

Jean-Christophe Le Coze

# TRINTA ANOS DE ACIDENTES

A nova face dos riscos sociotecnológicos

**Blucher**

An abstract, cubist-style illustration of a human figure, possibly a woman, rendered in shades of green, blue, and brown. The figure is composed of overlapping, flowing, ribbon-like shapes that swirl around her, creating a sense of movement and complexity. The background is white, and the overall style is reminiscent of mid-20th-century modernist art.



Trinta anos de acidentes:  
a nova face dos riscos  
sociotecnológicos

**Blucher**

# Trinta anos de acidentes: a nova face dos riscos sociotecnológicos

Jean-Christophe Le Coze

*Tradução*

Artur Tàpia

Título original: *Trente ans d'accidents: le nouveau visage des risques sociotechnologiques*

*Trinta anos de acidentes: a nova face dos riscos sociotecnológicos*

© 2016 Jean-Christophe Le Coze, Octarès Éditions

© 2023 ASAS

Coordenação editorial Andressa Lira

Produção editorial Luana Negraes

Preparação de texto Maurício Katayama

Diagramação Negrito Produção Editorial

Capa Leandro Cunha

Imagem da capa [Sem título], de Márcia Elizabéte Schüler

Venda proibida.

A versão digital deste livro está disponível para download gratuito na biblioteca virtual do Fórum Acidentes do Trabalho, em <https://www.forumat.net.br/fat/biblioteca>.

# Blucher

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

04531-934 – São Paulo – SP – Brasil

Tel.: 55 11 3078-5366

**contato@blucher.com.br**

**www.blucher.com.br**

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme 6. ed.  
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,  
Academia Brasileira de Letras, julho de 2021.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer  
meios sem autorização escrita da editora.

Le Coze, Jean-Christophe

Trinta anos de acidentes : a nova face dos riscos socio-  
tecnológicos / Jean-Christophe Le Coze ; tradução de Artur  
Tàpia. – São Paulo : Blucher ; ASAS, 2023.

364 p. ; il.

Bibliografia

ISBN 978-85-212-2119-7

Título original: *Trente ans d'accidents: le nouveau visage  
des risques sociotechnologiques*

1. Acidentes de trabalho 2. Segurança do trabalho  
3. Indústrias – Medidas de segurança 4. Indústrias – Desas-  
tres I. Título. II. Tàpia, Artur.

CDD 363.11

Todos os direitos reservados pela Editora  
Edgard Blücher Ltda.

Índice para catálogo sistemático:

1. Acidentes de trabalho

*Para Emma, Jude e Scarlett...*





# Conteúdo

Agradecimentos .....	11
Agradecimentos da ASAS .....	13
Prefácio à edição brasileira .....	15
Lista de siglas e abreviações .....	19
Introdução .....	21
1984, a tese de Charles Perrow .....	21
Nova onda de acidentes: uma sensação de <i>déjà-vu</i> ? .....	22
Uma obra interdisciplinar .....	24
Continuando e revisitando o legado da pesquisa em segurança industrial .....	26
Notas .....	28
Guia de leitura .....	31
Uma obra na interface da pesquisa e da indústria .....	31
Resumo dos capítulos .....	32
Notas .....	37
1. O sociotecnológico, um exemplo de acidente .....	39
Elementos teóricos e metodológicos .....	40
Um acidente “sistêmico” .....	43
Dinâmica e mudanças .....	48

Em resumo .....	53
Notas.....	53
2. Disciplinas e indisciplina.....	55
Múltiplas contribuições para a segurança industrial .....	56
Quatro categorias: instalação, cognição, organização, regulação.....	62
Regulação .....	68
Organização.....	75
Cognição .....	84
Instalação.....	89
A necessidade de um olhar multidisciplinar e interdisciplinar.....	93
Em resumo .....	97
Notas.....	98
3. Complexidade, a “palavra do século”.....	105
Complexidade, uma introdução.....	105
A complexidade no centro do debate sobre os acidentes tecnológicos maiores.....	108
A complexidade segundo Edgar Morin.....	114
“Complexidade geral” versus “complexidade restrita”.....	121
Ideias-chave do pensamento complexo .....	126
O valor do pensamento complexo para a segurança industrial.....	138
Em resumo .....	146
Notas.....	147
4. Convergência e religação.....	155
Uma ferramenta cartográfica .....	157
Uma estratégia de religação ou convergência .....	160
A construção da segurança, um tema transversal.....	163
Em resumo .....	174
Notas.....	175
5. Revisitando os modelos de segurança: complexidade, redes e construtivismo .....	179
Modelos de segurança.....	181

O que é um modelo?.....	195
Dois novos modelos .....	208
Primeiro modelo: modelo sistêmico e dinâmico de construção da segurança (MSDCS).....	210
Segundo modelo: sistema sociotecnológico modificado (SSTM).....	230
Em resumo .....	235
Notas.....	236
 6. Uso do modelo .....	 241
Modelos e campo .....	241
Escolha e contexto da ilustração .....	253
Discussão .....	270
Em resumo .....	283
Notas.....	284
 7. O acidente “normal” na era das redes .....	 287
Da sociedade industrial à sociedade pós-industrial .....	288
Da sociedade pós-industrial à sociedade informacional .....	291
A empresa em rede .....	293
O caso da BP.....	300
A multiplicação de entidades.....	314
Um novo “ar familiar” .....	320
Reformulando a tese do acidente normal.....	324
Notas.....	326
 Conclusão.....	 329
 Referências.....	 333



# Agradecimentos

Este livro é fruto de estudos e pesquisas realizados nos últimos dez anos em um ambiente de encontros, recursos e tempo favoráveis à sua gênese e escrita. Isso significa necessariamente muita gente e muitos agradecimentos. Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (Ineris), por ter-me oferecido um meio propício ao amadurecimento dessas ideias e a oportunidade de múltiplas experiências. As circunstâncias certas se deram para embarcar nessa aventura: grande proximidade com a realidade industrial associada à boas condições de pesquisa, sem limitações de área acadêmica. Penso, no passado, em Olivier Salvi, Didier Gaston e também Claude Bonnet, assim como Bruno Debray e, ainda hoje, em Sylvain Chaumette, Patricia Rotureau e Franck Prats. Gostaria de agradecer a Ludovic Moulin por todas as trocas e discussões sobre as questões abordadas nesta obra. Seu apoio e entusiasmo por esse projeto foram totais.

No campo da pesquisa, muitas pessoas deveriam ser incluídas nesses agradecimentos, a começar pela banca da minha tese de doutorado, que soube fazer a crítica do meu esforço inicial de conceituação tão positiva quanto incisivamente: Mathilde Bourrier, François Daniellou, Franck Guarnieri, Claude Gilbert, Andrew Hale e Benoît Journé. Devo mencionar Ivanne Merle, com quem as primeiras ideias-chave, que posteriormente germinaram, foram discutidas e trabalhadas há cerca de dez anos; debates e intercâmbios que ainda mantemos por ocasião de estudos conjuntos. O trabalho todo se beneficiou amplamente e foi fruto da minha interação com Michèle Dupré ao longo de muitos anos. Nossa colaboração em numerosos campos empíricos, publicações e em nossas muitas experiências de interpretação e reconstrução desses casos tem sido decisiva. Uma primeira obra em comum com Michèle foi publicada. Obrigado pelo tempo investido na revisão do texto, o que permitiu aprimorar

a formulação e explicação das ideias aqui apresentadas. Gostaria também de agradecer a Damien Fabre, Emmanuel Plot, Romuald Périnet, Teemu Reiman, Kenneth Pettersen, Sophie Lebellu, Michel Llory, Yves Dien, Eric Rigaud, Valérie Godfrin, Florent Varin, Sophie Capo, Eve Guillaume, Bill Hoyle, Floor Koorneef, John Kingston, Jean Escande, Nicolas Herchin e Anthony Leloup pelas enriquecedoras discussões ao longo dos anos, assim como as inúmeras pessoas encontradas em instalações industriais, que são os especialistas que constroem segurança diariamente, e aos pesquisadores em outras instituições e durante os seminários, colóquios e conferências.

Finalmente, entendo isso agora melhor do que nunca, os agradecimentos em uma obra nunca podem terminar sem uma palavra de gratidão à família. Emma, Jude e Scarlett, obrigado por seu apoio e pelo tempo livre que me deram para fazer esse projeto acontecer!

# Agradecimentos da ASAS

A edição brasileira deste livro foi organizada pela Associação de Saúde Ambiental e Sustentabilidade (ASAS), com o apoio do Ministério Público do Trabalho da 15ª região. O financiamento decorre do pactuado no âmbito da Ação Civil Pública nº 0010983-31.2018.5.15.0084. A ASAS agradece a todas as pessoas que fizeram parte deste projeto.

## **Coordenação geral**

Amanda Aparecida Silva  
Sandra Lorena Beltrán Hurtado  
Daniele Fernandes Gallo

## **Tradutor**

Artur Tàpia

## **Revisores do texto**

Adelaide Nascimento  
Ana Yara Paulino  
Ildeberto Muniz de Almeida  
José Marçal Jackson Filho  
Monica Lemos  
Raoni Rocha Simões  
Thaís Esteves  
Vivian Aline Mininel

**Apoio no desenho de figuras em português**

(figuras do Quadro 5.1 e modelo de migração do Quadro 5.2)

Daniel Braatz

Gabriel Henares Eroico

**Editora Blucher**

Jonatas Eliakim

Luana Negraes

**Fórum Acidentes de Trabalho**

Ildeberto Muniz de Almeida

Rodolfo Andrade de Gouveia Vilela

**Apoio do Ministério Público de Trabalho 15ª PRT**

Dra. Carolina de Almeida Mesquita





## Prefácio à edição brasileira

É desnecessário dizer que, no Brasil, como em toda parte, a segurança vem ganhando mais relevância do que nunca. As imagens que deram a volta ao mundo dos eventos da Samarco (2015) e de Brumadinho (2019) ecoam eventos catastróficos em outros países e indústrias, como os acidentes do 737 Max da empresa americana Boeing (2018-2019), o colapso do viaduto de Gênova na Itália (2018) ou o incêndio na Torre Grenfell em Londres (2017). Esses eventos nos lembram como a segurança nunca pode ser considerada absolutamente garantida, sendo sempre o resultado de muitas interações entre artefatos, atores, instituições e ecossistemas em um contexto globalizado que requer uma renovação de nossas estruturas de pensamento sobre segurança.

A tese do livro *Trinta anos de acidentes: a nova face dos riscos sociotecnológicos* é que a renovação dessas estruturas pode se beneficiar de uma pesquisa interdisciplinar. Por muitos anos, a interdisciplinaridade tem sido promovida como fonte de inovação na forma como abordamos problemas complexos e construímos pontos de vista que nos ajudam a pensar e agir. Essa atitude se aplica perfeitamente à segurança, que não é o terreno exclusivo de uma única disciplina. Assim, o livro *Trinta anos de acidentes* se coloca precisamente na interdisciplinaridade, almejando várias ambições:

- Estabelecer a segurança como um tema de pesquisa de pleno direito, receptora de contribuições de diversas disciplinas (história, filosofia, sociologia, ergonomia, psicologia, ciência política, administração, direito), mas também com autonomia em torno de questões específicas, como a avaliação de forma interdisciplinar que integra e amplia as principais tendências atuais.

- Contextualizar historicamente a questão da segurança, mostrando a importância de levar em consideração cada época e como ela molda necessariamente o entorno das empresas e dos regulamentos e, portanto, da segurança (que na época atual está marcada pela globalização, digitalização e mudanças climáticas).
- Encontrar uma posição que permita navegar, por um lado, pelo “obscuro” das empresas que nos é revelado de tempos em tempos por desastres e, por outro lado, por sua face mais positiva, das capacidades coletivas que lhes permitem produzir com segurança.
- Reunir tradições de pesquisa de expressão francesa nas ciências humanas e sociais (psicologia ocupacional, ergonomia em língua francesa, sociologia das organizações, políticas públicas) e tradições anglo-saxônicas de pesquisa (fatores humanos, engenharia cognitiva, segurança dos sistemas, organizações de alta confiabilidade, regimes de regulação, sociologia da segurança), procurando aproveitar essas diferentes fontes de inspiração no que elas têm de complementares, mas às vezes também alternativas.
- Afirmar e mostrar que se deve pensar na segurança, simultaneamente, como uma combinação de realidade técnica, prática, cognitiva, organizacional, estratégica, regulatória e doravante ecológica também, a fim de compreender plenamente a complexidade do problema e avançar em direção a novas capacidades descritivas e teóricas que incluam a busca por uma posição performativa, prescritiva e normativa, ou seja, uma orientação que questione as interações entre a “teoria de” e a “teoria para”.
- Entrar por meio de uma pesquisa etnográfica na matéria empírica de situações sempre contingentes, localizadas e específicas das interações entre artefatos, atores e instituições, aceitando a complexidade e ao mesmo tempo procurando posicionar-se com base em dados ancorados e evoluções conceituais adaptadas, problematizando as relações entre os níveis micro, meso e macro.
- Pensar sobre essa complexidade tirando proveito do legado de Edgar Morin, autor francês cujo trabalho é especialmente bem recebido na América Latina. Essa abordagem da complexidade difere de outras concepções bem conhecidas no campo da segurança, como as de Perrow (sociologia), Rasmussen (engenharia cognitiva) e todos aqueles que foram inspirados por eles.

- Dar protagonismo à dimensão visual das práticas e pesquisas na área de segurança. A ciência, nossas ideias e a cognição em geral se apoiam no uso de desenhos, diagramas e outras visualizações cujas mudanças, no campo da segurança, refletem a evolução dos tempos e da compreensão dos fenômenos. O campo de pesquisa sobre segurança tem se desenvolvido com apoio em visualizações emblemáticas nas décadas de 1980 e 1990, como o modelo do queijo suíço de James Reason ou ainda o modelo da migração de Jens Rasmussen. Novas visualizações são necessárias.

O objetivo desta obra, programática, é tentar conciliar todas essas ambições. Essa tarefa emocionante só pode ser pensada a médio e a longo prazo, na alternância entre iniciativas de pesquisa e editoriais individuais e coletivas, entre abordagens pragmáticas, empíricas no campo, e teóricas, entre disciplinas e indisciplinas, entre ação e reflexão, entre o estudo dos acidentes e o estudo do cotidiano nas empresas... Assim, este livro é um companheiro de cinco outros livros: *Réactions à risque: regards croisés sur la sécurité dans la chimie* (2014) (com Michèle Dupré); *Safety science research: evolution, challenges and new directions* (2019); *Post normal accident: revisiting Perrow's classic* (2020); *Visualising safety* (no prelo) (com Teemu Reiman) e *Des usines, des matières et des hommes* (2021) (com Michèle Dupré). Todos esses livros, à sua maneira, perseguem esse objetivo e constituem etapas sucessivas de um programa que pretende contribuir para uma melhor compreensão da segurança.

