónimo, 2010).

Estas teorias sociológicas permitem verificar que o conceito de risco e os fatores associados foram sofrendo alterações, acompanhando o desenvolvimento social e tecnológico. A visão e a perceção do risco passou a ser partilhada e aceite socialmente de tal forma que a sociedade passou a refletir no presente, sobre as consequências dos seus atos no futuro, como é o caso da preocupação com a proteção do ambiente e com as questões alimentares. Esta situação tornou-se mais crítica com a modernização e globalização, no qual os riscos têm maior impacto afetando um maior número de pessoas.

2.4 Vulnerabilidades

Neste capítulo, propomos delimitar o conceito de vulnerabilidade no contexto das sociedades tecnológicas. Para tal é necessário distinguir os conceitos de vulnerabilidade e risco, bem como estudar como ganham forma e que forças exercem sobre os contextos em que se aplicam.

2.4.1 Conceptualização das vulnerabilidades e a sua relação com o risco

Para Helena Jerónimo, tem-se verificado na literatura uma tendência de mascarar outros temas de risco, marginalizando diferentes conceitos como é o caso das vulnerabilidades (Jerónimo, 2010). Neste sentido, de acordo com Bijker, vulnerabilidade e risco são dois conceitos diferentes, cuja distinção nem sempre foi clara (Bijker, Hommels, & Mesman, 2014).

Vários autores contribuíram para a delimitação destes conceitos. Beck argumenta que o risco é resultado da decisão humana sobre as consequências da modernização (Beck, 2009). Bijker define vulnerabilidade como resultado de uma decisão, cujas consequências são menos concretas e por isso mais difíceis de antecipar (Bijker, 2006), argumentando uma relação de complementaridade entre ambos os conceitos (Bijker, Hommels, & Mesman, 2014)

Neste sentido, Janczura (2012), professora na Universidade Federal de Santa Maria (Brasil), defende uma relação de dependência entre ambos os conceitos, referindo-se ao

conceito de vulnerabilidade como uma suscetibilidade a um perigo, que só existe quando exposta a um risco. Também Julia Quartz, professora na Universidade de Maastricht (Holanda), argumenta que uma vulnerabilidade surge quando há exposição ao risco (Quartz, 2011) e consiste na reduzida capacidade que o ser humano tem de antecipar o perigo (Wisner, Blaikie, Cannon, & Davis, 2004).

Autores como Bijker, Hommels e Mesman argumentam que o conceito de vulnerabilidade é ambíguo, complexo e heterogéneo. É um conceito ambíguo por ser socialmente construído, isto significa que para o explicar é necessário ter em conta “*o contexto histórico, político, económico e geográfico*” (Hommels, Mesman, & Bijker, 2014, p. 21). A sua definição é complexa porque resulta de um conjunto muito específico de circunstâncias e é heterogéneo porque varia consoante a sua natureza e conotação.

As vulnerabilidades podem ser de origem natural, como é o exemplo da Holanda, um país que por se encontrar a baixo do nível do mar é mais vulnerável a inundações. De origem tecnológica, como é o caso dos utilizadores da Internet que são mais vulneráveis a invasões de privacidade, ou de origem sociocultural, como é o caso de Portugal que, devido à crise económica que se faz sentir mais vulnerável à emigração de jovens qualificados para outros países. No que diz respeito à caracterização das vulnerabilidades, ao contrário do que é geralmente difundido, estas não assumem somente uma conotação negativa. Pelo contrário e tal como defende Bijker, para criar oportunidades de adaptação e aprendizagem é necessário um determinado grau de vulnerabilidade (Bijker, 2006). Isto é, comparando a Holanda e Portugal, dois países costeiros vulneráveis a inundações devido à possível subida do nível do mar. Dadas as características geográficas da Holanda poder-se-ia concluir que este país é mais vulnerável por se encontrar abaixo do nível do mar. Todavia, foi precisamente devido a esta característica e à constante exposição a situações críticas, que nasceram inovações como mecanismos de defesa, tais como a construção de barragens ou o planeamento estratégico de localização dos campos de cultivo (junto aos maiores rios para que em caso de cheias, estes fiquem submersos em primeiro lugar e não as habitações). Neste sentido, perante uma situação crítica de aumento do nível da água do mar os cidadãos Holandeses são capazes de responder e se adaptar de forma mais eficiente, enquanto que uma situação comparativa noutro país poderia ter consequências catastróficas como a paralisação de todas as atividades económicas ou até a perda de vidas.

Em suma, risco e vulnerabilidade são dois conceitos distintos, mas dependentes entre si, sendo que a vulnerabilidade apenas existe quando há exposição ao risco. Dada a sua complexidade, as vulnerabilidades não são facilmente antecipadas, o que dificulta a sua prevenção. De todas as características das vulnerabilidades, realçamos que a conotação é variável podendo uma vulnerabilidade ter efeitos positivos, e a longo prazo promover condições de adaptação e aprendizagem.

2.4.2 Vulnerabilidades dos sistemas e sociedades tecnológicas

Pareceu-nos importante definir o conceito de vulnerabilidade em sociedades tecnológicas. Tecnologias como a internet, a engenharia genética e a produção de energia sustentável são provas do esforço que os vários atores de uma sociedade (governo, empresas e instituições) fazem de modo a conseguirem tirar partido de todos os benefícios provenientes deste conhecimento e da difusão destas tecnologias. No entanto, nenhum destes benefícios é isento de risco; se por um lado, a ciência e tecnologia procuram resolver a exposição ao risco e às vulnerabilidades, por outro lado, estas também introduzem novos riscos (Bijker, Hommels, & Mesman, 2014). A esta problemática Bijker dá o nome de *diagnóstico contraditório*, que significa que apesar da tecnologia ser utilizada para fortalecer e promover a segurança, também torna as sociedades mais vulneráveis (Bijker, 2006).

Segundo Wiebe Bijker, uma sociedade tecnológica caracteriza-se pela aceitação de um determinado nível de risco em prol do progresso social, económico e político (Bijker, 2006). Estas sociedades são construídas por sistemas tecnológicos que coexistem entre si e dotam as estruturas sociais de complexidade, tornando-as vulneráveis (Bekkers & Thaens, 2005).

Charles Perrow (1999) foca o seu trabalho na relação da complexidade dos sistemas tecnológicos com a vulnerabilidade no contexto das sociedades tecnológicas e defende que quanto maior a dimensão do sistema e a quantidade de interdependências que ocorrem dentro do mesmo, maior é a probabilidade de uma falha ocorrer. No caso de sistemas complexos, por existirem mais processos a acontecerem ao mesmo tempo, existe uma probabilidade de ocorrer uma falha, o que, por conseguinte, os torna mais vulneráveis.

2.5 Paradigmas sobre os desastres

Segundo João Areosa (2012) o estudo dos desastres é fundamental para compreender as vulnerabilidades da cultura organizacional, inserida num contexto social e económico. Só após compreender a natureza dos desastres, bem como a importância das falhas técnicas e a ação humana no desfecho do mesmo, é possível definir planos de prevenção e mitigação das vulnerabilidades.

A definição do conceito de desastre é vasta na literatura sobre a Sociologia dos desastres, no entanto, têm-se verificado algumas dificuldades na sua conceptualização por serem uma emergência imprevisível no tempo (Fischer, 1998). Robert Merton e Robert Nisbet no seu livro *Contemporary Social Problems* publicado em 1961 incluem a definição de desastre de Charles Fritz, que ainda hoje em dia é considerada uma das mais precisas e concretas conceptualizações: um desastre é um “acontecimento de um evento incontrolável no tempo e no espaço, que provoca sérios danos numa sociedade, provocando a disrupção das estruturas sociais, cujas funções paralisam” (Merton & Nisbet, 1961, p. 665). Henry Fischer defende que esta conceptualização dá a devida importância à disrupção social. Quanto à definição do conceito de desastre importa acrescentar que são resultado de uma combinação muito peculiar de falhas técnicas e erros humanos (Blaikie, Cannon, Davis, & Wisner, 1994).

Ao longo dos anos vários paradigmas sobre os desastres problematizam a sua origem e causas destes (Mendes, 2015). Nos anos 70, começaram a surgir as primeiras escolas que estudavam os desastres, como é o caso do paradigma da *Gestão Integrada de Emergências*. No entanto, estas primeiras escolas, apesar de clarificarem os vários tipos de perigos, falharam em não incluir nem fatores económicos, sociais e políticas como influenciadores das causas dos acidentes. Mais tarde, surgiria o paradigma da *Comunidade Resiliente* que dava especial importância à resiliência social, isto é, a capacidade de recuperação após um acidente, mas que falhava em não explicar como evitar que tais vulnerabilidades se voltassem a repetir no futuro (McEntire, Fuller, Johnston, & Weber, 2002).

Em 1978, Barry Turner publica o seu livro *Man-made Disasters*, um dos paradigmas da Sociologia dos desastres mais discutida por apresentar o conceito de *período de incubação dos desastres*. Este conceito explica como os desastres acontecem e sustenta

que o Homem é uma das principais causas dos desastres, em combinação com erros técnicos, e é também a única forma de os prevenir.

Um pouco mais tarde, em 1984 surge a Teoria dos Acidentes Normais de Charles Perrow, envolto de controvérsia pelo facto de apontar os problemas da cultura organizacional como as causas dos potenciais acidentes e também por defender que os acidentes em sistemas complexos, dadas as suas características, são inevitáveis (Perrow, 1999).