Sou muito grato a Sandra Beltran e a Amanda Silva por organizar a tradução.

Jean-Christophe Le Coze, abril de 2021



## Lista de siglas e abreviações\*

Bleve	<i>Boiling liquid expanding vapour explosion</i> (explosão do vapor expandido pelo líquido em ebulição)
BOP	<i>Blowout preventer</i> (obturador de segurança)
BP	British Petroleum
CHS	Ciências Humanas e Sociais
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique (Centro Nacional de Pesquisa Científica)
DNA	<i>Deoxyribonucleic acid</i> (ácido desoxirribonucleico)
DOI	Diretor de operações internas
Drire	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (Direção Regional da Indústria, Pesquisa e Meio Ambiente)
DT	Diretor técnico
DWH	Deepwater Horizon
EIPS	<i>Éléments importants pour la sécurité</i> (elementos importantes para a segurança)
EPC	Equipamentos de proteção coletiva
FMECA	<i>Failure mode, effects, and criticality analysis</i> (análise dos modos de falha, seus efeitos e criticidade)
GIS	<i>Groupement d'intérêt scientifique</i> (grupo de interesse científico)
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)

---

\* O autor não costuma inserir os nomes por extenso ao longo do texto, mas oferecemos esta lista de siglas e abreviaturas. [N.T.]

Hazop	<i>Hazard and operability study</i> (estudo de perigo e operabilidade)
HRO	<i>High reliability organisation</i> (organização de alta confiabilidade)
Icao	<i>International Civil Aviation Organization</i> (Organização da Aviação Civil Internacional)
I&D	Investigação e Desenvolvimento
Ineris	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (Instituto Nacional do Ambiente e Riscos Industriais)
MMS	<i>Minerals Management Service</i> (Serviço de Administração dos Minerais)
MSDCS	Modelo sistêmico e dinâmico de construção da segurança
Nasa	National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço)
NDM	<i>Naturalistic decision making</i> (tomada de decisão naturalista)
NTSB	National Transportation Safety Board (Conselho Nacional de Segurança nos Transportes)
ONG	Organização não governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
Osha	Occupational Safety and Health Administration (Administração de Segurança e Saúde Ocupacional)
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PME	Pequena ou média empresa
PPRT	<i>Plans de prévention des risques technologiques</i> (planos de prevenção de riscos tecnológicos)
QSSMA	Qualidade, segurança, saúde e meio ambiente
REX	<i>Retour d'expérience</i> (retorno de experiência)
SGS	Sistema de Gestão da Segurança
S&TS	<i>Science &amp; technology studies</i> (estudos de ciência e tecnologia)
SRK	<i>Skill, Rule, Knowledge</i> (Habilidades, Regras, Conhecimento)
SSTM	Sistema sociotecnológico modificado
STS	<i>Sociotechnical system</i> (sistema sociotécnico)
TMI	Three Mile Island
UVCE	<i>Unconfined vapour cloud explosion</i> (explosão de nuvem de vapor não confinada)
UN	Unidade de negócio

# Introdução

*Trinta anos de acidentes.* Por que esse título? Por que, em 2014,<sup>1</sup> “trinta anos de acidentes” quando pelo menos duzentos anos de revoluções industriais nos acostumaram a eventos, por exemplo, nos setores ferroviário, marítimo, mineração, químico ou aeronáutico? Pense no Titanic (1911), no acidente de Courrières (1906) ou no paiol de Grenelle (1794). Certamente podem ficar surpresos os historiadores atuais que, mergulhando em um passado de mais de um século, trabalham em oferecer-nos uma visão diferente da complexa relação entre tecnociência, natureza e sociedade.<sup>2</sup>

## 1984, a tese de Charles Perrow

Na verdade, a obra *Normal accidents*, de Charles Perrow, publicada em 1984, há trinta anos, deixou sua marca em nosso entendimento dos desastres tecnológicos e orientou decisivamente os esforços de conceitualização e institucionalização de um campo de pesquisa sobre acidentes e segurança industrial. Essa foi a data considerada. Em 1984, o sociólogo das organizações americano questionou, após o acidente na central nuclear de Three Mile Island de 1979, se a sociedade tinha os meios para evitar desastres em certos sistemas particularmente complexos e interligados, como as usinas nucleares.

Essa obra fundamental, que veio em um momento de maior questionamento sobre a relação entre risco, tecnologia, ciência e modernidade, foi visionária ao ser escrita pouco antes dos desastres de Bhopal (1984), Chernobyl (1986), Challenger (1986), Zeebrugge (1987), Clapham Junction (1987) e Piper Alpha (1988). Essa primeira onda de acidentes constituiu o pano de fundo que levaria depois não apenas à disponibilização de recursos e à produção científica

relacionada, mas também à criação de redes ou comunidades de pesquisadores de disciplinas bem diversas, moldando tradições de pesquisa sobre o tema dos acidentes e da segurança industrial.<sup>3</sup> Estas se posicionaram então, frequentemente, em relação à tese de Charles Perrow.

Há trinta anos, essa tese do “acidente normal”, à qual voltaremos mais tarde, conseguiu situar-se na intersecção de várias comunidades científicas, obrigando os engenheiros, psicólogos, ergonômistas, sociólogos, cientistas políticos e historiadores que trabalhavam nessa ou em questões relacionadas a tomar alguma posição, seja rejeitando ou ampliando aquele primeiro esforço de síntese e interpretação de Charles Perrow. Não é que não houvesse reflexão e produção científica antes de 1984, longe disso, como se verá, mas a tese tornou-se então inevitável, uma passagem obrigatória no panorama da reflexão sobre os riscos tecnológicos. Marca um momento-chave para a visibilidade acadêmica desse novo campo de pesquisa. Como escreve Mathilde Bourrier, no que diz respeito à sociologia das organizações, “a teoria de Perrow tornou possível a unificação conceitual de organizações que, antes dele, nunca haviam sido analisadas em conjunto. Ele está verdadeiramente na origem da criação da categoria de organizações de ‘alto risco’”.<sup>4</sup>

O *status* dessa obra de 1984 em relação aos acidentes nunca diminuiu. Pelo contrário, foi confirmado e ela continua a servir como ponto de referência para além das fontes empíricas originais (aviação, nuclear etc.) com os problemas atuais, por exemplo, das crises econômicas e da regulação financeira.<sup>5</sup> Muitos outros autores apareceram nos anos seguintes e fizeram contribuições decisivas, amplamente conhecidas e aproveitadas nesse campo, constituindo o legado da pesquisa em segurança industrial. Pensamos, de forma necessariamente seletiva e um tanto injusta por ora, nas contribuições de Barry Turner,<sup>6</sup> James Reason,<sup>7</sup> Jens Rasmussen<sup>8</sup> e Karl Weick.<sup>9</sup>

## **Nova onda de acidentes: uma sensação de *déjà-vu*?**

O título *Trinta anos de acidentes* também se refere, além da data de publicação da obra de Charles Perrow, ao tempo requerido para observar duas ondas de acidentes que proponho distinguir aqui: a dos anos 1980 e a dos anos 2000.<sup>10</sup> A primeira série já foi mencionada, e a segunda, nos anos 2000, inclui os casos de Toulouse (2001), Columbia (2003), Buncefield (2005), Deepwater Horizon (2010) e Fukushima (2011). Cada um desses acidentes tem um equivalente, pelo menos igualmente simbólico, na série dos anos 1980. Na indústria nuclear,



Fukushima se corresponde com Chernobyl, no setor petrolífero *offshore*, a Deepwater Horizon se corresponde com Piper Alpha etc. (Quadro 1).

**Quadro 1** Sensação de *déjà-vu* entre os anos 1980 e 2000

Anos 1980	Anos 2000
Chernobyl, 1986	Fukushima, 2011
Piper Alpha, 1988	Deepwater Horizon, 2010
Challenger, 1986	Columbia, 2003
Bhopal, 1984	Toulouse, 2001
Clapham Junction, 1987	Santiago de Compostela, 2013
Zeebrugge, 1987	Costa Concordia, 2011

Há algo um pouco artificial aqui, é claro. É mais um ar de *déjà-vu* do que a recorrência de um verdadeiro ciclo explicável por causas comuns aos dois períodos. Cada setor tecnológico e industrial apresenta uma trajetória histórica específica, com dinâmicas sociais, econômicas e políticas diversas, impedindo obviamente toda correlação simplista. Seria temerário comparar e associar, sem tomar infinitas precauções, indústrias tão diversas como a aeronáutica, a de energia nuclear, a química ou a ferroviária. Seria igualmente imprudente comparar acidentes na indústria nuclear, como os de Chernobyl e Fukushima, sem mencionar tudo o que os separa. Mas a comparação é inevitável e esse retorno de desastres em muitos setores industriais, esse ar de *déjà-vu*, levanta questões.

Por que continuam ocorrendo acidentes, apesar do desenvolvimento da pesquisa em segurança industrial nos últimos trinta anos, com produção de métodos e modelos para os atores industriais e estatais? Será que precisamos repensar criticamente esse legado, das abordagens de segurança atuais, em vista dessa nova onda de acidentes? Será que são comparáveis as duas séries de desastres, sendo tão significativas as mudanças no cenário tecnológico, social, econômico e político das empresas de risco nos últimos trinta anos? A tese do acidente normal dos anos 1980 de Charles Perrow confirma essa série de acidentes? Como abordar essa problemática com o cuidado suficiente diante de sua grande complexidade?

## Uma obra interdisciplinar

É esse universo de questões que forma o pano de fundo e anima o espírito desta obra. As respostas nela contidas esboçam uma nova face dos riscos, que não são mais considerados apenas tecnológicos, como são comumente apresentados, e sim sociotecnológicos. Desse ponto de vista, ao retomar e ampliar o conceito de Marcel Mauss de *fato social total*,<sup>11</sup> a segurança industrial pode se contemplar como *fato tecnossocial total*, multidimensional, que une em um prisma suas múltiplas facetas. Essa postura, que reconhece o forte entrelaçamento do social e do tecnológico, não é totalmente nova, porém a nossa compreensão detalhada dessa realidade se enriqueceu tanto nos últimos trinta anos que ela deve ser afirmada e levada em consideração quando se trata de avaliar e gerenciar riscos.

Este livro é baseado em uma década de estudos e pesquisas realizados no Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (Ineris), em setores tão diversos como as indústrias química, petroquímica, do gás, bem como no setor agroalimentar, ou na periferia do setor nuclear. Retoma um conjunto de questões centrais dos debates que animam esse campo tão fértil, de vastas fronteiras entre disciplinas diversas, por vezes imprecisas e mutáveis, um campo ainda em vias de se instaurar e que precisa ser valorizado e apoiado, dada sua importância nos debates atuais sobre riscos. Este livro é o resultado de uma abordagem de pesquisa que combinou pesquisas de campo do tipo etnográfico com uma postura interdisciplinar e de conceitualização, defendendo uma interação entre as ciências da engenharia e as ciências humanas e sociais. Esta obra, portanto, se posiciona na interdisciplinaridade.

Recordemos breve e esquematicamente, antes de entrar em maiores detalhes, que, no campo da segurança industrial e dos acidentes, três grandes orientações de pesquisa são, além de perfeitamente possíveis, certamente desejáveis.<sup>12</sup> A primeira gira em torno do eixo de alguma disciplina. Partindo de uma disciplina que já possui um certo grau de autonomia cognitiva, social e institucional, com base nomeadamente em trabalhos fundadores comuns amplamente discutidos, trata-se de usar seus conceitos e ferramentas no trabalho sobre a questão da segurança industrial ou do acidente. A segurança não é necessariamente o objeto inicial dessa disciplina, mas pode se tornar um ramo dela a partir de um desenvolvimento específico. Exemplos disso podem ser encontrados na sociologia das organizações ou na psicologia ergonômica.

A segunda é multidisciplinar ou pluridisciplinar. Ela reúne várias disciplinas em torno do tema “acidente” ou “segurança industrial” e as convida a

lançar luz a partir da sua própria ancoragem metodológica, empírica e teórica. O sociólogo, psicólogo, historiador, engenheiro ou filósofo, para citar apenas alguns, contribuem de forma justaposta ou mais ou menos coordenada para interpretar e dar um ponto de vista sobre o tema, com base na disciplina de origem. Tal estratégia foi seguida em outro livro sobre a indústria química<sup>13</sup> que editei e publiquei independentemente deste, em colaboração com Michèle Dupré. Essa opção evita destruir a diversidade de pontos de vista, deixa visível a divergência de perspectivas sobre o tema, bem como as ancoragens e desenvolvimentos históricos de cada disciplina, mantendo assim nuances que refletem a complexidade irredutível da realidade.

A terceira abordagem, interdisciplinar, busca a articulação dos pontos de vista ou uma forma mais elaborada de coordenação de pontos de vista heterogêneos<sup>14</sup> a fim de construir um objeto específico, sem mais depender das disciplinas de origem, de certa forma autônomo, e se mantendo aberto, na medida do possível, às contribuições de disciplinas relacionadas. Essa abordagem é mais exigente e delicada, mas se torna necessária na situação contemporânea de fragmentação progressiva das ciências em relação a objetos complexos que exigem a busca de articulações. É nessa perspectiva que as obras de autores de diferentes perfis, já citados nesta Introdução, lançaram as bases para uma primeira autonomização do campo da segurança industrial, que este livro pretende revisitar e ampliar.

Deve-se dizer imediatamente que não existe uma hierarquia implícita nessas três opções. Todas elas são desejáveis. Como expressado por Frédéric Darbellay, sociólogo, “a interdisciplinaridade não visa erradicar as disciplinas do campo científico, mas, ao contrário, capitalizar as competências disciplinares para colocá-las em diálogo e favorecer sua descompartmentalização e integração”.<sup>15</sup>

Assim, esse processo de interação entre as estratégias disciplinar, multidisciplinar e interdisciplinar não é específico da segurança industrial ou da investigação de acidentes, como ilustrado por muitos outros campos científicos. Em biologia, por exemplo, Michel Morange, biólogo molecular e historiador da ciência, nos lembra a importância, mas também a dificuldade desse processo: “nas ciências da vida mais do que em outros campos, um só tipo de explicação não é suficiente para compreender os fenômenos observados [...] diferentes modos de explicação devem não apenas coexistir, mas sobretudo se articular. O reconhecimento da necessidade de uma polifonia de explicações e o trabalho de sua articulação esbarram em múltiplos obstáculos, tanto epistemológicos como institucionais”.<sup>16</sup> Outros casos poderiam muito bem ter sido invocados,

empregando retórica e práticas semelhantes, desde as ciências da terra e do universo<sup>17</sup> até o estudo dos cenários de hominização.<sup>18</sup>

## **Continuando e revisitando o legado da pesquisa em segurança industrial**

É por meio dessa terceira opção interdisciplinar que esta obra tenta contribuir globalmente para visitar o legado visual e gráfico dos principais modelos de segurança industrial dos últimos trinta anos, por um lado, e seus fundamentos analíticos e teóricos, por outro. Em consonância com as conquistas da história e da antropologia da ciência, que mostraram a importância na produção científica da escrita, diagramas e gráficos, agrupados por Bruno Latour na noção de inscrições,<sup>19</sup> esta obra confere um lugar central às representações do campo que se tornaram “objetos de fronteira”<sup>20</sup> da dimensão sociotecnológica<sup>21</sup> dos acidentes e da segurança industrial. Ao dizer “objeto de fronteira”, refiro-me àqueles artefatos, aqui modelos gráficos, que permitem que diferentes comunidades, em particular profissionais de diferentes sistemas de risco e cientistas de diferentes disciplinas, se entendam e coordenem em torno de um objeto complexo, seja a segurança industrial ou o acidente, que é irreduzível a um único ponto de vista.

O modelo de James Reason,<sup>22</sup> que explora o potencial gráfico do princípio de defesa em profundidade, e o modelo de Jens Rasmussen<sup>23</sup> da “migração para as fronteiras do funcionamento seguro”, são sem dúvida os mais citados. Mas esses modelos, desenhados no papel, devem ser lidos criticamente em termos de seus princípios analíticos subjacentes. Os desenhos obviamente não são tudo. Podemos considerá-los objetos que permitiram uma primeira autonomização desse campo de pesquisa, mas a tese desta obra é que uma renovação dessas poderosas inscrições gráficas e estruturas analíticas associadas se tornou necessária, por pelo menos duas razões.

A primeira é que esses modelos emblemáticos dos anos 1980 devem ser repensados com base nas contribuições de várias disciplinas científicas aplicadas à segurança industrial, incluindo ergonomia cognitiva, sociologia, ciências empresariais e ciências políticas, mas também filosofia e epistemologia. Essas disciplinas evoluíram durante os últimos trinta anos e proporcionaram conhecimentos úteis e em princípio complementares, apesar de produzidos de forma relativamente independentes na maioria das vezes. Por exemplo, atualmente, no campo da regulação de risco, existem trabalhos de ciências políticas que não

estão conectados às pesquisas de engenharia cognitiva sobre o *design* e a avaliação das interfaces homens-máquinas. Contudo, uma investigação *a posteriori* de um acidente ou um estudo de caso de um sistema em operação mostra o interesse de combinar esses pontos de vista, como veremos.

Como segundo exemplo, que fica no centro da renovação aqui proposta, a noção de complexidade, no coração da ideia de acidente normal de Charles Perrow em 1984, se desenvolveu paralelamente nos últimos trinta anos, constituindo um importante movimento transdisciplinar com profundas implicações científicas e filosóficas, com trabalhos como o de Edgar Morin na França. Esse descompasso pede uma reflexão sobre o interesse de introduzir uma nova formulação da noção de complexidade no campo da segurança industrial e refletir sobre suas implicações. O surgimento de uma perspectiva construtivista em muitas pesquisas sobre segurança industrial nos últimos anos pode constituir um terceiro exemplo, que também será discutido. Tomar nota dessas revoluções empíricas e conceituais leva a repensar os princípios, metáforas e inscrições que servem de inspiração e orientação para a segurança industrial e a investigação de acidentes.

Entretanto, essa postura interdisciplinar requer uma identificação e, depois, uma tentativa de articular pontos de vista em relação à construção de um objeto específico, ao invés de uma justaposição de caráter multidisciplinar. Tal estratégia será justificada e ilustrada neste livro, em várias etapas ao longo dos capítulos.

A segunda razão refere-se às grandes transformações tecnológicas, econômicas, sociais e políticas que afetaram o entorno das organizações e, em particular, pelo que nos preocupa aqui, das empresas de risco nos últimos trinta anos, entre as duas ondas de acidentes que foram distinguidas (Quadro 1). Na linha do sociólogo Manuel Castells,<sup>24</sup> que colocou as mudanças globais das sociedades no centro de seu questionamento empírico, encontramos as mudanças trazidas pelas novas tecnologias da informação e a internet, a financeirização da economia, a abertura dos mercados e a privatização, a reconfiguração do papel do Estado em muitas áreas ou a formação de novas classes e identidades sociais (diante do processo de individualização), assim como novas sensibilidades em relação às mudanças científicas e tecnológicas.

Essas macroevoluções não deixaram de influenciar o mundo do trabalho e a morfologia das organizações em direção a configurações “em rede”, como descrito por Pierre Veltz.<sup>25</sup> Obviamente, tais desdobramentos não estão isentos de consequências para os sistemas de risco. O uso, em graus variados, de subcontratação e terceirização, mas também de subsidiárias ou estruturas

modulares nas quais evoluem as unidades de negócios (UN), sob o impulso das novas possibilidades tecnológicas (informáticas, mas também de transporte) e econômicas (abertura de mercados), bem como a necessidade de flexibilidade trazida pela concorrência globalizada, levaram ao surgimento de novas questões de segurança industrial. Essas novas morfologias vieram acompanhadas, paradoxalmente (em relação à questão da flexibilidade), por uma burocratização intensificada pelas normas, auditorias e contratualização, e também pela proliferação de instrumentos gerenciais no cotidiano das empresas de hoje.

Essas duas razões, uma relativa aos avanços em várias disciplinas científicas e a segunda relativa às transformações do mundo contemporâneo, não são, evidentemente, alheias uma à outra. Elas estão ligadas por interações mútuas e permanentes entre ciência, tecnologia e sociedade, tornando necessário um reajuste regular do pensamento em segurança industrial. Este livro propõe tal reajuste.

## Notas

1. Ano em que esta Introdução foi escrita.
2. J.-B. Fressoz (2012, 2014); T. Le Roux (2011); D. Pestre (2013).
3. Esse fato se reflete em um documento do final da década de 1980 que sintetiza diversos seminários que reuniram um grande número de pesquisadores nessa área (Rasmussen & Batstone, 1989).
4. M. Bourrier (2001, p. 24).
5. M. Schneiberg & T. Bartley (2010).
6. B.A. Turner (1978) e, mais tarde, B. Turner & N. Pidgeon (1997).
7. J. Reason (1990a, 1997).
8. J. Rasmussen (1990a, 1997).
9. K.E. Weick (1987).
10. J.-C. Le Coze (2013a).
11. M. Mauss (1968).
12. J.-C. Le Coze et al. (2014).
13. M. Dupré & J.-C. Le Coze (2014).
14. B. Cyrulik (2011).
15. F. Darbellay (2012).
16. M. Morange (2012, p. 11-12).
17. J.-Y. Daniel (2006).
18. Y. Coppens & P. Picq (2002).
19. B. Latour (1985, 1986, 1987).
20. Para uma síntese da fertilidade desse conceito, ver o artigo de P. Trompette & D. Vinck (2009).

21. Na presente obra, seguindo o filósofo Michel Puech, “tecnológico” é preferido a “técnico” e, portanto, a noção de “sociotécnico”, embora mais usual, é substituída aqui por “sociotecnológico”. “‘Técnico’ designaria ações diretamente corporais, no plano do gesto, e ‘tecnologia’ designaria diretamente ou não aos objetos e, portanto, por extensão, tudo ligado ao seu uso, sua produção, sua presença no mundo. É o gesto que é técnico, é o objeto que é tecnológico” (Puech, 2008, p. 23).
22. J. Reason (1990a, 1997).
23. J. Rasmussen (1993, 1997).
24. M. Castells (1999a, 1999b, 2001).
25. P. Veltz (2008).





# Guia de leitura

## Uma obra na interface da pesquisa e da indústria

A ambição desta obra é de se situar na interface entre a pesquisa e a indústria, para tratar uma problemática no centro das relações entre ciência e sociedade. Sustentar as duas extremidades, a pesquisa e a indústria, é um exercício particularmente complicado. Por um lado, a pesquisa exige estabelecer um diálogo com os conhecimentos empíricos e teóricos publicados em periódicos e obras de referência. Sobre esse ponto, a base do livro é o trabalho científico publicado durante os últimos dez anos em um contexto de pesquisa bastante anglo-saxão,<sup>1</sup> contudo, aproveitando muitos recursos fundamentados em uma tradição francesa de pesquisa nas ciências humanas e sociais (CHS) no campo (ou não) dos riscos e segurança industriais (em sociologia, ergonomia, engenharia, filosofia etc.). A maior parte dos trabalhos e da literatura na área são anglo-saxões, o que impõe um diálogo internacional para progredir, porém mantendo a conexão com o legado intelectual francófono. Por outro lado, o mundo industrial e as autoridades públicas depositam altas expectativas na pesquisa aplicada, uma demanda legítima que é difícil de satisfazer dada a heterogeneidade dos perfis, experiências e pontos de vista dessa população, que inclui engenheiros, técnicos, diretores de instalações, fiscais, gerentes de segurança, consultores etc. Há também um problema relativo ao conhecimento: para poder produzir conhecimento com algum alcance sobre um assunto tão complexo, é necessário ter um mínimo de formação em CHS.

A aposta deste livro, contudo, permanece dupla. Em primeiro lugar, em termos de pesquisa, pretende ser programática. Pretende-se abrir e delimitar um espaço na fronteira das ciências da engenharia e das ciências humanas e sociais, abordando a problemática da segurança industrial de forma interdisciplinar.

Em segundo lugar, quer manter o objetivo de atingir um público-alvo não especialista em CHS, mantendo um objetivo concreto: compreender melhor a construção da segurança e detalhar sua avaliação. É em parte por isso que foi dada grande importância aos desenhos e diagramas, ao mundo das inscrições. Portanto, a obra tenta manter esses dois objetivos, acompanhando o leitor em uma progressão que alterna estudos de caso e desdobramentos conceituais.

Para isso, o fio condutor do livro, ao longo de todos os capítulos, pode sintetizar-se com uma pergunta muito concreta: *onde, quem, o quê, como e quando questionar ou observar os múltiplos atores e entidades heterogêneas que compõem esses sistemas para melhor compreender, mas também para antecipar e prevenir desastres industriais?* O objetivo da estrutura escolhida é, portanto, avançar passo a passo, mostrando a coerência de uma abordagem interdisciplinar neste campo de pesquisa. O resumo apresentado a seguir fornece uma visão geral dessa progressão e contém a essência da argumentação. Oferece tanto uma visão geral quanto uma contribuição temática, pois cada capítulo pode ser lido independentemente, dependendo dos interesses do leitor e da familiaridade com os temas abordados, de caráter empírico ou teórico. Os Capítulos 1, 5, 6 e 7 são provavelmente os mais acessíveis ao público não familiarizado com as CHS.

Um último ponto. O uso da primeira pessoa nesta obra não é majestático, mas, pelo contrário, de modéstia. Parece muito difícil de ser mantido hoje o “nós” da objetividade científica, na medida em que, neste campo, os questionamentos, formulações, objetivos e interpretações implicam a presença de um autor, de um sujeito. O uso do “eu” expressa, portanto, um reconhecimento da separação impossível do “observador em sua observação”, aspecto que será discutido neste livro.

## Resumo dos capítulos

O Capítulo 1, “O sociotecnológico, um exemplo de acidente”, apresenta os resultados empíricos de uma investigação de acidente maior realizada em 2003. O objetivo é ilustrar concretamente o tipo de dinâmica observada em segundo plano de ocorrências industriais e fornecer os fundamentos desde o início. Contém informações sobre a interpretação geral que foi proposta, com base em uma abordagem metodológica desenvolvida especificamente para o caso. Essa metodologia consiste em embasar a abordagem em uma explicitação da arquitetura de prevenção de riscos tecnológicos, que se baseia tanto em barreiras

tecnológicas (por exemplo, sensores, automação) quanto na atividade dos operadores (por exemplo, monitoramento de parâmetros, tarefas manuais em máquinas). Uma vez identificadas essas barreiras, elas permitem indagar sua configuração no dia do acidente. Quando a cronologia de proximidade temporal é reconstruída com base nesses parâmetros de referência, são identificadas questões técnicas e de organização do trabalho.

Após a formulação dessas questões, a investigação procura examinar em maior profundidade *a posteriori*, por meio de entrevistas com operadores, administradores e supervisores (e por análise documental), o funcionamento da organização, em particular sua evolução e dinâmica, antes do acidente. No caso desse acidente, foi possível, assim, mostrar como mudanças externas e internas em termos de regulamentos e fiscalização pelas autoridades de controle, de administradores da empresa, e também de tecnologia, se juntaram a mudanças mais locais, como um aumento temporário da atividade e uma alteração nos horários de produção.

Essa descrição *a posteriori*, facilitada pela posição retrospectiva, ultrapassa os limites entre disciplinas para estudar as questões de segurança industrial. O investigador (ou investigadores) que tem por objetivo estabelecer uma explicação geral de um acidente pode(m), de fato, recorrer a vários conhecimentos, espalhados em disciplinas relacionadas, como engenharia (cenários de risco, probabilidade de falhas de equipamentos, instrumentação de segurança, efeito de explosões etc.), ergonomia (por exemplo, postos de trabalho, interfaces homem-máquina e procedimentos, cognição de “erros” e da resiliência), psicossociologia (por exemplo, compromisso, fenômenos de grupo, criação de sentido), sociologia (por exemplo, produção de regras, identidades profissionais, sistema de ação concreto, poder, objetos de fronteira e inscrições), ciências da administração (por exemplo, sistemas de gestão, instrumentos ou dispositivos, indicadores, estratégia empresarial), direito (por exemplo, regulamento, justiça, responsabilidade) ou ciências políticas (por exemplo, ação pública, regimes regulamentares, fiscalização).

O objetivo do Capítulo 2, “Disciplinas e indisciplina”, é precisamente apresentar diferentes contribuições disciplinares no campo dos riscos tecnológicos maiores e da segurança industrial. Pretende esclarecer as interações entre multi-, pluri-, poli-, inter- e transdisciplinaridade e introduzir as definições adotadas. Sob esse ângulo, o capítulo propõe revisar um pouco a apresentação tradicional de uma visão linear com o objetivo de mover a prevenção do campo técnico para o campo humano e posteriormente para o campo organizacional.<sup>2</sup> Muito ao contrário, aqui é necessário enfatizar a presença paralela de muitos

pontos de vista sobre acidentes e prevenção, de ordem tanto técnica quanto humana e organizacional, a partir dos anos 1970 e 1980. Uma apresentação cronológica, distinguindo três grandes décadas de interpretação, colocando em paralelo quatro dimensões, “instalação”, “cognição”, “organização” e “regulação”, mostra o quanto contribuições empíricas e conceituais diversas, desde diferentes disciplinas, já estão presentes simultaneamente, e, portanto, uma visão linear simplista, em três fases, não pode ser mantida.