Este paradigma deu origem ao surgimento de outros, como é o caso do *High Reliability Organizations*. Apesar do HRO concordar com as características dos sistemas defendidos por Charles Perrow, defende que os desastres nestes sistemas não acontecem com tanta frequência e que “*é possível utilizar tecnologias complexas de alto risco sem dar origem a acidentes*” (Areosa, 2012, p. 561). Esta teoria foi apontada como limitada por focar os motivos pelos quais os acidentes não acontecem com tanta frequência, ao invés de explicar porque razão os acidentes acontecem. Assim, porque o objetivo primário deste trabalho é, compreender os fatores causadores dos desastres nas sociedades tecnológicas, o paradigma HRO encontra-se fora do âmbito da nossa dissertação.

De seguida analisamos com maior profundidade o paradigma dos acidentes normais de Charles Perrow e o Man made disasters de Barry Turner de forma a compreender como os desastres acontecem e se podem ser prevenidos através de medidas de precaução adequadas.

2.5.1 A teoria dos acidentes normais de Charles Perrow

Charles Perrow define acidente como um evento inesperado cujas consequências colocam em causa o bom funcionamento do sistema, provocando a paralisação do mesmo. Segundo esta teoria, o conceito de sistema inclui a definição de pelo menos uma tarefa objetivo, e existe uma clara distinção entre acidente e incidente, que pode ser entendida com base no seguinte exemplo: um adepto de exposições de veículos clássicos tem como objetivo apresentar o seu próprio carro numa exposição, sendo esta a tarefa objetivo que define o sistema. Imaginando que no caminho até ao local da exposição o veículo sofre um furo no pneu, impedindo-o de chegar a tempo, isto significa que ocorreu um acidente. No entanto, caso no caminho até ao local da exposição o veículo sofra um risco na pintura, não é considerado um acidente, mas sim um incidente, uma vez que apenas perturba o bom funcionamento do sistema (Perrow, 1999).

Segundo Perrow os constituintes de um sistema são (por ordem crescente de grandeza): unidade; parte; subsistema e sistema. São considerados incidentes os eventos que provocam danos na unidade ou parte do sistema. Todos os eventos com consequências a nível do subsistema ou sistema são considerados acidentes. Neste sentido, o autor propõe a distinção de dois tipos de acidentes consoante o local onde ocorrem. Acidentes por falhas de componentes, tal como o nome sugere, acontecem nos componentes de um subsistema cujas interações decorrem de forma independente. Os acidentes de sistema, que envolvem falhas nos componentes do sistema que se interligam de forma dependente e com grande quantidade de interações (Perrow, 1999).

Enquanto que as interações independentes ocorrem de forma planeada e numa sequência observável, as interações com dependências podem ocorrer de forma imprevisível e até invisível (Hommels, Mesman, & Bijker, 2014). Deste modo, Perrow distingue formalmente dois tipos de interações: interações lineares - são claras e diretas, ocorrem em diferentes momentos da fase produtiva pelo que são facilmente identificáveis e interações acopladas - acontecem em grande quantidade ao mesmo momento, são dependentes entre si e por isso não seguem uma sequência previsível ou facilmente identificável, podendo mesmo acontecer de forma oculta (Perrow, 1999).

Esta distinção dos tipos de interações permitem classificar dois tipos de sistemas: um sistema é considerado linear quando é composto na grande maioria por interações lineares. Caracteriza-se por ser bastante flexível, é possível fazer alterações ao processo produtivo e devido aos controlos descentralizados é até possível alterar o produto final. As cadeias de comunicação entre todas as partes do sistema fluem de forma clara e direta e não há necessidade de muitas unidades de controlo. Por outro lado, os sistemas complexos são constituídos maioritariamente por interações acopladas. Por norma são desenhados para desenvolverem produtos complexos de forma altamente eficiente, pelo que exigem várias cadeias de comunicação entre diferentes partes e várias unidades de controlo. Para garantir o bom desempenho, a capacidade de decisão é centralizada (Perrow, 1999).

Crítérios	Sistemas lineares	Sistemas complexos
Tempo	O processo produtivo pode ser parado, tem flexibilidade para existirem atrasos.	Os processos são altamente dependentes do tempo. Não é possível parar o sistema (sob perigo de comprometer o seu funcionamento)
Processo produtivo	Flexível. Em caso de falha é possível proceder a manutenção e alterações.	Pouco flexível. Não permite alterações no processo produtivo.
Recursos	Permite substituição de recursos.	O método de produção, a nível de recursos, não pode sofrer grandes alterações.
Tolerância	Permite que existe alguma ineficiência, como por exemplo o desperdício de recursos.	Existe pouca tolerância, todos os recursos são quantificados e utilizados na sua máxima eficiência.

Quadro 1: Confronto das características dos sistemas lineares e complexos

O quadro anterior compara os diversos tipos de sistema com base nos critérios que Perrow defende serem os principais pontos de divergência. Numa primeira leitura os sistemas lineares aparentam ser mais vantajosos por serem mais flexíveis e não incluírem tantas limitações. No entanto os sistemas complexos, por norma, são mais eficientes e por isso existe um melhor aproveitamento dos recursos, no entanto existe menor flexibilidade a falhas e negligência (Perrow, 2007).

Ao longo do tempo a experiência e o conhecimento permitiram reduzir a exposição a determinadas vulnerabilidades, no entanto continuam a acontecer acidentes e desastres. Segundo Charles Perrow esta realidade é resultado da falta de conhecimento e compreensão de processos complexos. Neste sentido, resultado da investigação de mais de uma centena de acidentes, este autor reuniu uma série de pressupostos que verificou existirem em todos os casos e que concluiu serem o ponto de partida para as políticas de prevenção de futuros acidentes, ainda que assumindo que os acidentes são inevitáveis em sistemas complexos (Perrow, 1999):

- a) A redundância organizacional promove a falta de transparência: o objetivo da aplicação das normas e procedimentos numa organização é permitir uma produção de trabalho clara e partilhada por todos, isto é, só uma forma de trabalhar. Quando estas são redundantes surgem conflitos na medida em que cada indivíduo as percebe e aplica de formas distintas, reduzindo a transparência dentro da organização;

- b) Poder de tomada de decisão não deve ser excessivamente centralizado ou descentralizado: este deve ser equilibrado, isto é, uma decisão muito centralizada encontra-se hierarquicamente mais distante do processo produtivo, o que em situações críticas pode impedir ações imediatas de prevenção. Por outro lado, uma tomada de decisão muito descentralizada pode originar conflitos sobre os objetivos da organização, uma vez que promove heterogeneidade nas decisões tomadas;
- c) Uma má gestão e atribuição de responsabilidades funcionam como entrave à aprendizagem: quando os indivíduos não são responsabilizados pelas consequências dos seus atos, sejam positivas ou negativas, fomenta uma cultura de descuido e normalização do erro;
- d) As organizações não conseguem prever e atuar sobre todas as vulnerabilidades.

Não existindo uma teoria universal sobre como gerir todos os processos organizacionais, a contribuição de Perrow pode ser um bom ponto de partida para delinear políticas e medidas de prevenção dos acidentes que, dada a sua generalidade podem ser contextualizados em qualquer sector.

2.5.2 A teoria *man-made disasters* de Barry Turner

A teoria *man-made disasters* (Turner, 1978) apresenta um conceito de desastre baseado nos impactos sociais, que se desenvolvem ao longo de um determinado período de tempo, resultado da combinação de eventos muito específicos.

Segundo Barry Turner a magnitude de um desastre não é definida pelos impactos físicos, mas sim pelos sociológicos, ou seja, os impactos que abalam (e podem até destruir) as estruturas sociais. Os desastres resultam de uma combinação muito específica de pré-condições que de acordo com Turner (1978) se vão desenvolvendo ao longo do período de incubação para o desastre. Neste período de incubação vão surgindo erros latentes que não são identificados devido à falta de conhecimento sobre os sistemas complexos. Este tipo de erros acumulam-se de forma impercetível até ao momento em que, devido a suposições erradas, estes entram em conflito com as normas organizacionais e fazem o sistema colapsar.

No livro *Man Made Disasters*, Turner (1978) identifica como principal causa dos acidentes o facto das organizações, sem saberem, agirem contra si próprias no decorrer

do período de incubação e defende haver uma falsa sensação de segurança que é facilmente corrompida pelos processos organizacionais.

Ao longo do período de incubação, por norma, verifica-se uma grande dificuldade em tratar informação complexa, não só devido à falta de conhecimento, mas também devido a problemas de comunicação. A falta de conhecimento promove que se ignorem alertas e permitem que os erros passem despercebidos, normaliza o erro e a violação das normas e promove o “fenómeno chamariz” - isto é, quando um problema realmente grave é encoberto por questões menores, sendo as últimas as que captam maior atenção. Os problemas de comunicação e consequente falta de informação vão originando ambiguidades, levando a que o problema se torne de tal forma vago, dinâmico e complexo, que só é possível compreender uma pequena parte de mesmo (Turner, 1978).

No seu livro, Turner fez uma avaliação comparativa de três acidentes distintos e numa análise exploratória, concluiu que os pressupostos seguintes foram a causa dos mesmos:

- a) Definição de objetivos mal estruturados e de natureza muito prolongada em sistemas complexos;
- b) Cultura organizacional desajustada da realidade, com normas e procedimentos ambíguos que promovem a marginalização das responsabilidades;
- c) Existência de problemas de comunicação que limitam a capacidade de reconhecimento e antecipação sobre os perigos;
- d) Pouca importância atribuída às consequências, normalização do erro e pressão para alcançar objetivos.