Em vez disso, esse capítulo mostra que neste campo existem muitas tradições de pesquisa na história. Essas tradições são o resultado do encontro de pesquisadores em instituições e empresas variadas, de corporações científicas muito heterogêneas com uma gama muito ampla de disciplinas, e de problemáticas extremamente diversas que vão desde o *design* de interfaces até questões de regulação de risco pelos poderes públicos. O problema colocado é o da interação entre essas diferentes tradições de pesquisa, a fim de capturar objetos e projetos situados em sua interface.

Essa seção permite, portanto, estabelecer as bases para uma reflexão sobre a transição da pluri ou multidisciplinaridade para a interdisciplinaridade. Ao coordenar a apresentação de diferentes correntes de pesquisa, ao mesmo tempo que a problematiza, esse capítulo abre o caminho para uma perspectiva articulada, que exigirá uma reflexão sobre os meios de passar de uma corrente para outra, especialmente por intermédio de representações gráficas, aqui chamadas de inscrições e objetos de fronteira. Esse capítulo constitui, assim, um momento-chave para a ambição de ampliar a capacitação e a delimitação do campo iniciada pelo trabalho dos autores precursores na área da segurança industrial. Esses dois primeiros capítulos, cada um introduzindo de maneira diferente a natureza dos acidentes e da segurança industrial, tanto em termos de acontecimentos quanto pelo lado multidimensional, conduzem a um processamento mais profundo e específico da noção de complexidade no Capítulo 3.

O tema da complexidade está de fato mais ou menos presente em muitas e variadas contribuições disciplinares para a gestão dos riscos tecnológicos. Uma das razões recorrentes para o uso da complexidade em todos esses trabalhos pode ser interpretada como uma certa humildade de muitos autores diante da magnitude da tarefa de antecipar os emaranhados que dão origem a sequências acidentais, combinações raras de falhas tecnológicas e decisões interagindo em diferentes lugares e momentos. Essa dificuldade de antecipação e sua interpretação cristalizaram especialmente a partir das propostas sobre o acidente normal do sociólogo Charles Perrow, um autor que utilizou a

complexidade em um sentido restrito. Restrito comparado aos múltiplos usos que estavam e estão disponíveis hoje no campo, entre psicologia, ergonomia cognitiva, sociologia, ciências da administração e políticas. O Capítulo 3 examina esses diferentes usos.

Mas, nas últimas décadas, um discurso transdisciplinar sobre a complexidade surgiu gradualmente, partindo de várias fontes na física, na biologia e nas ciências humanas e sociais. Uma vez explicitamente formulado, notadamente com a ajuda do trabalho de Edgar Morin e aplicando um “pensamento complexo”, esse discurso pode servir como um pano de fundo conceitual para a segurança industrial e os acidentes. Recapitulando o evento, introduzindo o observador em sua observação, trazendo à tona a causalidade circular, ancorando o homem na natureza sem reduzi-lo a ela, questionando as noções de limites disciplinares, o “pensamento complexo” fornece ferramentas intelectuais que são particularmente esclarecedoras para o assunto aqui tratado. Isso propicia os debates antidualistas sobre natureza/cultura e sujeito/objeto.

O Capítulo 4, “Convergência e religação”, é um capítulo de transição. Ele é construído a partir dos dois capítulos anteriores, 2 e 3, para mostrar as possibilidades oferecidas da retrospectiva quando abordada sob o ângulo da complexidade. Em primeiro lugar, esse capítulo terá o cuidado de enfatizar a cautela com que se deve proceder quando tantas disciplinas e tradições de pesquisa são identificadas visando a sua articulação. Para esse fim, é proposta uma cartografia. Ela mostra a diversidade dos estudos produzidos, inclusive dentro das categorias selecionadas no Capítulo 2. Em segundo lugar, as noções de “integração” e “convergência” são apresentadas como ferramentas da estratégia interdisciplinar e para mostrar as vias de articulação entre as disciplinas e tradições de pesquisa, especificando os atores, situações e artefatos que são alvo de todas essas disciplinas. Finalmente, uma última parte é dedicada à elaboração, com a ajuda de uma bricolagem conceitual, do que é chamado de “construtivismo aberto e combinado”, que aborda a segurança industrial como uma construção dinâmica ao mesmo tempo cognitiva e social, mas também de artefatos.

O Capítulo 5, “Revisitando os modelos de segurança: complexidade, redes e construtivismo”, propõe olhar para os modelos gráficos de segurança industrial que contribuíram para dar um rosto à questão da segurança industrial. Com base em oito critérios, três modelos são selecionados e discutidos em termos de seus pontos fortes e fracos. Trata-se dos modelos de James Reason (1), Jens Rasmussen (2) e Karl Weick, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld (3). A importância desses modelos no campo da segurança industrial é analisada

em várias dimensões: caráter genérico e normativo, metáforas utilizadas, e propriedades úteis para seu uso como inscrições e objetos de fronteira entre mundos ou disciplinas diferentes. A partir dessa apresentação e revisão crítica, dois modelos alternativos são introduzidos. O primeiro visa deixar explícito, de forma mais elaborada do que seus antecessores nos níveis gerencial, sociológico e político, o que interessa considerar na abordagem das questões de segurança industrial. Descrito como modelo sistêmico e dinâmico de construção da segurança (MSDCS), ele é baseado em uma combinação de dois modelos genéricos da literatura, um gerencial em orientação, desenvolvido por Andrew Hale, o outro sociológico, por Diane Vaughan. O segundo modelo visa produzir visualmente uma compreensão das causalidades complexas, redes e entrelaçamento que caracterizam a realidade sociotecnológica. Chamado de sistema sociotecnológico modificado (SSTM), ele parte da visão de cima para baixo, hierárquica e cibernética de Jens Rasmussen e se afasta dela graficamente pelo uso de *loops de feedback*, personagens e múltiplas e variadas interações entre entidades de natureza diferente. Esses dois modelos servem como novas inscrições para traduzir visualmente o que foi desenvolvido literalmente. Eles não substituem os textos, mas os acompanham e trazem outra forma de interação com a realidade.

O Capítulo 6, “Uso do modelo”, fornece uma visão empírica da mobilização de conhecimentos na problemática da avaliação sociotecnológica da segurança industrial, com base nas contribuições dos Capítulos 2 a 5. Após uma discussão sobre as modalidades da investigação, sobre combinar a observação do cotidiano e o estudo das ocorrências, sobre a relação entre os modelos e a realidade no cenário material, assim como um esclarecimento em relação ao exercício de auditoria, um estudo de caso relativamente simples é apresentado. Ele ocorreu no mundo das operações de silos. A partir das explosões de poeira em Metz (1982) e Blaye (1997), que resultaram em numerosas vítimas entre os funcionários, assim como na morte de pessoas externas, foi gradativamente conferido o *status* de sistema de risco às instalações de armazenamento de grão, os silos, acompanhado concretamente por mudanças regulamentares, fiscalizações pelas autoridades de controle, mas também, e em parte como resultado disso, mudanças nas práticas das empresas. É nesse universo que deve ser aplicada uma visão sistêmica e dinâmica da construção da segurança. Esse estudo trará à tona a aplicação de causalidades complexas, mas também do princípio da subdeterminação da segurança pelo evento. O lugar da crítica e do fatalismo também será discutido em relação ao exercício de avaliação.

Por último, o Capítulo 7, “O acidente ‘normal’ na era das redes”, tenta dar mais um passo adiante nessa nova face dos riscos sociotecnológicos, referindo-se a uma visão geral das mudanças no mundo dos negócios entre as duas ondas de acidentes identificadas na Introdução, dos anos 1980 e dos anos 2000. Esse esforço de síntese se baseia no trabalho de autores que se propuseram o objetivo de uma compreensão abrangente, notadamente Manuel Castells sobre a sociedade da informação e Pierre Veltz sobre o novo mundo industrial. A figura e a noção de rede é um tema transversal no trabalho de ambos os autores para descrever a nova situação decorrente da revolução tecnológica da informação e as transformações econômicas, sociais e políticas em um mundo globalizado. Uma ilustração da configuração em rede é então discutida com o caso da empresa BP, que, no espaço de poucos anos, sofreu uma série de acidentes amplamente divulgados em várias áreas de suas atividades industriais, incluindo a prospecção e o refino de petróleo. Por trás desses desastres aparece o que será descrito como a exploração dos limites da empresa em rede. Em relação a esses desdobramentos empíricos e à contribuição conceitual desta obra, será necessário definir o fenômeno de multiplicação das entidades, que condiciona atualmente o nível de segurança dos sistemas de risco. Este último estudo de caso serve também para caracterizar o novo “ar familiar” resultante do uso do modelo MSDCS, e que é, no final, uma oportunidade para reformular a tese de Charles Perrow sobre o acidente “normal”, que serviu de introdução a este trabalho, trinta anos após sua publicação.

## Notas

1. J.-C. Le Coze (2005, 2008a, 2008b, 2010, 2012, 2013a, 2013b, 2013c, 2015 [para as publicações principais]).
2. E. Hollnagel (2004).





# 1. O sociotecnológico, um exemplo de acidente<sup>1</sup>

O acidente ora apresentado constitui um momento decisivo na gênese do trabalho de pesquisa que se apresenta neste livro. Essa experiência teve lugar em um momento em que minha formação como engenheiro e minha prática de análise dos riscos já haviam sido amplamente questionadas por minha leitura e aprendizagem no campo das ciências humanas e sociais (CHS), particularmente no campo da segurança industrial. A investigação sobre esse caso foi um ponto de partida. Isso permitiu que eu formulasse perguntas que são fundamentais para os debates nesse campo de pesquisa.

Podemos prever tais acidentes? Que conhecimentos estão disponíveis e precisam ser adquiridos para enfrentar esse problema? Como esses conhecimentos podem ser aplicados de forma empírica e teórica? Essa experiência foi, portanto, triplamente fundacional: é meu primeiro estudo etnográfico de um sistema de riscos em que o entrelaçamento das dimensões tecnológica e social é inescapável e problemática; abre-me para as questões-chave nesse campo de pesquisa, que já havia sido explorado por muitas disciplinas e tradições de pesquisa; e, por fim, orienta minha abordagem do problema, fornecendo-me uma matriz empírica e teórica que posteriormente moldará minha estratégia de pesquisa.

Em 27 de março de 2003, uma explosão na fábrica de munições da Nitrochimie em Billy-Berclau causou a morte de quatro pessoas. O Ineris recebeu a encomenda de fazer a investigação e estudar, além dos danos e causas técnicas, as dimensões descritas no pedido como “organizacionais”. Como a diretiva europeia Seveso II havia sido aplicada recentemente às atividades com risco de explosão, a empresa foi obrigada a implementar um sistema de gestão da segurança que atendesse aos critérios da portaria de 10 de maio de 2000. Essa

portaria, uma tradução da diretiva europeia, inclui os elementos-chave dos sistemas de gestão da segurança.

## Elementos teóricos e metodológicos

A investigação das dimensões “organizacionais” foi baseada em uma abordagem fundamentada na compreensão do acidente em termos do cenário tecnológico mais plausível e se propôs, nessa ótica, analisar as instalações por meio das barreiras de segurança. Barreiras de segurança são todos os tipos de medidas de prevenção ou proteção que a empresa implementa para uma quantidade mais ou menos grande de cenários de acidentes, com base em uma identificação prévia durante a análise dos riscos. Foi identificado um total de 24 barreiras (incluindo dispositivos tecnológicos e práticas). Após essa fase de identificação, a investigação procurou estabelecer o estado dessas barreiras no momento do acidente. A investigação se voltou, então, para a análise dos aspectos “organizacionais”.

Para realizar essa análise, utilizei a grade de leitura dos sociólogos e psicólogos Alan Waring e Ian Glendon.<sup>2</sup> Essa abordagem procura mostrar a natureza sistêmica dos acidentes e da segurança, combinando muitas dimensões. Integra aspectos ligados ao entorno da empresa (mercado, regulamentos, história, tecnologia), à organização (cognição, cultura, processos decisórios e poder), bem como aspectos dos sistemas de gestão da segurança (análise dos riscos, retorno de experiência, gestão de mudanças etc.). Este último aspecto permitia manter uma elevada visibilidade do sistema de gestão da segurança, evidenciando ao mesmo tempo outras dimensões igualmente importantes na gênese do acidente, como os problemas de arbitragem, jogos de poder e também a história da empresa.

Foram realizadas entrevistas com atores em diferentes níveis da empresa (operadores, gestores, departamento de segurança, direção do local ou do grupo etc.), bem como entrevistas (incluindo entrevistas por telefone) com as autoridades de controle. No total, foram realizadas cerca de trinta entrevistas. Além das entrevistas, as instalações da empresa foram visitadas e os documentos relevantes da empresa e das autoridades foram lidos e analisados (manual e procedimento de segurança, análise dos riscos, acompanhamento de capacitação, relatórios de fiscalização etc.). Houve um vai e vem entre o campo, as perguntas e os dados necessários para respondê-las.

## A sequência acidental e a arquitetura de segurança

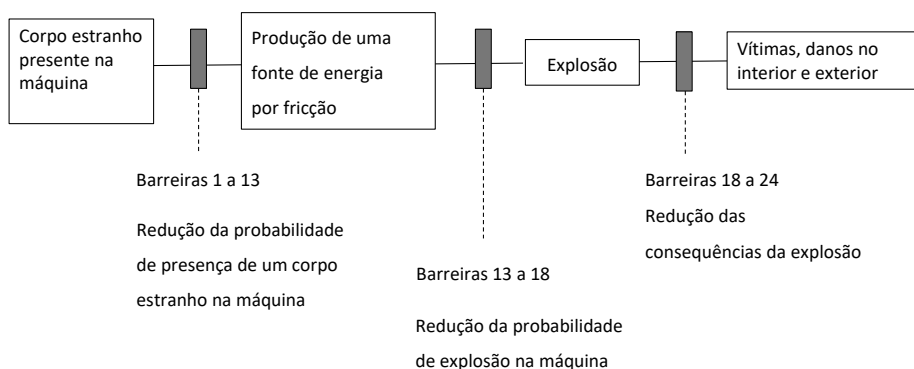
No dia do acidente, às 6h16 da manhã, quatro funcionários da empresa Nitrochimie morreram em consequência de uma explosão de nitroglicerina em uma fábrica de produção de cartuchos de dinamite. As vítimas desse acidente foram dois operadores de produção, um experiente e outro temporário, trabalhando na máquina onde teve origem a explosão, e dois outros funcionários, um do departamento de manutenção e outro do departamento de coleta de resíduos da empresa, que foram expostos ao perigo devido aos seus movimentos naquele momento na área com risco de explosão. As consequências e os danos fora da fábrica foram limitados pelo projeto clássico das instalações de produção de explosivos, em particular a presença de merlões (painéis perimetrais de concreto que desacoplam as oficinas umas das outras). Duas questões surgiram na investigação. Qual foi a causa provável da explosão? Por que foi tão grave o acidente dentro da fábrica apesar de terem sido aplicados princípios de desacoplamento?

Em resposta à primeira pergunta, a hipótese mais provável concerne à presença de um corpo estranho na máquina usada para misturar a pasta. A presença de um corpo estranho pode, por atrito com elementos mecânicos e metálicos, gerar uma pressão suficientemente grande para causar a explosão da nitroglicerina. Entretanto, a presença de tal corpo estranho não pôde ser comprovada *a posteriori*. As instalações foram completamente destruídas, não sendo possível reconstruir uma instalação idêntica com o mesmo nível de detalhe. Era possível, porém, reconstituir de forma bastante precisa os percursos dos funcionários então presentes, bem como suas ações em linhas gerais (especialmente ao estar disponível um vídeo do trabalho dos operadores naquela manhã). No entanto, não era possível reconstruir a trajetória de um corpo estranho desde seu ponto de partida até sua presença na máquina misturadora.

Muitos cenários são, portanto, considerados. Há muitas fontes de corpos estranhos. Podem ser ferramentas, pedras, peças de equipamentos soltas (parafusos, porcas) ou qualquer outro objeto relativamente pequeno para passar despercebido e suficientemente sólido para gerar a energia necessária para a ignição do fenômeno durante seu atrito com as peças mecânicas. Entretanto, a fonte de ignição é apenas uma dimensão desse acidente, ligada à probabilidade da explosão. Surge então a questão da gravidade. Um dos princípios básicos de segurança em atividades que envolvem risco de explosão é limitar a exposição dos funcionários ao risco de explosão. Os regulamentos são, portanto, em

grande parte projetados para calcular as medidas de proteção dos operadores (distância, tempo de exposição).

Com essas duas dimensões, a probabilidade e a gravidade do acidente, é toda a arquitetura de segurança do sistema de prevenção que deve ser questionada. Essa arquitetura é composta por todos os dispositivos técnicos e humanos de prevenção ou proteção contra sequências acidentais identificadas *a priori*. Mais de vinte barreiras foram elencadas, constitutivas do sistema de “defesa em profundidade” da empresa em relação a esse tipo de cenário (Figura 1.1).



**Figura 1.1** Identificação das barreiras de segurança no cenário de “corpo estranho”

## A presença do “fator humano”

De forma bastante típica na investigação de acidentes, como em estudos do funcionamento de organizações de risco no seu cotidiano, foi descoberto durante a investigação que na empresa os preceitos não correspondiam com as práticas reais (um dos achados da ergonomia e da sociologia, em poucas palavras). As ações tomadas no dia do acidente não estavam contempladas nos procedimentos em função dos problemas encontrados, sendo constatadas *a posteriori* uma série de adaptações. Entretanto, ao invés de olhar apenas o comportamento individual como fonte desses desvios e adaptações – ideia à qual o diretor da unidade tentou direcionar-me um dia durante a investigação, insistindo na importância do treinamento para os funcionários, que ele então descreveu como o “fator humano” –, é nos modos de organização do trabalho e nas interações entre os atores dos serviços, entre a fábrica e o grupo, assim

como entre o regulador e o regulado, que é interessante olhar e se aprofundar no questionamento. A investigação continuou, portanto, baseada no conhecimento empírico detalhado da técnica por meio das hipóteses dos cenários, da descrição da arquitetura de segurança, bem como dos desvios observados retrospectivamente.

## Um acidente “sistêmico”

Os resultados dessa etapa da investigação colocaram em evidência um grande entrelaçamento de dimensões técnicas, organizacionais, sociais, culturais, econômicas, jurídicas e políticas, mostrando a grande complexidade do caso. Durante as entrevistas, ficou claro que uma das dificuldades para os diversos atores da organização era arbitrar diariamente de forma favorável a um “equilíbrio” de todas essas dimensões. A agregação ou efeito emergente<sup>3</sup> de todas essas decisões por múltiplos atores em lugares e momentos diversos, uma vez observado em retrospecto, dá a sensação de que eles poderiam tê-lo antecipado. No entanto, ocorre aqui um fenômeno bem documentado na literatura, conhecido como ilusão retrospectiva<sup>4</sup> ou viés retrospectivo, o *hindsight bias* dos psicólogos cognitivos<sup>5</sup> ou a falácia retrospectiva (*retrospective fallacy*) dos historiadores e historiadores sociais.<sup>6</sup> Esta é a tendência de estigmatizar as decisões com base no conhecimento de suas consequências. Várias decisões tomadas por atores na direção da fábrica e na direção do grupo, apesar de distantes no tempo e no espaço, parecem ser, de fato, as condições necessárias para aumentar a probabilidade e gravidade da sequência acidental.

## A presença de pressupostos do investigador

Estar ciente desses fenômenos de “ilusão retrospectiva” tem um impacto fundamental na abordagem investigativa, traz uma atitude essencial para compreender as limitações e os recursos cognitivos, sociais, corporais e materiais nas situações de trabalho dos diversos atores (operadores, gestores, direção, fiscalização) envolvidos no sistema em consideração. As informações disponíveis para eles e seus esquemas de interpretação estão em primeiro plano. Um dos princípios nas investigações com vistas à prevenção é que nenhum dos atores da empresa vai trabalhar com a intenção de criar as condições para um

acidente maior. Essa é uma questão extremamente sutil, pois as questões de fato e de valor estão entrelaçadas de uma forma altamente problemática.

Procurar descrever o comportamento de indivíduos em determinadas situações, particularmente no contexto de um acidente maior em que há vítimas, envolve uma dimensão de julgamento que é extremamente delicado tentar dissociar inteiramente do trabalho de investigação. Como expressa o sociólogo pragmático Louis Quéré, “a identificação e a qualificação de um evento implicam, desde o início, a adoção de uma atitude favorável ou desfavorável, incorporando uma apreciação axiológica baseada em uma moralidade”.<sup>7</sup> Esse problema filosófico tão difícil<sup>8</sup> (que encontramos nas ciências humanas e sociais, por exemplo, repetidamente na sociologia desde suas origens)<sup>9</sup> encontra-se sempre no pano de fundo da pesquisa de segurança industrial. Ele confronta o investigador com suas próprias convicções pessoais de cunho filosófico sobre a natureza humana, o funcionamento das organizações e da sociedade e sua relação com a tecnologia, e também sobre a possibilidade ou não de prevenir acidentes maiores (esses pontos serão discutidos em maior profundidade no Capítulo 3). É nesse ponto da reflexão que, segundo as epistemologias construtivistas, surge o “observador em sua observação”,<sup>10</sup> que terá vários desdobramentos nos capítulos seguintes.

## A mobilização de suporte gráfico

É sempre muito difícil resumir brevemente os resultados de uma investigação de acidente maior. É sem dúvida um desafio atual tentar explicar acidentes maiores sem omitir sua complexidade subjacente. Para fins de comunicação, os acidentes são frequentemente resumidos em algumas linhas ou expressões-chaves, como um problema no “equilíbrio entre produção e segurança”, uma falha em termos de retorno de experiência ou, pior ainda, um “erro humano” ou “não cumprimento dos procedimentos”. Esse é um verdadeiro obstáculo, pois, ao simplificar esses fenômenos a tal ponto, perde-se a capacidade de compreendê-los adequadamente e, portanto, de imaginar estratégias que poderiam ser tentadas para aumentar o nível de segurança e também de compreender melhor os motivos pelos quais acidentes maiores continuam a ocorrer. Esse ponto será abordado em particular no capítulo sobre complexidade, bem como na conclusão.

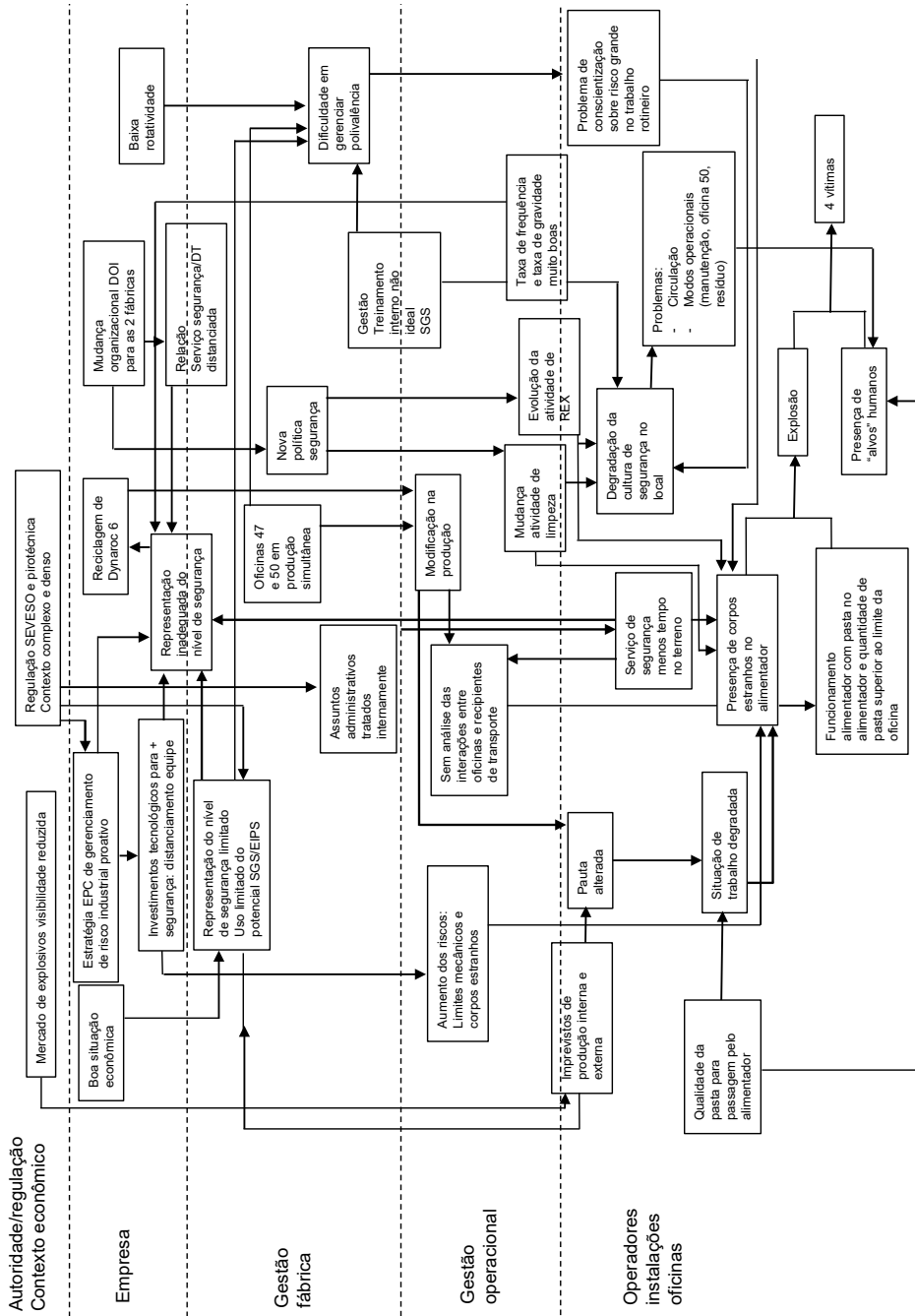


Figura 1.2 Representação gráfica e sistêmica do acidente

Ao final do relatório dessa investigação, foi feito um esforço de síntese em forma gráfica a fim de ilustrar o entrelaçamento das dimensões estudadas na investigação. Essa representação é reproduzida aqui (Figura 1.2) para mostrar o aspecto sistêmico e dinâmico desse acidente. Ela se inspira no trabalho e propostas de Jens Rasmussen<sup>11</sup> e mostra os diferentes “níveis” ou “estratos”, correspondentes à posição de diferentes atores, que condicionam o trabalho real dos operadores mais próximos às atividades de risco (aqui, para resumir, o manejo da nitroglicerina). É a partir dessa representação, ou do que será descrito como uma inscrição no Capítulo 5, que vários pontos serão agora abordados e discutidos, após algumas observações sobre esse diagrama.

## Notas sobre a representação gráfica

O diagrama mostra claramente o nível de interdependência entre todos os “estratos”, internos ou externos, de uma organização de risco. A chave para ler essa representação está tanto em sua orientação sincrônica, ou seja, no entrelaçamento e articulação dos “níveis”, que também podem ser diferenciados em termos de proximidade dos atores do perigo, entre micro (instalações, artefatos, oficinas, operadores, gestores de operações), meso (gestores da fábrica, empresa ou sede) e macro (concorrentes, fiscais das autoridades de controle, terceirizados etc.), como em sua orientação diacrônica. A visão diacrônica se refere às mudanças levantadas na história mais próxima ou mais distante, sejam internas ou externas, nos níveis micro, meso ou macro. Elas influenciam as condições operacionais da empresa, da fábrica, das oficinas ou das instalações.

A vantagem dessa inscrição (conceito que será discutido no Capítulo 6) é a presença de todos os elementos resultantes da investigação na mesma página. Assim, se falarmos do acidente de um determinado ângulo, esse diagrama permite levar em conta o resto de informações, evitando a sensação de o acidente se reduzir a esse ângulo particular. Acredito que o diagrama limita imediatamente esse viés. Mas essa vantagem da representação gráfica não significa que esteja isenta de inconvenientes. O inconveniente mais óbvio é o significado das setas e das relações entre as “caixas”. A compreensão de um acidente como esse é principalmente literal, expressa em texto e na forma mais ou menos teorizada de uma narração. As relações gráficas na forma de setas só expressam de forma sugestiva e imperfeita os vínculos de interação entre certas dimensões, que devem, portanto, ser necessariamente completados pelo texto associado.



Assim, no relatório, cada caixa se referia a partes do texto, indicando suas páginas específicas (informação removida da Figura 1.2 utilizada aqui).

## Desvios ou adaptações locais no cerne do acidente

No dia do acidente, uma série de desvios ou adaptações chamaram a atenção:

- Um problema foi a formação das equipes e o início do trabalho em horários diferentes. Na manhã do acidente, apenas o operador principal se apresentou para o serviço. Essa situação contribuiu para tornar seu trabalho mais difícil, pois ele não se beneficiou da contribuição de mais operadores nas ações de preparação das oficinas. As condições de planejamento das equipes nessa situação precisam ser avaliadas como uma questão de organização do trabalho.
- Um tempo de exposição nas oficinas que, em média, foi sempre maior na realidade do que o previsto em teoria, tendo como uma das razões as dificuldades em misturar a pasta fornecida nas oficinas, o que retardava as atividades e exigia que os operadores trabalhassem diretamente nas máquinas, apesar de as oficinas terem um sistema de automação para manter os operadores afastados. No dia do acidente, o tempo de permanência na oficina antes do acidente já se aproximava do 10% diário previsto, sem a produção sequer ter começado, o que sugere que o tempo de exposição naquele dia teria ficado novamente bem acima do prescrito nas normas.
- A presença de uma pessoa da manutenção na zona em atividade sem informar o gerente de produção, infringindo um princípio de segurança. Isso está ligado a outro fato.
- A operação simultânea de oficinas próximas, sem autorização regulamentar, tem implicações significativas em termos de circulação de pessoas na área da fábrica com risco de explosão, e explica em parte a maior gravidade do acidente. O deslocamento da pessoa da manutenção foi devido a problemas com ferramentas em outras oficinas que estavam operando ao mesmo tempo.
- A presença de mais nitroglicerina do que a prevista nos regulamentos aplicáveis à oficina. Essa situação leva a maiores sobrepressões no caso de uma explosão e, portanto, a maiores danos.