2.6 Prevenção e cultura de segurança

As vulnerabilidades futuras não são conhecidas no presente, aliás é impossível conhecê-las (Furedi, 2009). No entanto, sendo as vulnerabilidades resultado da ação humana no presente, é fundamental compreender como preveni-las e minimizá-las ao máximo. É a desconexão entre a capacidade de agir e a de prever que torna as consequências dos riscos tão catastróficas (Mendes, 2015).

Segundo José Mendes, só no século XX se começou a atribuir a devida importância ao conceito de precaução, em particular após a grande crise dos E.U.A. que limitou o crescimento dos países industrializados provocando graves problemas financeiros e de desemprego por todo o mundo (Mendes, 2015).

O princípio da precaução é resultado das discussões sobre a importância do conceito, e baseia-se no princípio da ação-reação, nomeadamente defende que para todas as ações podem existir consequências irreversíveis (Ribeiro, 2011). Segundo Callon et al (2009), sendo as vulnerabilidades resultado da ação humana, o princípio da precaução, promove uma atuação mais prudente e ponderada. O princípio promove também uma avaliação cuidada de todos os benefícios e malefícios de uma determinada ação, não só a nível económico, mas também a nível social.

No âmbito do nosso trabalho a precaução é explorada no contexto da cultura organizacional. Waring e Gledon (2000) apresentam o conceito de cultura organizacional baseado nas suas características funcionais e interpretativas que, segundo estes, tem dominado a literatura. Estes autores classificam a cultura organizacional como uma inspiração para alinhar objetivos individuais com os objetivos e estratégias da organização (característica funcional), que por sua vez promove uma sensação de pertença a um grupo social cuja interpretação da identidade coletiva determina ações e comportamentos (característica interpretativa) (Waring & Glendon, 2005).

A análise da cultura organizacional descreve valores, crenças e atitudes e explica como estas influenciam o funcionamento da mesma. Esta análise resulta de um modelo normativo: os objetivos, normas, procedimentos e vulnerabilidades características de uma organização são interpretadas por todos os intervenientes, que os avaliam consoante as crenças e valores, posteriormente traduzem-se em atitudes e ações que dão origem ao resultado organizacional, isto é, bens, serviços e até desastres (Guldenmund, 2000).

Esta análise pode ser feita no âmbito da segurança, permitindo concluir sobre o esforço coletivo e os comportamentos individuais na promoção de uma cultura de segurança (Glendon & Stanton, 2000). Muito associada ao conceito de controlo, uma cultura de segurança baseia-se na partilha de um conjunto de crenças e normas que direcionam as ações para a minimização dos riscos (Pidgeon, 1991). Na prática traduz-se na responsabilização dos indivíduos pelas suas ações (Geller, 1994), no desenvolvimento de mecanismos de comunicação baseados na confiança e na qualidade da informação (Lee, 1996), que solidificam a sensação de segurança (Guldenmund, 2000). Segundo Pidgeon, uma cultura de segurança é caracterizada por uma boa gestão dos recursos humanos, nomeadamente na escolha de indivíduos com as capacidades necessárias para cumprirem determinada tarefa; pela atribuição de responsabilidades, isto é responsabilizar pessoas,

equipas e departamentos pelas suas ações negativas (como sanção) e positivas (como motivação); pela aposta no conhecimento, garantindo que todos os intervenientes vão sendo constantemente atualizados a nível do conhecimento necessário, através de formações; normas e procedimentos de trabalho simples, claros e realistas que defendam uma única forma de trabalhar e permitam que pessoas com menos experiência consigam desempenhar as suas funções em segurança; e por fim uma hierarquia de supervisão eficiente e presente para mitigar os riscos.

III. Metodologia

Começaremos por apresentar uma descrição de cada desastre com base nos relatórios existentes sobre as causas dos mesmos, tendo como ponto de partida uma breve contextualização que justifica o propósito da criação dos sistemas tecnológicos. Neste âmbito, será feita uma análise socioeconómica por forma a ter uma visão geral da necessidade destes sistemas. Serão também apresentados dados sobre os impactos sociais, económicos e ambientais de forma a compreender a dimensão dos desastres. Posteriormente serão descritas as falhas tecnológicas e os erros humanos, bem como exploradas as suas relações e de que forma originaram o desastre. Por fim, reflete-se sobre as ações tomadas pelas entidades envolvidas após estes acidentes terem ocorrido.

3.1 Justificação da metodologia escolhida

Tendo em conta a complexidade das ciências sociais, as investigações neste âmbito implicam uma simplificação da realidade. Dada a dificuldade em descrever uma realidade que é influenciada por diferentes variáveis, os estudos com foco nas sociedades, nos sistemas sociais e nas pessoas estão sujeitos a limitações no que diz respeito ao controlo do seu contexto. Neste sentido, a comparação é um instrumento metodológico útil uma vez que selecionados os casos em análise, apresentadas as variáveis e definida a questão de investigação, permite uma análise contextual controlada (Pennings et al. 2006).

A comparação é um método de investigação utilizado quando não é possível optar por técnicas experimentais ou quando a natureza das observações impossibilita a utilização de técnicas estatísticas ou de metodologias qualitativas. “*A abordagem comparativa é o ponto de partida na maioria das teorias do âmbito político e social*” (Pennings, Keman, & Kleinnijenhuis, 2006, p. 22). A capacidade descritiva deste método de investigação, torna-se muito eficaz pois possibilita explicar processos comuns e transversais às sociedades em que se inserem (*idem*).

O objetivo da comparação é identificar uma relação entre dois ou mais fenómenos (Pennings et al. 2006), sendo necessariamente utilizada para explicar fenómenos semelhantes com resultados diferentes. É também possível e plausível utilizar este método para explicar resultados semelhantes provocados por causas distintas (Pickvance, 2001).

A comparação permite explicar um fenómeno através da enumeração das suas condições (Krause, 2016) o que, aplicado a esta investigação, permite concluir sobre quais as causas dos desastres baseado apenas nos factos relatados e assim compreender a origem dos problemas (Turner, 1978).

Em suma, optámos por uma investigação comparativa para descrever quais as causas dos diferentes desastres em estudo, através de uma análise transversal às variáveis tempo, sociedade e tecnologia. O método escolhido permitirá compreender quais os pontos em comum e as diferenças entre os casos, identificar os fatores críticos e que devem estar contemplados no plano de prevenção de vulnerabilidades de qualquer sistema tecnológico complexo.

3.2 Seleção dos casos

Tendo em conta as opções da investigação comparativa optou-se pela *análise num universo fechado* (Pennings, Keman, & Kleinnijenhuis, 2006, p. 21). Este método constitui a seleção de três desastres ocorridos em sistemas complexos, resultado da relação Homem-Máquina, ocorridos em momento históricos diferentes.

A seleção dos desastres baseou-se nos seguintes critérios: data do acontecimento, natureza das causas do acidente, complexidade do sistema, tecnologia utilizada e impactos sociais, económicos e ambientais do desastre. Avaliar desastres que ocorreram em momentos temporais diferentes permite perceber se existem fatores e causas comuns independentes do avanço tecnológico e do desenvolvimento da sociedade. Foram, por conseguinte, escolhidos acidentes em datas distintas (1926, 1986 e 2010). Todos os acidentes escolhidos tiveram como causas a combinação peculiar de uma série de eventos que resultaram da relação Homem-Máquina, não abordando assim acidentes de origem natural ou ataques terroristas. No que diz respeito à complexidade dos sistemas e tendo em conta a literatura apresentada, foram escolhidos apenas sistemas complexos, que envolveram uma grande quantidade e intensidade de interações. Quanto ao tipo de tecnologia, escolheu-se a construção da barragem, a produção de energia nuclear e a

extração de petróleo para garantir uma análise independente do tipo de indústria. Por fim, selecionaram-se acidentes com impactos catastróficos a nível económico, social e ambiental que promoveram uma mudança na indústria, desde a aplicação de novas normas legislativas, à substituição de tecnologias e à forma como a sociedade aceita as vulnerabilidades associadas.

Com base nestes critérios os acidentes selecionados são:

- O desabamento da barragem de St. Francis na Califórnia em 1926, considerado o maior e mais trágico acidente de engenharia civil nos Estados Unidos da América;
- A explosão e incêndio na central nuclear de Chernobyl em 1986, o maior acidente nuclear da História, com consequências para a vida humana e para o meio ambiente que ainda hoje são desconhecidas;
- A explosão da plataforma petrolífera DeepWater Horizon em 2010, que provocou o maior derrame de petróleo da história dos Estados Unidos da América.

A seguinte tabela apresenta um resumo dos critérios de seleção dos desastres:

	Barragem de St. Francis	Central nuclear de Chernobyl	DeepWater Horizon
Data	1926	1986	2010
Localização	Califórnia, E.U.A	Chernobyl, Ucrânia	Golfo do México, E.U.A
Tecnologia	Grandes obras	Energia nuclear	Extração de Petróleo
Tipo do sistema	Sistema complexo acoplado		
Causa	Combinação de falhas técnicas e erros humanos		
Impactos	Mudanças de legislação, normas e procedimentos devido às consequências a nível social, económico e ambiental		

Quadro 2: Critérios de seleção dos desastres

3.3 Descrição dos casos em estudo

3.3.1 Caso do desmoronamento da barragem de St. Francis

A barragem de St. Francis foi construída entre 1924 e 1926 pelo Departamento da Água e Eletricidade da cidade de Los Angeles, E.U.A., sob a direção de William Mulholland, na altura Arquiteto chefe com grande reputação e experiência em grandes obras (Begnudelli & Sanders, 2007). O paredão da barragem apresentava sob a forma de uma

curva de cimento com 57 metros de altura e 213 metros de largura, tinha capacidade para armazenar até 47 milhões de metros cúbicos de água (Rogers, 2006).