Ao analisar esses desvios ou adaptações, pareceu relevante fazer perguntas sobre as condições que contribuíram para causá-las, mas também para mantê-las, pois a situação no dia do acidente não era excepcional. Por meio das entrevistas com os diferentes atores da empresa, desde os operadores até a direção, bem como fora da organização, com as autoridades de controle, gradualmente foi surgindo uma compreensão geral, baseada em descrições empíricas detalhadas. Sem repetir todos os elementos que são apresentados no relatório, uma explicação simplificada é oferecida, centrada nas mudanças, a fim de enfatizar a perspectiva dinâmica do estudo de caso.

## Dinâmica e mudanças

Esse acidente, explicável em parte pelos “desvios” ou “adaptações” observados em nível local, pode ser compreendido mais globalmente pela dinâmica interna dos atores do grupo e da fábrica, sua evolução e transformações, em interação com seu entorno de mercado, regulatório e de fiscalização. Em primeiro lugar, ficou claro que o grupo não estava em uma situação econômica difícil e que os investimentos, particularmente em tecnologia para a modernização da ferramenta de produção, haviam sido significativos nos últimos dez anos. Esses investimentos foram feitos tanto em termos de capacidade de produção quanto de medidas de segurança, incluindo automação para distanciar os operadores, bem como videovigilância na operação da planta. Outras melhorias tecnológicas foram introduzidas, como a mudança no circuito de distribuição dos recipientes de pasta de nitroglicerina de um modo manual para um modo automático. Essa mudança visava tanto melhorar a segurança (limitando a exposição dos operadores) quanto otimizar os fluxos entre as oficinas.

É importante ressaltar esse ponto, pois um equívoco comum sobre acidentes é imaginar que eles acontecem em instalações degradadas, com manutenção deficiente, obsoletas ou sem investimento. Este caso contradiz, portanto, esse preconceito. Das entrevistas, resultou que uma sucessão de transformações dentro e fora da fábrica e do grupo, transformações não só tecnológicas, mas também de natureza operacional, organizacional, normativa e de controle, permitia uma melhor compreensão do acidente.

## Mudanças tecnológicas

Entre o conjunto de mudanças tecnológicas que contribuíam para aumentar os ganhos de produtividade, duas são particularmente interessantes de mencionar, por seus claros impactos no cenário do acidente. A primeira diz respeito à mudança nos amassadores da pasta de nitroglicerina. A mudança de equipamentos de madeira para equipamentos de metal, que apresentam vantagens, contribuiu para um aumento da presença de corpos estranhos (fragmentos de metal, peças, parafusos etc.), tão problemáticos para a segurança na fabricação de explosivos. Foi após um aumento da presença de corpos estranhos que a fiscalização de pólvoras e explosivos pediu à empresa que estabelecesse um procedimento de retorno de experiência. No ano do acidente, um objetivo da fábrica era reduzir a quantidade de corpos estranhos encontrados nas instalações.

O segundo exemplo é a introdução de um novo equipamento automatizado na produção de 80% da pasta para a fábrica, para as oficinas encarregadas de transformar a pasta em cartuchos de dinamite. Entretanto, ao se tornarem tão importantes na produção da fábrica, os operadores dessa máquina ganharam uma posição dominante, o que gerava problemas para algumas oficinas. Assim, quando solicitações específicas eram feitas por oficinas equipadas com máquinas cujas características dificultavam a mistura da pasta, já não estavam em condições de forçar a nova máquina, que produzia para 80% do local, a se ajustar à sua especificidade. Nessas condições, algumas oficinas, incluindo aquela onde ocorreu o acidente, às vezes se encontravam em situações de trabalho degradadas, onde lotes completos de pasta exigiam intervenção manual em suas máquinas, mantendo frequentemente os operadores em um nível bem acima do tempo de exposição planejado, cancelando assim o esforço para distanciar os operadores por meio da automação.

## Mudanças operacionais na produção

Uma mudança operacional importante, desta vez apenas alguns dias antes do acidente, foi o aumento da quantidade de oficinas ativas na produção. Isso aumentou o nível de interatividade, complicando a circulação na área com risco de explosão. Essa decisão foi tomada pela administração do grupo como resposta ao retorno de produtos não consumidos em outra fábrica do grupo. A consequência direta foi uma grande dificuldade local, na fábrica que sofreu

o acidente, para gerenciar o fluxo de produtos, em particular seu armazenamento, que estão sujeitos a regras rigorosas sobre a rotulagem (ou seja, a quantidade máxima de produtos presentes nas chamadas oficinas “tampão”, locais de armazenamento), muitas vezes difíceis de respeitar por causa de imprevistos na produção. Essas mudanças ocorreram sem análise dos riscos das novas condições de produção. Deve-se reconhecer que, tendo em vista as dificuldades de circulação causadas, é surpreendente, em retrospectiva, que ocorresse essa lacuna na abordagem da segurança, embora seja obviamente fácil raciocinar sobre isso à luz dos acontecimentos.

## Mudanças organizacionais

As sucessivas mudanças organizacionais dentro do grupo e da fábrica são elementos-chave para a compreensão do acidente. As principais mudanças foram em termos de trabalhadores, tanto na fábrica quanto na empresa. Na fábrica foram importantes. Na empresa tiveram efeitos, embora informais, com repercussão na dinâmica da segurança industrial na fábrica. A primeira mudança foi a substituição do antigo diretor da fábrica, que era experiente e descrito como muito “prático”, por um novo diretor, muito mais jovem, sem experiência em gerenciamento industrial e logo designado para dirigir duas fábricas, organizando a sua semana de trabalho entre duas unidades distantes geograficamente.

Essa mudança terá impactos óbvios na forma de arbitrar os assuntos na fábrica, em particular no equilíbrio de poder entre departamentos, em detrimento do engenheiro encarregado das questões de segurança, e a favor do experiente engenheiro de produção, no qual o novo diretor precisa confiar bastante. A experiência desse engenheiro compensa a inexperiência do diretor, mas obriga-o a uma forma de dependência nas arbitragens (inclusive na decisão de retirar o engenheiro de segurança das reuniões de retorno de experiência).

A segunda mudança, mais sutil, foi no organograma da empresa. O diretor técnico foi designado para outro cargo e teve de ser substituído. A consequência dessa mudança foi uma desconexão entre o departamento de segurança e a direção. O engenheiro responsável pela segurança industrial na fábrica perdeu, naquele momento, um poder informal, descrito em suas próprias palavras como a perda de seu “telefone vermelho”, que ele tinha por meio do diretor técnico anterior, bem situado dentro do grupo. Esse indivíduo não hesitava, disse ele, em “bater o punho na mesa” quando o informava sobre problemas

de segurança industrial dentro da fábrica. O engenheiro de segurança perdeu essa possibilidade de agir indiretamente por meio do novo diretor técnico da empresa, com o qual ele não tem a mesma relação.

## Mudanças regulatórias e de fiscalização

Para terminar de ilustrar as mudanças, mostrar sua variedade e também a complexidade do caso, dois parágrafos são dedicados aos aspectos regulatórios e de fiscalização, de forma sucinta e simplificada, como os anteriores. A empresa, até então sujeita aos regulamentos de 1979 sobre atividades com risco de explosão, passou a estar sujeita aos regulamentos para instalações listadas para a proteção ambiental em 2002. A transição foi complicada por vários motivos. Uma primeira razão é a falta de coerência entre os limites para os efeitos de sobrepressão nos dois regulamentos. A inconsistência obriga fazer uma interpretação e escolhas no cálculo das distâncias em efeitos a serem levados em conta, exigindo que a empresa tome uma posição. Outro motivo é a nova abordagem decorrente da regulamentação sobre instalações classificadas no tocante à regulamentação de atividades com risco de explosão. A transição de uma regulamentação muito prescritiva, baseada em princípios de análise dos riscos muito precisos, para uma abordagem muito menos prescritiva requer tempo para a empresa se adaptar, um processo no qual ela estava envolvida no momento do acidente, o que manteve o departamento de segurança ocupado, desviando sua atenção de atividades mais operacionais. Mas esse aspecto regulatório ligado aos textos também foi acompanhado por uma evolução nas fiscalizações das autoridades de controle.

A empresa, até então controlada apenas por fiscais de pólvoras e explosivos, em termos de segurança industrial, agora ficava também sujeita ao escrutínio do fiscal de instalações classificadas. Por um lado, isso complicava os circuitos de validação das análises dos riscos e, por outro lado, essa situação tinha também um impacto significativo na qualidade da fiscalização. A mudança do controle por um órgão especializado no campo da fabricação de explosivos para um órgão não especializado e generalista se reflete imediatamente nos pontos (e sua relevância) levantados durante as fiscalizações. Enquanto, no passado, os fiscais de pólvoras e explosivos identificaram pontos críticos na segurança industrial da fábrica, a fiscalização de instalações classificadas durante sua primeira visita em 2002 focou principalmente aspectos formais dos sistemas de gestão da segurança, bem como nos EIPS

(elementos importantes para a segurança), em contraste com a abordagem da empresa na gestão de riscos.

## Mudanças que se combinam, que mobilizam diferentes perspectivas

Para compreender o acidente, é necessário compreender a dinâmica desencadeada por essas diversas mudanças e outras não mencionadas aqui (associando-as à dimensão sincrônica, que foi menos enfatizada aqui). É nessa perspectiva que o acidente se compreende melhor. Cada uma dessas mudanças contribui para a compreensão, ainda que *a posteriori*, dos desvios ou adaptações descritas em nível local, e participa tanto da dinâmica acidental quanto estes últimos. Entende-se assim que esse acidente é o resultado de um movimento complexo, que não pode ser reduzido a uma dimensão, mas requer a conjunção de várias dinâmicas configurando o sistema de forma propícia ao acidente, ou pelo menos suas consequências. Dois aspectos fundamentais dessa investigação devem, portanto, ser enfatizados. Primeiramente, essa conjunção de mudanças, essa emergência, é ocorrencial, é contingente. Ela resulta de uma combinação singular, única e histórica. Em segundo lugar, ocorre uma conjunção “multidimensional” de movimentos na forma de mudanças ou evoluções que afetam a capacidade de gestão da segurança da empresa. Cada um desses movimentos se refere a fenômenos que são estudados em vários campos disciplinares.

Assim, o estudo do impacto da tecnologia sobre o trabalho pode ser uma questão de ergonomia ou de sociologia do trabalho. As mudanças operacionais locais que não envolvem análise dos riscos levantam questões sobre as ferramentas de gestão de segurança da empresa. As mudanças regulatórias e de fiscalização levantam questões jurídicas e de política pública estudadas, respectivamente, pelo direito e pela ciência política ou pela sociologia da ação pública. As transformações tecnológicas e seu impacto sobre o nível de segurança por meio de análises dos riscos mobilizam os conhecimentos de engenharia, mas também as conquistas da sociologia da ciência e da tecnologia. Mudanças organizacionais reconfigurando os limites e recursos dos vários atores e levando a formas de arbitragem diferentes são os temas favoritos da sociologia das organizações.

## Em resumo

Essa investigação de acidente nos permite entrar na complexidade do problema da segurança industrial. Em primeiro lugar, não se pode pensar nisso de forma dicotômica, ou seja, com as ciências da engenharia de um lado e as ciências humanas e sociais (CHS) do outro. Esse problema exige uma compreensão do acoplamento sociotecnológico. É impossível pensar em um sem pensar no outro. Em segundo lugar, a natureza singular e motivada por eventos do fenômeno acidental é central. Essa singularidade, essa conjunção de interações causais entre atores, situações e artefatos, torna o acidente intrinsecamente imprevisível e, conseqüentemente, a avaliação da segurança industrial uma impossibilidade? O enfoque sugerido, com base no caso, é postular que movimentos ou mudanças poderiam contribuir para produzir dinâmicas mais ou menos conducentes a um aumento ou diminuição da probabilidade de um evento. Entretanto, ao identificar as mudanças que contribuíram, retrospectivamente, para o acidente, o observador percebe muito bem a necessidade de mobilizar um conjunto de conhecimentos e arcabouços interpretativos de muitos campos disciplinares.

Em terceiro lugar, então, a problemática da segurança industrial é multidimensional. Nenhuma disciplina científica permite fazer a leitura completa de um acidente. Cada disciplina permite apenas um certo recorte da realidade para esclarecer a situação de um determinado ângulo. A multiplicação dos ângulos de visão parece necessária, mas gera a questão da articulação entre eles. Esses ângulos de visão são sempre complementares? São por vezes bastante incompatíveis ou tão diferentes que não podem ser associados ou combinados? Como alcançar o objeto da “segurança industrial” tentando combinar diferentes interpretações? Essas perguntas levam agora ao Capítulo 2, que propõe identificar contribuições disciplinares e tradições de pesquisa sobre acidentes e segurança industrial, ao mesmo tempo que introduz a questão da pluri, multi, inter e transdisciplinaridade no estabelecimento de um arcabouço teórico.

## Notas

1. Este capítulo contém os resultados tornados públicos (no *site* do Ineris em 2004, [www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)) da investigação do acidente na fábrica Nitrochimie em Billy-Berclau, em 27 de março de 2003.
2. A. Waring & A.I. Glendon (1998).

3. Em sociologia, esse tema foi particularmente introduzido e discutido por R. Boudon (1979, 1984), e também por A. Giddens (1987), sendo um tema essencial no discurso contemporâneo sobre complexidade, desenvolvido no Capítulo 3 deste livro.
4. Foi Raymond Aron quem introduziu os contornos: “As afirmações indemonstráveis do determinismo nascem espontaneamente da perspectiva histórica. Primeiro identificamos oportunidades, aproveitadas ou perdidas, momentos decisivos, mas sempre e em todos os lugares, trate-se de uma vitória militar ou o colapso de um império, descobrimos razões distantes e válidas que, após o fato, tornavam aparentemente inevitável o desfecho. Esquecemos que o resultado oposto poderia ter tido uma explicação igualmente satisfatória. Em outras palavras, a retrospectiva cria uma ilusão de fatalidade que contradiz a impressão contemporânea de contingência. Nenhuma das duas é *a priori* verdadeira ou falsa, o futuro muitas vezes retifica o julgamento dos atores. [...] O passado do historiador tem sido o futuro das figuras históricas. Se o futuro traz a marca de uma imprevisibilidade essencial, a explicação deve respeitar a natureza do evento” (Aron, 1986, p. 223-224). Hannah Arendt escreve que “o evento ilumina seu próprio passado, mas nunca pode ser deduzido dele” (Arendt, 1961, p. 10).
5. B. Fischhoff (1975).
6. Um termo usado por D. Vaughan na análise do Challenger (Vaughan, 1996).
7. F. Dosse (2010, p. 254).
8. H. Putnam (2002).
9. R. Aron (1967).
10. J.-L. Le Moigne (2007).
11. J. Rasmussen (1997).



## 2. Disciplinas e indisciplina

O Capítulo 2 propõe uma organização da literatura, no campo da segurança industrial, que visa a evitar o atrelamento a qualquer disciplina ou tradição de pesquisa específicas, a fim de considerar a questão de uma forma multidimensional. Não é, no entanto, um exercício especulativo. Essa retrospectiva e a ambição interdisciplinar que a acompanha são o resultado de muitos anos de estudo e pesquisa, indo e voltando entre, por um lado, o longo tempo gasto no campo em numerosos sistemas de riscos durante estudos etnográficos ou de pesquisa-ação e, por outro, investigações teóricas em diferentes campos relacionados com questões de segurança industrial e de risco. Este capítulo representa, portanto, uma retrospectiva original, introduzindo os elementos necessários para uma compreensão estruturada, ao redor de um objeto (segurança industrial) e de um projeto (avaliação de segurança industrial), independentemente de qualquer base disciplinar específica, ou como veremos posteriormente, tradição de pesquisa.

Este capítulo é, portanto, central neste livro. Constitui o pano de fundo mínimo para uma abordagem empírica desse assunto a partir de um ângulo interdisciplinar. Condiciona a própria possibilidade de acesso ao problema aqui delimitado e de alcançar o objetivo de um questionamento intelectualmente autônomo, enquadrando o problema adequadamente. De fato, como será discutido no Capítulo 3, diz-se que a realidade é “carregada de teoria” (expressão emprestada da filosofia da ciência), isto é, que nossas perguntas, nossa visão do mundo, não procedem de uma indução, mas de uma seleção, com base em nosso conhecimento prévio, do que pensamos ser relevante para observar, olhar e compreender. Este capítulo é, portanto, fundamental ao identificar espaços de pesquisa que tratam de questões de risco e segurança industrial que, considerados separada e isoladamente, abordam apenas um aspecto dessas questões,

pelo próprio funcionamento da pesquisa científica, com suas conhecidas limitações, além de suas virtudes.

## Múltiplas contribuições para a segurança industrial

### Uma leitura histórica na encruzilhada

Este capítulo aborda a segurança industrial e os acidentes, posicionando-se entre vários tipos de revisões e organização da literatura sobre esse assunto. Uma primeira opção favorece um ponto de vista bastante disciplinar (ou uma tradição de pesquisa) bem delimitado em matéria de segurança, por exemplo, as ciências da engenharia,<sup>1</sup> a ergonomia cognitiva<sup>2</sup> ou a teoria e sociologia das organizações.<sup>3</sup> Uma segunda opção apresenta, de forma muito mais sucinta, uma tendência à sucessão de três perspectivas nas estratégias de prevenção nos últimos cinquenta anos: técnica, humana e organizacional.<sup>4</sup> Uma terceira opção, pluri ou multidisciplinar, propõe a aproximação de pontos de vista.<sup>5</sup> É uma quarta abordagem, que se encaixa entre as opções anteriores, que eu pretendo seguir aqui. Favorece em primeiro lugar uma perspectiva interdisciplinar (diferente das opções disciplinares e multidisciplinares) e em segundo lugar uma perspectiva mais “emaranhada”, um pouco menos categórica e linear do que a sugestão de uma sucessão de três períodos distintos (técnico, humano e organizacional).

Como veremos, houve muitos desenvolvimentos ocorrendo mais ou menos em paralelo ao longo dos anos, mais do que uma sucessão bem definida de abordagens, como sugerem muitos autores no campo da segurança industrial. Observamos também que cada abordagem se desenvolveu mais ou menos independentemente, apesar da circulação de conceitos e reflexão sobre um objeto comum, sem que nenhum dos campos recém-constituídos tenha sido realmente substituído ou suplantado por outro durante os últimos trinta anos. Ao contrário, historicamente, tem havido a produção de um conjunto do que mais tarde será definido como tradições de pesquisa, ou seja, corpos de conhecimento caracterizados pelo encontro entre as diversas disciplinas e o campo empírico e teórico ao redor da questão da segurança industrial. Essas tradições de pesquisa continuam a se desenvolver de forma relativamente autônoma, com mais ou menos trocas.

Além disso, à distinção tradicional “técnica, humana e organizacional”, que se refere muito esquematicamente a três níveis de análise, deve ser

acrescentado o papel das autoridades de controle, da ação pública, da *expertise* e das agências ou institutos, mas também das interações com a sociedade civil. Esse nível de análise constitui em si um eixo de pesquisa que se soma às outras três dimensões. Constitui, portanto, um quarto eixo, sustentado por tradições de pesquisa e disciplinas específicas (em particular a sociologia da ação pública, a ciência política e o direito). Entretanto, dada a estratégia e os objetivos deste capítulo, é preciso fazer agora alguns esclarecimentos preliminares.

## Multi/pluri/poli/inter/transdisciplinaridade

Nos últimos anos, os apelos à interdisciplinaridade têm sido numerosos, e tais abordagens e projetos foram incentivados.<sup>6</sup> Existe hoje uma literatura abundante sobre o assunto, com pesquisadores que o estudaram e até mesmo se especializaram nele.<sup>7</sup> Entretanto, à expressão da interdisciplinaridade somam-se os termos multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade ou até polidisciplinaridade e transdisciplinaridade. Para eliminar certas ambiguidades, três distinções podem ser feitas, sendo bem resumidas pelo filósofo e sociólogo Edgar Morin no excerto seguinte.<sup>8</sup>

Voltemos aos termos interdisciplinaridade, multi ou polidisciplinaridade e transdisciplinaridade, que não foram definidos por serem polissêmicos e vagos. Por exemplo, a interdisciplinaridade pode significar simplesmente que disciplinas diferentes se sentam à mesma mesa, na mesma assembleia, assim como as diferentes nações se reúnem na ONU sem poder fazer nada além de afirmar seus próprios direitos nacionais e sua soberania sobre as invasões de seus vizinhos. Mas a interdisciplinaridade também pode significar troca e cooperação, de modo que a interdisciplinaridade pode se tornar algo orgânico. A polidisciplinaridade se refere a uma associação de disciplinas ao redor de um projeto ou objeto comum a elas; ora as disciplinas são convocadas como especialistas técnicas para resolver este ou aquele problema, ora, ao contrário, interagem profundamente para tentar conceber esse objeto e esse projeto, como no exemplo da hominização.

No que diz respeito à transdisciplinaridade, muitas vezes é uma questão cognitiva, de visão sintética cruzando as disciplinas, tão poderosa às vezes que as energiza. Na verdade, são complexas relações de inter, poli e transdisciplinaridade as que têm ocorrido e tido um papel frutífero na

história da ciência, envolvendo especialmente aspectos como a cooperação e, melhor, articulação, um objeto comum e, melhor, projeto comum.

Sobre a transdisciplinaridade temos também a reflexão, em outro trabalho de Morin, de que “A história da ciência é atravessada por grandes unificações transdisciplinares marcadas pelos nomes de Newton, Maxwell, Einstein, e pela influência de filosofias subjacentes (empirismo, positivismo, pragmatismo) ou imperialismos teóricos (marxismo, freudismo)”.<sup>9</sup>

Portanto, mesmo que os conceitos permaneçam vagos e polissêmicos, podemos considerar as três distinções seguintes a partir da proposta de Edgar Morin:

- *Pluri ou multidisciplinaridade*: abordagem que consiste em propor diferentes pontos de vista de várias disciplinas sobre o mesmo assunto, sem procurar combinar, confrontar, articular ou fazer trocas entre as diferentes disciplinas.
- *Poli ou interdisciplinaridade*: abordagem que visa fazer operar, circular, fundir, complementar-se e confrontar-se em torno de um objeto comum ou dentro de um projeto comum, a fim de buscar articulações e chegar a um novo ângulo de visão, irredutível às contribuições individuais de cada disciplina.
- *Transdisciplinaridade*: abordagem que tem uma dimensão transversal com respeito a todas as ciências ou disciplinas, como a noção de “sistema”, utilizada transversalmente em todos os campos do conhecimento, ou o princípio de “auto-organização” (que será analisado no Capítulo 3, dedicado à complexidade).<sup>10</sup>

As distinções aqui propostas têm a vantagem de serem bastante robustas em relação a muitas publicações recentes na área,<sup>11</sup> mesmo que se possa ir mais longe nos refinamentos e distinções dentro dessa primeira divisão. Existem de fato propostas mais detalhadas, diferenciando com mais precisão a multi, inter e transdisciplinaridade. A tipologia de Julie Klein<sup>12</sup> é um exemplo. Essa historiadora, especializada no assunto, compilou e organizou um grande número de trabalhos realizados nos últimos trinta anos sobre essa questão, e propõe nuances que estão ausentes do primeiro mapeamento que acabamos de apresentar. Sobre a multidisciplinaridade, encontramos princípios distintos de justaposição, sucessão ou coordenação. Quanto à interdisciplinaridade, ela se

subdivide em interdisciplinaridade estreita ou ampla e abrangente, metodológica ou teórica, instrumental ou crítica, endógena ou exógena, composta, auxiliar ou contextualizadora etc. Esses matizes serão aproveitados nos capítulos seguintes para definir melhor as contribuições que aparecem nas diferentes etapas que constituem os capítulos.

## Transdisciplinaridade: modo 1 e modo 2

Além disso, deve-se acrescentar aqui que a transdisciplinaridade às vezes também é pensada como uma nova prática da ciência visando uma maior participação da sociedade na orientação, mas também na execução da pesquisa científica. De acordo com alguns autores, os contornos de novas práticas têm de fato surgido gradualmente.<sup>13</sup> A respeito disso, propõem distinguir entre diferentes regimes de produção científica, “modo 1” e “modo 2”. O modo 1 se refere a uma abordagem considerada tradicional, ou seja, uma pesquisa científica desinteressada que produz conhecimento em nome do conhecimento, com o objetivo de buscar a verdade. Ocorre nas universidades, é disciplinar e relativamente autônomo da demanda social e industrial. Somente os pesquisadores conhecem as direções a seguir, com base na ciência que dominam na sua área de especialização.

Um modelo alternativo de produção científica, denominado “modo 2”, foi gradualmente sobreposto ao modo 1, sem substituí-lo completamente. Esse modo se caracteriza por uma interação muito mais forte com a indústria ou a demanda social, e se orienta para objetivos finais e contextualizados, sem necessariamente respeitar as divisões disciplinares clássicas, refletidas pelos departamentos universitários. A diferença entre os modos 1 e 2, no entanto, segundo os autores, não corresponde à distinção tradicional entre ciências “básicas” e “aplicadas”. É bem provável que o modo 2 traga à tona questões que poderiam ser classificadas como básicas na visão antiga. Também não se trata de utilizar conhecimentos básicos para projetos de pesquisa aplicada e, portanto, “apenas aplicar” os conhecimentos já disponíveis. Trata-se de produzir conhecimentos novos e úteis para fins específicos.

Essa abordagem tem sido amplamente adotada, porém não faltam críticas de filósofos, historiadores e sociólogos da ciência e da tecnologia. Para a filósofa e historiadora da ciência Bernadette Bensaude-Vincent, por exemplo, “eles devem ser considerados como modelos ideais que nunca ocorrem plenamente, mas comportam sistemas de valores que orientam as escolhas políticas

em termos de pesquisa [...] Esses modelos ideais têm uma função mais performativa do que descritiva”.<sup>14</sup> Para Christophe Bonneuil, historiador e sociólogo da ciência, e Pierre-Benoît Joly, economista e sociólogo,

à binaridade dos modos 1 e 2 (adquirindo em Gibbons e seus colegas uma espécie de evidência natural e de necessidade), devemos contrapor os múltiplos modos de existência da ciência na sociedade desde o Renascimento, em que o “modo 1” parece nunca ter existido claramente ou sido dominante pelo menos.<sup>15</sup>

## Uma dinâmica científica não tão nova?

Portanto, é útil sublinhar o que Edgar Morin nos lembra no trecho já citado. “São complexos de inter, poli e transdisciplinaridade que operaram e desempenharam um papel frutífero na história da ciência”. Em retrospectiva, é bem possível mostrar que tais dinâmicas já ocorreram no passado. É o que Claude Debru, filósofo da ciência, aponta com o caso de Louis Pasteur:

Seu itinerário vai da química, cristalografia, óptica, à medicina e à sociedade, com consequências consideráveis, especialmente em termos de higiene social. Esse percurso merece completamente o epíteto de transdisciplinaridade: atravessa muitas disciplinas e, ao fazê-lo, transfere os métodos comprovados de uma para outra, enriquecendo-os e modificando-os.<sup>16</sup>

Como escreve Bruno Latour, sociólogo e filósofo, sobre Louis Pasteur,

a cristalografia, a bioquímica, e a imunologia, por exemplo, estão entre as disciplinas que ele inicia e não continua, desviando-se para problemas que fascinam um número maior de pessoas [...] Pasteur é totalmente indiferente aos limites disciplinares e à autonomia profissional.<sup>17</sup>

Outros candidatos a tal descrição também são mencionados por Claude Debru, incluindo Ernst Mach, Erwin Schrödinger, Alan Turing e Herbert Simon, sobre quem Jean Pierre Dupuy, um filósofo da ciência, escreveu: “os historiadores das ideias o consideram um homem renascentista perdido no século XX, uma espécie de Leonardo da Vinci dos tempos modernos”.<sup>18</sup> Essa dinâmica da ciência não é, portanto, inteiramente nova, apesar da clara evolução das

condições de circulação do conhecimento em suas diferentes formas, com a explosão da especialização científica e das barreiras institucionais (particularmente com as universidades e, em geral, com a divisão do trabalho científico), e com a transformação dos sistemas de financiamento e interação entre a pesquisa privada e pública, o aumento do nível educacional e as mudanças na relação entre ciência e sociedade etc. Devemos, portanto, retornar a alguns dos problemas atualmente associados à prática da interdisciplinaridade.