Devido ao grande crescimento da população, existia a necessidade de construir um reservatório de água na zona de Los Angeles. Após a realização de estudos de avaliação geológica o local escolhido foi o vale de San Francisquito Canyon, cuja formação geológica permitia uma fluida distribuição da água pelas diferentes aldeias e cidades (Rogers, 2006).

A 12 de Março de 1928 às 23:57:30h, a estrutura da barragem colapsou e provocou uma onda gigante que viajou aproximadamente 87km até ao Oceano Pacífico, deixando um rasto de destruição pelo caminho. Vários danos foram reportados: destruiu mais de 1.000 casas e ceifou a vida a cerca de 500 pessoas. A análise económica levada a cabo apontava entre 10 a 25 milhões de dólares americanos em prejuízos, adicionalmente a cidade de Los Angeles foi obrigada a pagar 7 milhões de dólares em indemnizações às vítimas (Rogers, 2006).

Segundo Henry Petroski (2004) vários estudos foram realizadas após o desastre e a maioria concluiu que as causas do mesmo foram as fracas fundações da barragem. Do relatório do acidente realizado pela Sociedade de Engenharia Civil Americana (American Society of Civil Engineers, 1929), Petroski (2004) defende que a origem do acidente teve lugar no lado oeste da barragem, num sítio onde a combinação do solo (xisto e talco) e a água do reservatório, formou uma lama tornando as fundações da barragem instáveis o que iria provocar o desabamento. Por outro lado, Begnudelli & Sanders (2007), baseando-se no estudo encomendado pelo governador da cidade de Los Angeles à data do acidente (Wiley, et al., 1928), acrescentam que o lado este tinha sido construído sobre uma falha geológica que, devido à pressão, provocou uma fenda e a entrada de água destabilizou a estrutura.

Rogers (2006) defende que embora o planeamento da obra, por parte de Mulholland, tenha incluído as técnicas e tecnologias utilizadas na altura, estas já eram consideradas rudimentares. Aponta como principais falhas a exclusão das cortinas de argamassa, juntas de contração, drenos do interior para o exterior e galerias de inspeção, consideradas como medidas de segurança que, defende, teriam ajudado a estabilizar a estrutura. O mesmo autor refere também que durante a construção surgiram alterações ao plano original, com o objetivo de aumentar a capacidade do reservatório de água, aumentaram a altura da

represa, no entanto, sem adaptar as fundações da barragem às suas novas dimensões. Outros problemas foram reportados ao longo do período de construção, como o surgimento de várias fendas que foram sempre consideradas normais tendo em conta o tamanho da barragem. No dia do acidente foi identificada uma fenda com água lamacenta que poderia ter alertado para o problema da fundação da represa. No entanto, o arquiteto, pessoa responsável pela avaliação destes problemas normalizou a situação e concluiu que a lama se devia à poeira resultado de umas obras que estavam a acontecer relativamente perto da barragem (Petroski, 2004).

Um ano após o desastre o estado da Califórnia formalizou a obrigação do registo profissional dos engenheiros civis, introduzir a geologia como unidade curricular obrigatória e tornando norma a realização de estudos geológicos prévios à obra (Begnudelli & Sanders, 2007).

3.3.2 Caso da explosão do reator da central nuclear de Chernobyl

A 26 de Abril de 1986 aconteceu o maior acidente nuclear da história, um reator explodiu na central nuclear de Chernobyl na Ucrânia (Saenko, et al., 2011). A explosão matou 31 pessoas e libertou 190 toneladas de materiais radioativos para a atmosfera. 116 mil pessoas foram evacuadas e realojadas e uma estimativa de 10 milhões de pessoas sofreram, e continuam a sofrer, problemas de saúde (IAEA Division of Public Information, 2006).

A história do acidente é complexa devido à grande quantidade de eventos e atores envolvidos. O Instituto de Investigação e Engenharia da Energia de Moscovo identificou uma situação que poderia comprometer a segurança na central nuclear: em caso de perda de energia do exterior era necessário ativar o sistema central de arrefecimento (ECCS), que podia demorar cerca de 2/3 minutos a entrar em funcionamento. Neste sentido, era necessário testar se, dado este cenário, o reator teria energia residual para funcionar durante este pequeno período de tempo.

O teste foi planeado para o dia 25 de Abril de 1986 e agendado necessariamente para essa data uma vez que se aproximava o encerramento anual de manutenção do reator, que estava agendado para a terça-feira seguinte (Kortov & Ustyantsev, 2013). Já se havia tentado testar este problema anteriormente, em ocasiões em que o reator se encontrava interrompido, no entanto surgiram falhas e os testes foram cancelados. Neste sentido os

engenheiros planearam realizar o teste com o reator em funcionamento. (Gelino, Rey-Babarro, Siegler, Sood, & Verlinden, 2005).

O teste teve início nesse dia às 13h, altura em que os operadores começaram lentamente a reduzir a alimentação externa do reator para simular perda de energia. Durante este processo o controlo elétrico de Kiev solicitou o aumento da produção energética uma vez que era preciso dar resposta ao consumo, pelo que o teste foi interrompido de imediato e o reator voltou a funcionar a 100%. Só por volta das 23h desse mesmo dia, quando o consumo energético diminuiu, se voltou a iniciar o teste. No entanto, neste momento houve também uma troca de turnos, ou seja, teria de ser outra equipa a realizar o teste planeado (Gelino, Rey-Babarro, Siegler, Sood, & Verlinden, 2005).

Nessa madrugada a capacidade energética do reator sofreu uma queda drástica. Um funcionário, sem conhecimento do problema, ativou o procedimento normal de refrigeração do reator. O aumento do fluxo de água provocou uma diminuição da temperatura e reduziu ainda mais a energia no reator. Numa tentativa de estabilizar o comportamento do mesmo, algumas das varetas de controlo foram retiradas, ação que imprevisivelmente reduziu a produção de vapor e por conseguinte de energia. Nestas condições o reator ativou o sistema de segurança automático, que por sua vez foi bloqueado de forma a evitar que este se desligasse e comprometesse o decorrer do teste.

As varetas de controlo servem para ajudar a controlar a produção de vapor e a temperatura, neste sentido, o facto do reator estar a funcionar com menos varetas que o aconselhado provocou o descontrolo da produção de vapor e o aumento drástico e rápido da temperatura. Nesse momento, de acordo com o planeado, o teste continuou com o fecho das válvulas de vapor. A parte superior do reator perdeu grande parte da energia, em contrapartida na parte inferior, a temperatura começou a subir inesperadamente. Apercebendo-se da perda de controlo os operadores acionaram o botão de emergência que desliga por completo o reator, mas cinco segundos depois acontecem três grandes explosões seguidas (Gelino, Rey-Babarro, Siegler, Sood, & Verlinden, 2005).

Ramana (2006) questiona a segurança do reator RBMK e argumenta que o fluxo de arrefecimento apresentava falhas, levava à criação de bolhas de vapor que aceleravam o reator. As varetas de controlo características deste modelo foram também alvo de muitas críticas uma vez que eram constituídas por grafite, um material combustível que promoveu o aumento da temperatura dentro do reator. Os erros humanos foram alvo de

muita discussão, como a utilização de bombas de refrigeração em momentos críticos energeticamente, a redução da quantidade de varetas de controlo em funcionamento (com resposta do reator oposta ao pretendido) e o cancelamento do sistema de segurança automático, que poderia ter reduzido a escala do acidente (Gelino, Rey-Babarro, Siegler, Sood, & Verlinden, 2005).

Ainda hoje em dia é difícil contabilizar as consequências deste acidente na saúde das vítimas, desde o desenvolvimento de doenças respiratórias, cancros e até a gestação de malformações que continuam a afetar as gerações seguintes (Saenko, et al., 2011). A nível económico é complexo estimar tais consequências, não só dada a escala do acidente, mas também porque passados 30 anos ainda não há consenso ou respostas concretas das entidades competentes. Estima-se, no entanto, que entre tentativas de mitigar a exposição a materiais radioativos, políticas de controlo radioativo do ambiente e proteção social e cuidados médicos às vítimas, foram gastos mais de 13 mil milhões de dólares até 2003 (IAEA Division of Public Information, 2006).

3.3.3 Caso da explosão da plataforma petrolífera DeepWater Horizon

DeepWater Horizon era o nome da plataforma petrolífera, construída em 2001, que perfurava poços no solo marinho para extração de petróleo em águas profundas. Foi colocada no Golfo do México, a aproximadamente 79km da costa da cidade de Louisiana (E.U.A) para extrair petróleo do “Macondo”, nome dado a um reservatório natural de petróleo, altamente pressurizado, por baixo do solo marítimo (Safina, 2011).

No dia 20 de Abril de 2010 por volta das 21h deu-se o maior derrame de petróleo da história dos E.U.A (Hauge & Øien, 2012). Uma série de graves explosões ocorreram seguidas de um incêndio, que afundaram a plataforma petrolífera. Neste acidente 11 pessoas morreram, 17 ficaram gravemente feridas e 757 milhões de litros de petróleo jorraram de forma descontrolada no mar (Ramseur , 2010).

Após o acidente vários estudos foram realizados e todos reportam uma série de erros, decisões e omissões resultado de problemas técnicos e “*deficiências a nível organizacional e de gestão*” (Hauge & Øien, 2012, p. 2). No decorrer da perfuração do poço é necessário construir uma coluna de cimento para preencher o vazio entre a cobertura e a parede de rochas. Nesta altura a BP, empresa exploradora, utilizava uma mistura não convencional de cimento e nitrogénio (Ramseur , 2010). Uma das principais causas do acidente, a nível técnico, foi que esta coluna de cimento permitiu o fluxo do

reservatório para o exterior descontrolando a pressão dentro do mesmo (BP, 2010). Dado o comprometimento da coluna de cimento, a água do mar infiltrou-se no poço e a cobertura cedeu. A pressão no poço começou a subir descontroladamente e nesse momento o mecanismo de prevenção de explosões, cujo objetivo é impedir a libertação de gás e petróleo, falhou (Safina, 2011).

Carl Safina (2011) argumenta que quando a plataforma foi construída estava dotada de tecnologia de ponta, o que na altura permitiu perfurar o maior poço da história no Golfo do México. No entanto, em 2010, dado o desgaste da utilização e o fraco investimento na manutenção e inovação, havia uma falsa ilusão de segurança organizacional. Neste sentido o relatório realizado pela Comissão Nacional dos E.U.A apresentou algumas falhas técnicas, como a pouca precisão de instrumentos, falta de automatização na monitorização e falta de sensores de controlo (Chief Counsel, 2011).

Quanto a erros humanos vários problemas foram reportados. Por exemplo, foi relatado o facto da equipa ter interpretado incorretamente os sinais de pressão e ter assumido que o cimento estava em boas condições para selar o poço (BP, 2010). Além disso, anotam-se igualmente fatores de cultura organizacional que suportaram estas decisões como fraca liderança, falta de comunicação, informação e conhecimento e o foco exclusivo no lucro (Tinmannsvik, et al., 2011).

Summerhays (2011) concluiu que os regulamentos e avaliação nesta indústria devem ser melhorados de forma a garantir a segurança. Conclui serem necessárias leis e regulamentos para garantir a limpeza eficiente dos derrames associados à perfuração em águas profundas. Argumenta também que, previamente ao acidente, tanto a indústria como o governo falharam na prevenção, principalmente devido aos fracos investimentos em segurança. Várias medidas foram apontadas pelos estudos que continuam a ser avaliadas e postas em prática, como a definição de normas e regulamentos de qualidade precisos, alteração dos procedimentos (por exemplo construção de duas coberturas), medidas de controlo mais eficazes e precisas, utilização de técnicas eficazes na medição do risco e difusão do conhecimento para alertar os possíveis perigos (Tinmannsvik, et al., 2011).

3.4 Apresentação do quadro analítico

De forma a suportar teoricamente esta comparação foram usados dois paradigmas: o paradigma dos acidentes normais de Charles Perrow (Perrow, 1999) e *Man-made disasters* de Barry Turner (Turner, 1978). Com base nestes modelos, foi possível formular três questões-chave que permitem responder à questão de partida deste trabalho, *é possível definir quais os fatores que constituem as vulnerabilidades causadoras dos desastres em sistemas tecnológicos?*

As questões são:

1. Que vulnerabilidades podem afetar sistemas tecnológicos?

Com esta questão pretendo definir os tipos de vulnerabilidades que afetavam os sistemas tecnológicos, nomeadamente a sua natureza, contexto e conotação. O objetivo é perceber se se verifica a existência de um diagnóstico contraditório, tal como defendido por Bijker (2006), isto é, analisar que vulnerabilidades foram suprimidas pela criação do sistema, assim como identificar que novas vulnerabilidades foram introduzidas na Sociedade.

2. Como se caracterizam os sistemas tecnológicos?

Esta questão visa analisar e caracterizar os tipos de interações envolvidos; o impacto de interrupções temporárias; a flexibilidade do processo produtivo no que diz respeito à sua eficiência e a tolerância a erros e a desperdício de recursos.

3. Quais os principais fatores que descrevem a cultura organizacional de cada sistema tecnológico?

Utilizando como ponto de partida os fatores que levam ao acontecimento de desastres enumerados por Charles Perrow e Barry Turner, irei analisar as questões da falta de transparência, tomada de decisão, atribuição de responsabilidades, problemas de comunicação e informação e a ambiguidade das normas e procedimentos de trabalho.

3.5 Discussão

Antes da interpretação dos dados, afigura-se relevante relembrar a terminologia utilizada no nosso problema de pesquisa. Um sistema é definido pelo conjunto de tarefas que cumprem um determinado objetivo. Falhas de sistema são erros decorrentes da tecnologia utilizada. Por outro lado, erros humanos são todos os problemas fruto da tomada de decisão e ação das pessoas intervenientes no sistema.

Que vulnerabilidades podem afetar sistemas tecnológicos?

A) Desastre da barragem de St Francis

Na altura da construção da barragem de St. Francis, exatamente antes da grande recessão económica que assombrou os E.U.A., verificava-se ainda um investimento nas grandes obras públicas. Para além da construção da barragem, poucos anos antes, o mesmo arquiteto construiu, em Los Angeles, aquele que na altura foi considerado como o maior aqueduto do mundo. Estas obras públicas estavam concessionadas a empresas privadas, sendo que só no início dos anos 20 começaram a ficar à responsabilidade do Estado.

Nesta altura deu-se um grande crescimento da população na zona da cidade de Los Angeles, que sofria graves deficiências na distribuição de água provocadas pelas condições geográficas e climatéricas. Neste sentido, a barragem foi o objeto tecnológico desenvolvido para fazer face à falta de água, vital para o consumo, para a indústria e sistemas de irrigação e também para o controlo de cheias e inundações através do controlo do caudal.

No entanto, a implantação deste objeto tecnológico, para resolver uma vulnerabilidade crítica, gerou outras vulnerabilidades, fenómeno estudado na secção 4.2 da revisão da literatura, e de acordo com as teorias sociológicas das vulnerabilidades. As cidades próximas da barragem ficaram então expostas aos riscos de inundação, provocado pelo possível cenário do desmoronamento da mesma, e ambientais, alterando a fauna e flora local. Tendo em conta o conceito híbrido de vulnerabilidades, ambas podem ser consideradas como técnicas, resultado da concretização do objeto tecnológico no contexto social, económico e político que caracterizou os E.U.A nos anos 20 e, neste caso, com uma conotação negativa uma vez que estas não promoveram nenhum progresso ou vantagem evolutiva.

B) Desastre de Chernobyl

Em relação ao segundo desastre, a explosão do reator na central nuclear de Chernobyl, apesar das décadas de 50 e 60 terem sido das mais estáveis para a URSS, enfrentava necessidades de consumo energético cada vez maiores tendo em conta o crescimento da população e da indústria. Os E.U.A. e a URSS, duas grandes potências mundiais, começaram a produzir energia nuclear como forma de explorar novas energias comparativamente mais baratas. A URSS tinha alguns problemas de escassez de petróleo e gás, que preferiam reservar para situações críticas. Quanto ao carvão, apesar de naturalmente possuírem esta matéria prima, a sua extração era limitada uma vez que se

encontrava concentrada em localizações remotas, que dificultavam o seu transporte e armazenamento. Assim, para além da produção de energia nuclear aparentar ser economicamente vantajosa com possibilidade de exportação, era necessário garantir os níveis de produção de energia, situação que promoveu a produção deste tipo de energia. A central nuclear resulta então do objetivo de superar a vulnerabilidade da escassez energética, no entanto, levou a que a cidade de Chernobyl ficasse exposta aos riscos associados à libertação de lixo tóxico, nomeadamente os efeitos da radioatividade. Esta é uma vulnerabilidade técnica, inserida num contexto de colapso económico e mudanças político-sociais que marcaram a década dos anos 80, com conotação exclusivamente negativa. Os riscos associados à radioatividade libertada tiveram um forte impacto local e global afetando a Ucrânia e países próximos e que perduraram no tempo tendo consequências nas gerações futuras.

C) Desastre da DeepWater Horizon

A extração de petróleo é uma atividade que promove o desenvolvimento local, mas sobretudo é uma necessidade de nível global, servindo de matéria prima em atividades como a produção de combustível, energia e a construção de estradas. A plataforma petrolífera DeepWater Horizon deve ser analisada numa caracterização diferente dos casos anteriores, uma vez que, para além de surgir de necessidades globais, apresenta também riscos globais de acordo com a evolução da sociologia do risco.

A extração de petróleo permitiu suprimir vulnerabilidades associadas à produção de energia, no entanto tornou o mundo mais vulnerável a desastres económicos e políticos, uma vez que dada a escassez desta matéria prima, é muito valiosa e apenas acessível por um número limitado de entidades. Criou também vulnerabilidades naturais e sociais resultado da hipótese de derrames e conseqüente alteração do meio ambiente e sociedades. São, portanto, vulnerabilidades técnicas (resultado do processo tecnológico da extração de petróleo) e de conotação negativa, que se sente a nível global e perdura no tempo de forma prolongada.

Como se caracterizam os sistemas tecnológicos?

A) Desastre da barragem de St Francis

A dimensão do sistema não é o fator mais importante para a sua caracterização, mas sim o tipo de interações que nele acontecem. De acordo com o apresentado na secção 5.1 da revisão da literatura, o comportamento dos sistemas depende da quantidade e dos tipos

de interações ao longo da cadeia produtiva, sendo estes muito uteis na explicação e compreensão dos desastres.

O sistema da construção da barragem de St. Francis é dotado tanto de interações lineares como de interações altamente acopladas. Um projeto de construção civil exige um processo produtivo sequencial e cujas tarefas são distintas, mas dependentes no tempo e no espaço. No entanto, existem também interações não sequenciais, resultado de eventos imprevisíveis que surgem da combinação de eventos internos com o ambiente exterior, como por exemplo o caso das fendas que foram provocadas pelo desnivelamento no solo (elemento exterior) e das fracas fundações da barragem (elemento interior).

B) Desastre de Chernobyl

Uma central de energia nuclear é um sistema extremamente complexo com interações acopladas que existem não só em quantidade, mas também em intensidade. Todo o processo resulta da constante interação dos diferentes componentes: de uma forma simplificada, a produção de eletricidade começa com o choque de um neutrão com um átomo, que gera uma cadeia de choques e provoca o aumento da temperatura dentro do reator. As altas temperaturas aquecem a água que passa junto do reator e que, através do fluxo de arrefecimento gera vapor, movendo as turbinas e alimentando um gerador elétrico. Todos estes eventos acontecem em simultâneo e num processo contínuo de causa-efeito, pelo que não existe separação física e temporal, o que justifica que estas interações sejam consideradas como acopladas.

C) Desastre da DeepWater Horizon

Numa explicação simples, uma plataforma petrolífera funciona da seguinte forma: a perfuração é feita através de uma sonda, uma broca e coluna de perfuração. Estes três componentes vão perfurando as rochas, com ajuda de um líquido que facilita o processo. Em simultâneo, um tubo de aço é colocado e cimentado para suportar a pressão feita pelas rochas, para que não haja despressurização do gás. Após este processo estar concluído, dentro do tubo de aço é colocado um tubo mais fino que permitirá a extração de petróleo da bacia. Este sistema é considerado complexo uma vez que o processo produtivo está sujeito a vários eventos internos e externos, cujas interações acontecem em grande escala e em simultâneo. Por exemplo, é necessário controlar o sistema de perfuração de acordo com a pressão exercida pelas rochas no tubo, bem como a pressão exercida pelo gás no poço de petróleo.

Em suma, a construção da barragem de St. Francis, o teste elétrico na central nuclear de Chernobyl e a perfuração do Macondo, são sistemas cujos produtos finais são extremamente complexos e com elevados custos associados. Neste sentido exigem um processo produtivo altamente eficiente que se traduz numa flexibilidade reduzida, não sendo possível fazer alterações a um determinado componente sem comprometer o bom funcionamento do sistema. Nestes casos, a manutenção é igualmente um desafio, pois na maioria das vezes implica a paralisação, ainda que temporária, do mesmo. Para garantir esta elevada eficiência, é obrigatória uma seleção e aplicação precisa dos recursos necessários, como é o caso da qualidade do cimento na construção da barragem; o urânio no caso da central nuclear e o líquido da broca no caso da perfuração de poços petrolíferos. Por fim, a elevada complexidade leva a que exista pouca tolerância no desperdício de recursos e na existência de falhas, já que as várias interações acontecem de forma tão acoplada, que todas as falhas e desperdícios têm de ser evitados ao máximo, tanto na fase de desenho como durante a operação do sistema, sob perigo de graves consequências.

Quais os principais fatores que descrevem a cultura organizacional de cada sistema tecnológico?

Charles Perrow (Perrow, 1999) e Barry Turner (Turner, 1978) listam uma série de fatores que, resultado da sua investigação que envolveu a comparação de diversos desastres, concluem serem as principais causas dos desastres em sistemas tecnológicos, das quais destaco a ambiguidade e os problemas de comunicação, que irei discutir através da comparação dos três acidentes em estudo. Para simplificar esta discussão irei basear-me na terminologia caracterizadora das falhas: falha de sistema e erro humano.

A) Desastre da barragem de St Francis

Quanto ao caso da barragem de St. Francis a principal falha de sistema, que está intrinsecamente relacionada com erros humanos, e que é considerado uma das principais causas do desastre, é o teste geológico realizado para escolha do local de construção. As técnicas e tecnologias de engenharia civil utilizadas na altura para a realização de testes geológicos falharam na identificação de problemas graves como a caracterização do solo e a identificação de falhas geológicas. Estas técnicas e tecnologias levaram Mullholand, primeiro responsável sobre o teste, a concluir erradamente sobre as condições do solo.

No que diz respeito a erros humanos, é possível identificar as alterações feitas na estrutura após a construção que não foram correctamente planeadas e testadas e que, pelo facto de existir uma má gestão e atribuição de responsabilidades levou a que a estrutura cedesse.

Por outro lado, apesar do aparecimento de fendas ter sido um processo contínuo e que ocorreu ao longo do tempo (anos), estas foram sendo subestimadas e ignoradas, sendo não só interpretadas como uma consequência normal, como também, pelo facto de não existir uma política de responsabilização eficaz, promoveu o descuido e falta de atenção. A falta de transparência também é um fator identificável à priori, como é o caso do teste geológico e das alterações após construção, que foram sustentados por uma falsa sensação de segurança. O facto do engenheiro chefe ter uma grande experiência neste tipo de obras e ser considerado um engenheiro de renome levou a que as suas decisões não fossem questionadas pelos outros colegas envolvidos e promoveu um poder de decisão muito centralizado. Na verdade, o engenheiro Mullholand não só era a pessoa responsável pela obra como a única pessoa com poder de decisão em todo o sistema. Todos estes factores em conjunto com a quantidade de erros ocorridos permitem-nos concluir que existiram grandes ambiguidades no que diz respeito à gestão e controlo da qualidade, nomeadamente da identificação de fendas, e graves desajustes nas normas e procedimentos de trabalho e segurança.

B) Desastre de Chernobyl

Relativamente ao caso de Chernobyl, as principais falhas de sistema identificadas estão relacionadas com os defeitos do reator número quatro, nomeadamente o facto do sistema de refrigeração não funcionar corretamente, criando bolhas de vapor que destabilizaram o reator e o facto das varetas de controlo possuírem, na sua composição, materiais inflamáveis que promoveram um aumento de temperatura descontrolado. No que diz respeito aos erros humanos, a primeira falha identificável está relacionada com o mau planeamento do teste, que foi realizado de forma muito simplificada e linear, não tendo em consideração a complexidade do sistema, as interações imprevisíveis que ocorriam constantemente e não equacionou os possíveis resultados de testar um reator em funcionamento. A pressão da gestão de topo para que o teste fosse realizado necessariamente antes do encerramento anual de manutenção prova um poder de decisão muito centralizado, longe do processo produtivo, o que promoveu desajustes nas normas de segurança e protocolos de funcionamento. Quanto aos operadores, estes tinham uma

clara falta de conhecimento técnico sobre o funcionamento do reator. A divisão de tarefas era simples e objetiva, no qual cada operador sabia precisamente quais as suas tarefas, no entanto não existia uma avaliação crítica para tentar perceber a razão pelo qual as mesmas tinham que ser executadas, nem como o impacto que estas tinham no funcionamento geral do reator. Outro problema identificado foi o excesso de confiança aliado à longa experiência que vários operadores tinham em desempenhar estas mesmas tarefas que gerou uma falsa sensação de segurança. Por fim, a decisão de se ter desligado o sistema da central de arrefecimento, por se acreditar que teria uma influência negativa no teste, contribuiu para o aumento da escala do acidente, o que comprova que não existia conhecimento suficiente de como o sistema funcionava.

C) Desastre da DeepWater Horizon

Quanto ao desastre da plataforma petrolífera DeepWater Horizon, existem denúncias reportadas sobre falhas técnicas que influenciaram os acontecimentos: dada a exigência e o nível de perigo associados a esta atividade, a plataforma deveria ter recebido atualizações e estar alinhada com o desenvolvimento tecnológico que acontecia na altura. Quando foi construída, em 2001, foram utilizados os melhores componentes tecnológicos disponíveis, no entanto, no momento do acidente, em 2010, estes componentes já estavam desatualizados e existiam soluções mais seguras no mercado. Esta situação ficou comprovada, quando o mecanismo de prevenção de explosões falhou completamente, tendo sido incapaz de controlar os danos e prejuízos causados.

No que diz respeito aos erros humanos, a principal falha que se pode identificar está relacionada com o facto de se não se ter utilizado a cobertura de proteção enquanto o cimento ainda não se encontrava completamente seco. Conclui-se sobre uma tomada de decisão obviamente centralizada, no qual apesar da equipa ser composta por dezenas de homens apenas uma pessoa tinha a capacidade de decidir sobre um dos principais momentos de risco da operação: retirar a cobertura de proteção ao mesmo tempo que se fecha a cobertura do poço. No mesmo contexto, é notório o desajuste das normas, procedimentos e os problemas de comunicação entre a equipa responsável pela instalação do cimento, a equipa responsável por retirar a cobertura de proteção e os operadores responsáveis por selar a cobertura.

Em suma, todos estes desastres tiveram como principais causas comuns uma gestão demasiado centralizada, no qual o poder de decisão residia apenas numa pessoa; uma grava falta de conhecimento por parte dos operadores sobre o funcionamento geral do sistema e graves falhas de comunicação entre todas as partes envolvidas no funcionamento e gestão do mesmo.

3.6 Conclusões e resposta à pergunta de partida

Com a realização deste trabalho, nomeadamente com o estudo da Sociologia do Risco, foi possível perceber que o conceito de risco e a forma como é percecionado foi variando ao longo do tempo. Se antes o risco era resultado de vontades divinas, ou percecionado apenas na sua vertente quantitativa, no século XX devido ao estabelecimento da Sociedade Industrial e ao surgimento de correntes como a de Ulrich Beck, houve uma aceitação de que os riscos são as consequências negativas inerentes ao processo de modernização. Dado o complexo processo de globalização, também os riscos se tornaram globais e transversais às sociedades.

Os desastres acompanham a evolução sociológica do risco particularmente no que diz respeito à amplitude dos mesmos: antes os riscos eram percecionados como locais e um exemplo é o caso estudado sobre a barragem de St. Francis, cuja construção surgiu de uma necessidade local e as consequências do seu desmoronamento foram também sentidas principalmente a nível local. Por outro lado, no caso estudado sobre a central nuclear de Chernobyl, a sua construção resultou de uma necessidade local, no entanto as consequências deste desastre foram globais uma vez que afetaram vários países Europeus, afetando todas as classes sociais, com impactos na saúde e no meio ambiente que perduram até aos dias de hoje, afetando inclusivamente as gerações futuras. Por fim, o consumo de petróleo e a necessidade da sua extração resultam de necessidades energéticas globais, sendo as consequências do desastre da plataforma petrolífera DeepWater Horizon globais e catastróficas. Dada a natureza das consequências deste desastre, em particular dos impactos económicos e ambientais, concluímos que provocou danos catastróficos que são dificilmente reversíveis e com consequências que irão perdurar no tempo e no espaço.

Como abordado neste trabalho, as vulnerabilidades podem ser classificadas quanto à sua natureza, podendo ser técnicas, naturais ou ataques terroristas. Nos desastres estudados,

todas as vulnerabilidades referidas caracterizam-se por resultarem da aplicação de diferentes tecnologias e por isso são classificadas como técnicas. Quanto à sua conotação, estas vulnerabilidades, que afetaram os sistemas complexos altamente acoplados, têm uma conotação exclusivamente negativa, dada o resultado catastrófico de uma falha e a sua inflexibilidade para lidar com situações críticas. No entanto, como Charles Perrow argumentou, por vezes as vulnerabilidades têm uma conotação positiva nos casos em que estas promovem a aprendizagem e adaptação da sociedade. Nos casos estudados, esta aprendizagem apenas ocorreu depois dos desastres, apenas permitindo delinear ações de prevenção para melhorar e evitar que tais situações se voltem a repetir em sistemas semelhantes.

Todos os desastres em estudo resultaram de uma combinação muito peculiar de falhas técnicas e erros humanos e do conflito entre as características destes sistemas com os problemas de cultura organizacional. Neste trabalho, de forma a identificarmos os fatores que influenciaram os desastres utilizámos o método de comparação, no qual após uma análise descritiva do contexto social, económico, político e geográfico, o foco foi comparar fatores que fossem transversais a estes contextos de forma a encontrar problemas e padrões comuns que podem afetar qualquer sistema tecnológico complexo.

Respondendo à questão de partida deste trabalho *é possível definir quais os fatores que constituem as vulnerabilidades causadoras dos desastres em sistemas tecnológicos?*, concluímos que a resposta não é trivial. Por um lado, com o estudo de vários desastres, é possível identificar problemas comuns e definir fatores padrão que permitem mitigar vulnerabilidades causadoras dos desastres. No entanto, como Charles Perrow defende, é impossível prever e antecipar todas as vulnerabilidades possíveis de ocorrerem neste tipo de sistemas, dada a sua complexidade e elevada quantidade de interações internas e externas. Assim, trabalhos semelhantes a este são importantes para a identificação destes padrões e para permitir a elaboração de planos de prevenção de desastres.

Ao estudarmos os três desastres identificámos um conjunto de fatores padrão, que de acordo com o paradigma de Barry Turner, ocorreram durante o período de incubação. Esta é a fase mais importante do desenvolvimento de um desastre, uma vez que é quando ocorrem erros que se vão acumulando de forma impercetível levando eventualmente ao acidente.

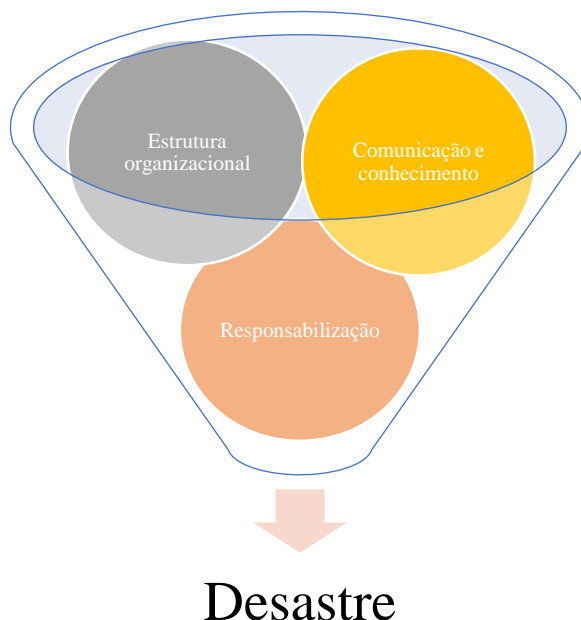


Figura 1: Fatores que originam acidentes

Estes fatores podem ser agrupados em três categorias, tal como apresentadas na figura anterior:

- Estrutura organizacional – desajustes das normas e procedimentos de trabalho; decisão demasiado centralizada; má distribuição de tarefas; pressão exagerada para alcançar objetivos; falta de investimento nos recursos humanos, tecnologia e técnicas aplicadas.
- Comunicação e conhecimento – falta de informação e problemas de comunicação entre as diferentes partes envolvidas; excesso de intuição; falta de conhecimento técnico.
- Responsabilização – problemas de apuramento de responsabilidade; normalização do erro; falta de transparência.

Dados os fatores padrão identificados, propomos as seguintes medidas de prevenção: definição de procedimentos de trabalho, que estejam sempre atualizados e a que todos os colaboradores tenham acesso, promovendo assim uma única forma de trabalhar; poder de

decisão distribuído e partilhado de acordo com a distribuição de tarefas; definição de objetivos realistas e exequíveis; constante investimento na formação dos recursos humanos, investimento na atualização das tecnologias usadas e avaliação constante das técnicas aplicadas. A aplicação destas medidas, que se enquadram na categoria “estrutura organizacional”, promove a mitigação dos fatores identificados no parágrafo anterior relativamente às categorias “comunicação e conhecimento” e “responsabilização”, levando assim ao combate das vulnerabilidades causadoras de desastres.

3.7 Trabalhos futuros

Se por um lado foi possível neste trabalho, com alguma restrição, identificarem-se fatores comuns em desastres que ocorreram em momentos temporais distintos e em sectores diferentes, por outro lado seria interessante estudar se nas sociedades contemporâneas estes fatores estão a ser tidos em conta nos planos de prevenção de situações críticas.

Assim, uma sugestão para um trabalho futuro é analisar casos reais, de forma a perceber se existem políticas e procedimentos de gestão de situações críticas e como é que estas entidades planeiam, testam e partilham este conhecimento com toda a organização.

Outra sugestão para um trabalho futuro é analisar de que forma as comunidades vítimas de desastres percecionam atualmente as vulnerabilidades em sistemas com propósitos similares e se adaptam convivendo com o risco. Por exemplo, de que forma a população da Europa do Leste perceciona a eventual implementação de sistemas de produção de energia com riscos semelhantes a uma central nuclear.

IV. Bibliografia

- American Society of Civil Engineers, C. o. (1929). *Essential facts concerning the failure of the St. Francis Dam*. Proceedings of the ASCE 55: 2147–2163.
- Areosa, J. (2012). O contributo das ciências sociais para a análise de acidentes maiores: dois modelos em confronto. *Análise Social*, 204, XLVII (3.ª), 559-584.
- Arnoldi, J. (2009). *Risk*. Cambridge: Polity Press.
- Barnes, B. (1974). *Scientific Knowledge and Sociological Theory*. London; Boston: Routledge and K. Paul.
- Barnes, B. (1982). *T.S. Kuhn and Social Science*. London: The Macmillan Press, LTD.
- Beck, U. (1992). *Risk Society: Towards a New Modernity (English translation)*. London: SAGE Publications.
- Beck, U. (1999). *World risk society*. Cambridge: Polity Press.
- Beck, U. (2009). *World at Risk*. Cambridge Polity Press.
- Begnudelli, L., & Sanders, B. (2007). Simulation of the St. Francis Dam-Break Flood. *Journal of Engineering Mechanics*, 1200-1212.
- Bekkers, V., & Thaens, M. (2005). Interconnected networks and the governance of risk risk and trust. *Information Polity* 10 (1-2), 37-48.
- Bhatt, M., & Twigg, J. (1998). *Understanding vulnerability: South Asian perspectives*. London: Intermediate Technology Publications.
- Bijker. (2006). The Vulnerability of Technological Culture. Em H. Nowotny, *Cultures of Technology and the Quest for Innovation* (pp. 52-69). Nova York: Berghahn Books.
- Bijker, E. W., & Pinch, T. J. (1984). The social construction of facts and artefacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other. *Social Studies of Science*, (14) 399-441.
- Bijker, W. (2006). The Vulnerability of Technological Culture. Em H. Nowotny, *Cultures of Technology and the Quest for Innovation* (pp. 52-69). Nova York: Berghahn Books.
- Bijker, W. E. (2006). Cultures of technology and the quest for innovation. Em *The vulnerability of technological culture* (pp. 52-69). Londres: Berghahn Books.
- Bijker, W. E. (2010). How is technology made? That is the question! *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 63-76.
- Bijker, W., Hommels, A., & Mesman, J. (2014). Studying Vulnerability in Technological Cultures. Em W. (Ed.) Bijker, A. Hommels, & J. Mesman, *Vulnerability in Technological Cultures* (pp. 1-25). Londres: The MIT Press.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., & Wisner, B. (1994). *At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. London: Routledge.

- Bloor, D. (1991). *Knowledge and Social Imagery (Second Ed.)*. Chicago: The University of Chicago Press.
- BP. (2010). *Deepwater Horizon, Accident Investigation Report*. London.
- Buch, T. (1999). *Sistemas Tecnológicos: Contribuciones a una Teoría General de la Artificialidad*. Aique.
- Callon, M., Lascoumes, P., & Barthe, Y. (2009). *Acting in an Uncertain World: An Essay on Technical Democracy (Translated by Graham Burchell)*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Chief Counsel. (2011). *National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling: Macondo the Gulf Oil Disaster*. United States of America.
- Collins, H. M. (1981). Stages in the Empirical Programme of Relativism. *Social Studies of Science (SAGE) vol.11*, 3-10.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, II: 147-162.
- Douglas, M., & Wildavsky, A. (1883). *Risk and Culture: An Essay on the selection of Technological and Environmental Dangers*. London: University of California Press, Ltd.
- Ellul, J. (1980). *The Technological System (translated from French by Joachim Neugroschel)*. Eugene, Oregon: Wipf & Stock.
- Fischer, H. W. (1998). *Response to Disaster: Fact Versus Fiction & Its Perpetuation. The Sociology Of Disaster (Second Ed.)*. New York: University Press of America, Inc.
- Friedman, M. (1998). On the Sociology of Scientific Knowledge. *Stud. Hist. Phil. Sci., Vol. 29, No. 2*, 239–271.
- Furedi, F. (2009). Precautionary Culture and the Rise of Possibilistic Risk Assessment. *Erasmus Law Review, Vol. 2, Nº 2*, 197-220.
- Gelino, N., Rey-Babarro, M., Siegler, M., Sood, D., & Verlinden, C. (2005). *An Accident Investigation Report. IOE491, Human Error and Complex System Failures*.
- Geller, E. S. (1994). Ten Principles for Achieving a Total Safety Culture. *Professional Safety*, 18-24.
- Glendon, A. I., & Stanton, N. A. (2000). Perspectives on safety culture. *Safety Science*, 34, 193-214.
- Guldenmund, F. W. (2000). The nature of safety culture: a review of theory and research. *Safety Science*, 34, 215-257.
- Hauge, S., & Øien, K. (2012). Deepwater Horizon: Lessons learned for the Norwegian Petroleum Industry with focus on Technical Aspects. *Chemical Engineering Transactions (26)*, 621-626.
- Hommels, A., Mesman, J., & Bijker, W. (2014). *Vulnerabilities in Technological Cultures: New Directions in Research and Governance*. Massachusetts: The MIT Press.

- IAEA Division of Public Information. (2006). *Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, Governments of Belarus*. The Chernobyl Forum: 2003–2005 (Second revised version) .
- Janczura, R. (2012). Risco ou vulnerabilidade social? *Textos & Contextos (Porto Alegre)*, v.12, n.2 301-308.
- Jerónimo, H. M. (2010). *Queimar a Incerteza: Poder e ambiente no conflito da co-incineração de resíduos industriais perigosos*. Lisboa: Imprensa de Ciências Sociais.
- Karsenti, B. (2013). *D'une philosophie à l'autre. Les sciences sociales et la politique des modernes*. Paris: Gallimard.
- Kortov, V., & Ustyantsev, Y. (2013). Chernobyl accident: Causes, consequences and problems of radiation. *Radiation Measurements* 55, 12-16.
- Krause, M. (2016). Comparative Research: Beyond Linear-causal Explanation. Em J. Deville, M. Guggenheim, & Z. Hrdlicková, *Practising Comparison: Logics, Relations, Collaborations* (pp. 45-67). Manchester: Mattering Press.
- Lee, T. R. (1996). Perceptions, attitudes and behaviour: the vital elements of a safety culture. *Health and Safety*, 1-15.
- Lupton, D. (1999). *Risk*. London: Routledge.
- McEntire, D. A., Fuller, C., Johnston, C. W., & Weber, R. (2002). A Comparison of Disaster Paradigms: The Search for a Holistic Policy Guide. *Public Administration Review*, Vol. 62, Nº 3, 267-281.
- Mendes, J. M. (2015). *Sociologia do Risco. Uma breve introdução e algumas lições*. Coimbra: Imprensa da Univeridade de Coimbra.
- Merton, R., & Nisbet, R. (1961). *Contemporary Social Problems*. New York: Harcourt.
- Mulkay, M. J. (1979). Knowledge and utility: Implications for the sociology of. *Social Studies of Science*, 9: 63-80.
- OCDE. (2007). *Innovation and Growth: Rationale for an Innovation Strategy*. OECD Publishing.
- Pennings, P., Keman, H., & Kleinnijenhuis, J. (2006). The Comparative Approach: Teory and Method. Em P. Pennings, H. Keman, & J. Kleinnijenhuis, *Doing Research in Political Science: An Introduction to Comparative Methods and Statistics (Second Ed.)* (pp. 18-29). London: SAGE Publications.
- Perrow, C. (1999). *Normal accidents: Living with high-risk technologies (Revised Ed.)*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Perrow, C. (2007). *The next catastrophe: Reducing our vulnerabilities to natural, industrial and terrorist disasters*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Petroski, H. (2004). St. Francis Dam. *American Scientist*, Vol. 91, 114-118.
- Pickvance, C. G. (2001). Four varieties of comparative analysis. *Journal of Housing and the Built Environment* Vol. 16, No. 1, *The methodological challenge to comparative research* , 7-28.

- Pidgeon, N. (1991). Safety culture and risk management in organizations. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, (22) 1, 129-140.
- Quartz, J. (2011). *Constructing agrarian alternatives: How a creative dissent project engages with the vulnerable livelihood conditions of marginal farmers in South India*. Ph. D. dissertation. Maastricht, Netherlands: Maastricht University.
- Ramana, M. V. (2006). Twenty Years after Chernobyl: Debates and Lessons. *Economic and Political Weekly Vol. 41, No. 18*, 1743-1747.
- Ramey, K. (12 de Novembro de 2012). *Technology and Society - Impact of Technology on Society*. Obtido de Use of Technology: <https://www.useoftechnology.com/technology-society-impact-technology-society/>
- Ramseur, J. L. (2010). Deepwater Horizon Oil Spill: The Fate of the Oil. *Deepwater Horizon Oil Spill: The Fate of the Oil* (pp. 1-17). Congressional Research Service.
- Ribeiro, L. J. (2011). A Relevância do Princípio da Precaução numa Política Integrada para o Mar. *Nação e Defesa, Nº 128 5ª série*, 125-158.
- Rogers, J. D. (2006). Lessons Learned from the St. Francis Dam Failure. *American Society of Civil Engineers (ASCE)*, 14-17.
- Saenko, V., Ivanov, V., Tsyb, A., Bogdanova, T., Tronko, M., Demidchik, M., & Yamashita, S. (2011). The Chernobyl Accident and its Consequences. *Clinical Oncology 23*, 234-243.
- Safina, C. (2011). Disaster Chain. Em C. Safina, *A Sea in Flames: The DeepWater Horizon Oil Blowout* (pp. 1-57). New York: Crown Publishers.
- Schumpeter, J. A. (1975). Creative Destruction. Em J. A. Schumpeter, *Capitalism, Socialism and Democracy* (pp. 82-85). New York: Harper.
- Summerhayes, C. (2011). Deep Water – The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling. *Subsea Control and data Acquisition 2010*, pp. 113-115.
- Tiles, M., & Oberdiek, H. (1995). *Living in a Technological Culture: Human Tools and Human Values*. London: Routledge.
- Tinmannsvik, R., Albrechtsen, E., Bråtveit, M., Carlsen, I., Fylling, I., Hauge, S., Øien, K. (2011). *The Deepwater Horizon accident: Causes, learning points and recommendations for the Norwegian continental shelf*. Norway: SINTEF.
- Turner, B. (1978). *Man-Made Disasters*. Londres: Mykeham Science Press.
- Waring, A., & Glendon, A. I. (2005). *Managing Risk: Critical issues for survival and success into the 21st century*. London: Thomson Learning.
- Wiley, A., Louderback, G., Ransome, L., Bonner, E., Corey, H., & Fowler, F. (1928). *Rep. of the Commission Appointed by Governor C.C. Young to Investigate the Causes Leading to the Failure of the St. Francis Dam near Saugus, California*. Sacramento, California: California State Printing Office.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters (Second Ed.)*. London: Routledge.