## Custos cognitivos, sociais e institucionais do pesquisador poli e/ou interdisciplinar

Os custos (ou obstáculos) das abordagens que visam mobilizar várias disciplinas (para fins “multi”, “poli” ou “inter”) são numerosos para o pesquisador, e são de pelo menos três tipos: cognitivo, social e institucional. Cognitivamente, é uma estratégia de pesquisa aventureira no sentido de um pouco arriscada. Ela convida à exploração e descoberta de diferentes campos, sem que o pesquisador tenha sido treinado previamente em todos eles, obviamente. O perigo é não os dominar suficientemente, cair no sincretismo, ou mesmo se perder. Por outro lado, é cognitivamente intenso. Como aponta o psicólogo Bernard Claverie em uma reflexão sobre esses aspectos cognitivos,

a multidisciplinaridade e a interdisciplinaridade [...] requerem um esforço de reflexão, um desejo de ir além da rotina, uma estratégia colaborativa que exige energia para compartilhar os valores de diferentes comunidades. Esse processo corresponde a um pensamento voluntário, guiado por um desejo de associação entre as representações. São esses pontos de vista distintos, às vezes a partir das mesmas redes ou sub-redes, que devem então se cruzar. E não é fácil adotar os do outro que perturbam a própria representação. O recurso ao simbólico é onipresente, difícil e cansativo. Por falta de motivação ou desgaste se tende a voltar para o mais simples, no conforto cognitivo da simples coordenação de representações espontâneas.<sup>19</sup>

No plano social, essa aventura indisciplinada fora do próprio campo de competência, no território de outros pesquisadores, não deixa de gerar incompreensão, talvez até rejeição, e conseqüentemente também um certo isolamento. Essa rejeição por parte dos outros pode ser explicada da mesma forma, pelas dificuldades e custos cognitivos, sociais e institucionais que o pesquisador

multidisciplinar ou interdisciplinar enfrenta. Não sendo sociólogo, nem ergonomista, nem engenheiro, nem gestor, nem cientista político ou filósofo (epistemólogo), mas ainda assim, um pouco de tudo para lidar, por exemplo, com a questão da segurança industrial e os acidentes tecnológicos maiores. O pesquisador que visa uma abordagem interdisciplinar pode ter dificuldade, muitas vezes, para construir uma “identidade científica”.

Finalmente, em nível institucional, essa estratégia de pesquisa pode enfrentar enormes dificuldades de valorização. Os revisores e comissões científicas nem sempre se sentem à vontade para julgar a qualidade do trabalho interdisciplinar, dado seu caráter muito híbrido, articulando-se no cruzamento de campos diversos. Bernard Claverie, mais uma vez, comenta:

Portanto, é para o mais simples que o pensamento tenderá. Não é surpreendente que quando o sujeito está envolvido em tarefas mentais pesadas, quando está cansado ou se sente ameaçado, ele retorne aos processos mais estabilizados, mais rotineiros, aos modelos abstratos e aos padrões de pensamento mais habituais, confortáveis e tranquilizadores. Os avaliadores, que não buscam complexidade, participam desse processo.<sup>20</sup>

Neste capítulo, a abordagem preferida é, em primeira instância, bastante multidisciplinar na orientação, ainda que leve os campos ao diálogo para compará-los, para organizá-los de acordo com alguns de seus pontos comuns, a fim de dar uma estrutura a esse “reservatório” empírico e conceitual de trabalhos. Permite comparar diferentes disciplinas a fim de preparar, em uma segunda fase, uma elaboração interdisciplinar desta vez, que contribua para a construção de um objeto autônomo e para o projeto de avaliação.

## **Quatro categorias: instalação, cognição, organização, regulação**

Com esses esclarecimentos em mente, a Figura 2.1 mostra, de maneira muito simplificada, um agrupamento temático de disciplinas e tradições de pesquisa em quatro categorias, baseado em minha experiência de pesquisa em acidentes e segurança industrial. A produção de conhecimentos nessa área, na forma de publicações, aconteceu a partir dos anos 1960, especialmente durante os anos 1970 e 1980. Durante essas duas décadas, em muitas áreas, em engenharia,



ergonomia, administração, sociologia, direito e política, surgiram questionamentos específicos sobre esse tema.

Estes nasceram ou cresceram à luz de acidentes maiores, na petroquímica com Feyzin (1966) na França, na química com Flixborough (1974) na Inglaterra, ou no setor nuclear com Three Mile Island (1978) nos Estados Unidos, e com a primeira onda de acidentes extraordinários dos anos 1980 (Chernobyl, Bhopal, Challenger, Piper Alpha etc.; ver Quadro 1 na Introdução). Durante a década de 1990, cada um desses questionamentos continuou a se desenvolver de forma independente, enquanto conversavam mais ou menos entre eles (especialmente por meio da circulação de conceitos). Nos anos 2000, essa situação persistiu, com fortes bases disciplinares, que se comunicam com maior ou menor intensidade. Agrupo-os usando quatro termos terminados em -ção: instalação, cognição, organização e regulação.

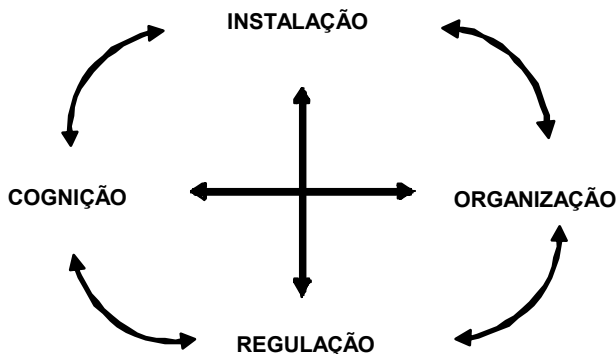


Figura 2.1 Quatro categorias

Isso permite agrupar disciplinas com escopos, objetos e projetos similares (ainda que distintos). Esses termos, portanto, abrangem respectivamente:

- 1) *Instalação*: ciências da engenharia (incluindo segurança operacional e modelagem), matemática, física e química dos fenômenos e ciência da computação.
- 2) *Cognição*: ergonomia (fisiológica, psicológica ou cognitiva); psicologia, psicossociologia ou trabalho cooperativo assistido por computador.
- 3) *Organização*: ciências da administração, sociologia das organizações e do trabalho, antropologia e sociologia da ciência e da tecnologia.
- 4) *Regulação*: direito, sociologia da ação pública e ciência política.

Dentro de todas essas disciplinas, apenas são buscadas e mobilizadas as contribuições dedicadas à segurança industrial, ou seja, à prevenção de riscos tecnológicos maiores nas indústrias em operação (ou seja, nuclear, química, transporte). Meu projeto envolve, portanto, fazer empréstimos seletivos de trabalhos empíricos e teóricos em diferentes campos disciplinares ou tradições de pesquisa, que lançam luz sobre o objetivo da avaliação da segurança industrial. Quando articulados (na interação entre o olhar empírico e teórico que este livro propõe), tornam possível uma compreensão de alcance bem diferente do que permitiria uma abordagem baseada em uma única área de conhecimento. Isso será discutido no Capítulo 3.

## Um capítulo exposto à crítica disciplinar

Este capítulo, portanto, pode ser o mais frustrante e confuso para os pesquisadores das várias disciplinas ou tradições de pesquisa apresentadas. Frustrante, por um lado, porque nenhuma das seções seguintes poderá se aprofundar nas áreas cobertas. Por exemplo, a categoria de regulação de risco (correspondente à noção anglo-saxônica de *risk regulation*) pode ser conectada aos estudos das ciências sociais sobre risco,<sup>21</sup> mas ainda mais diretamente ao trabalho sobre políticas públicas.<sup>22</sup> Dentro desses amplos campos de estudo, apenas aqueles trabalhos que estão relacionados ou podem ser de interesse à questão da prevenção de riscos tecnológicos maiores (segurança industrial) são discutidos (com um foco particular nas instalações químicas, quando possível).<sup>23</sup> Essa decisão reduz consideravelmente o número de contribuições consideradas, e a retrospectiva sobre esse ponto, portanto, não refletirá a extensão da pesquisa realizada, por exemplo, sobre riscos que, às vezes, são descritos como de outra “geração”,<sup>24</sup> diferente dos riscos tecnológicos ou industriais mais “clássicos”, sendo os riscos sanitários um exemplo ilustrativo, para a França, que não discutiremos aqui.<sup>25</sup>

Esse raciocínio se aplica identicamente aos outros campos. Somente foram selecionados os trabalhos orientados para a segurança industrial dentro das ciências da engenharia, ergonomia (cognitiva ou psicológica), sociologia das organizações (ou do trabalho), ciências da administração ou na sociologia da ciência e tecnologia. A dificuldade do ponto de vista da pesquisa é, a cada vez que estudos de um campo disciplinar são mobilizados, conhecer pelo menos os conceitos básicos e o *corpus*, para evitar usar de forma inadequada os modelos, teorias ou resultados empíricos desses estudos. Esse obstáculo é inerente

a qualquer trabalho de natureza interdisciplinar, que avança “à beira do sincretismo” (uma das dificuldades, aqui cognitiva, mencionadas anteriormente). Esse é o risco e muitas vezes a crítica, por vezes justificada, de perspectivas interdisciplinares e transdisciplinares “muitas vezes denunciadas ao implicar para alguns o perigo (real de fato) de igual incompetência sobre os vários assuntos abordados e de uma excessiva velocidade no processamento”.<sup>26</sup>

Desconcertante, por outro lado, porque o leitor “monodisciplinar” (hesito em usar o termo “monodisciplinar” pois nenhum pesquisador é verdadeiramente monodisciplinar, mas sempre se enquadra dentro dos limites mais ou menos permeáveis, embaçados, abertos e evolutivos, às vezes compostos, que definem o “núcleo” de sua disciplina, sua identidade empírica e teórica) é convidado a sair de sua “zona de conforto” para entrar em campos fora de seus limites habituais. Não devemos subestimar o efeito do fechamento cognitivo que a especialização pode ter, nem o esforço que precisa ser feito para sair dele e enxergar a prática científica de forma diferente, o que proponho considerar como um “estilo” no Capítulo 3, com o suporte da ideia da complexidade.

## A imagem do “desembarque de helicóptero”

O resultado que se busca aqui não é, portanto, descrever detalhadamente todos os campos de pesquisa, e sim extrair elementos básicos em uma perspectiva multi e depois interdisciplinar, para um propósito específico. Não procuro um domínio completo de todos esses campos, o que seria uma tarefa colossal. Trata-se de adquirir um conhecimento suficiente deles, para atingir um propósito particular, além da simples soma do que essas disciplinas, consideradas separadamente, contribuem. Em uma abordagem multidisciplinar, o pesquisador precisa saber o suficiente para poder considerar articulações empíricas e teóricas. A imagem de Serres do “desembarque de helicóptero”<sup>27</sup> é, portanto, bem apropriada para introduzir, explicar e justificar essa posição, que pode surpreender à primeira vista. A imagem foi resumida pelo próprio autor durante uma entrevista.

Propus uma imagem que eu chamo de “desembarque de helicóptero”. Sou montanhista, tem sido uma das grandes paixões da minha vida. Então já fiz mil e uma escaladas, com o mesmo guia quase sempre, e conheço bem o trabalho de guia de alta montanha. Eu admiro muito esses guias. São pessoas que realmente conhecem a montanha. Você pega um guia de

Chamonix, um homem que escalou o Mont Blanc, a Aiguille Verte etc., centenas de vezes. Aí, vocês sobem a montanha, fazem uma escalada de dezenove horas – isso pode acontecer – com um bivaque, e ficam pasmos no cume ao encontrar uma equipe de cineastas filmando o vale e a cadeia de picos, tendo desembarcado lá de helicóptero. Então você diz: que bando de inúteis! Mas essa questão não se determina tão facilmente, pois essas pessoas foram deixadas de helicóptero em trezentos cumes pelo mundo, enquanto eu só fiz três cumes nos Himalaias. Então, aí, quem conhece melhor a montanha? Aquele que desembarcou lá de helicóptero ou eu? Esse problema não se resolve tão facilmente assim.<sup>28</sup>

Essa questão será mais explorada no próximo capítulo, sobre o tema da complexidade, em que será caracterizado um “estilo” particular de pesquisa, que se aplica a muitos campos científicos, incluindo a segurança industrial, e que é seguido aqui. Os filósofos Edgar Morin e Michel Serres serão então discutidos em maior profundidade. Mostrarei brevemente, no Capítulo 4, que minha abordagem não está isolada e que algumas tentativas semelhantes foram feitas ao longo da história do campo da segurança industrial nos últimos vinte anos, em particular pelo uso de modelos gráficos.

## Categories terminadas em -ção um tanto arbitrarias?

A escolha das quatro categorias terminadas em -ção, para os diferentes ângulos disciplinares, é potencialmente controversa. Por exemplo, a categoria “regulação”, embora apareça aqui associada às contribuições do direito, da ciência política e da sociologia da ação pública, também remete, para os sociólogos do trabalho, a um conceito-chave nesse campo. Ela serve como ponto de ancoragem para pensar sobre os fenômenos de conflito e negociação na criação, manutenção e transformação das regras que organizam o trabalho e as relações profissionais.

As expressões de regulação do controle, autônomas ou conjuntas, estão assim no cerne de uma importante conceitualização para a sociologia do trabalho,<sup>29</sup> da qual têm se beneficiado até hoje<sup>30</sup> as abordagens relativas à segurança. Pode, portanto, parecer bastante insatisfatório para um sociólogo do trabalho, nessa classificação, não estar associado diretamente à categoria “regulação”, mais envolvida aqui com direito, ciência política e sociologia da ação pública.

Essa situação se repete para as outras categorias selecionadas. Para os ergonomistas, por exemplo, resumir sua contribuição na categoria “cognição” pode parecer um reducionismo. Existe a ergonomia física, com foco no corpo, nas posturas e no *design* dos postos de trabalho do ponto de vista das características físicas dos indivíduos, além da ergonomia focada nos aspectos psicológicos, emocionais e afetivos. Acontece o mesmo com os estudos ergonômicos que incluem a “organização” em suas análises do trabalho, e com a categoria “regulação”, termo que pode se referir também a um conceito importante em psicologia ergonômica.<sup>31</sup>

Da mesma forma, os pesquisadores da sociologia da ação pública poderiam lamentar o uso do termo “regulação” por seu lado anglo-saxão, assim como não ter sido atribuídas ao campo deles as noções de “cognição” ou “organização”, embora essas dimensões possam ser bastante abordadas por eles. Os gestores também poderiam questionar a aplicação da “cognição” para a ergonomia, sendo que muitos trabalhos no campo da gestão a reivindicam, especialmente no campo dos estudos estratégicos<sup>32</sup> etc. Em resumo, essa classificação pode parecer mais ou menos satisfatória, dependendo do ângulo disciplinar escolhido.

Após algumas tentativas fracassadas, especialmente multiplicando o número de categorias terminadas em -ão (por exemplo, negociação, tradução, fiscalização, gestão, construção, regulamentação, decisão, concepção\* etc.), desisti da ideia de encontrar expressões sem qualquer ambiguidade. É claro que é impossível dar conta da diversidade de usos do vocabulário em todas as disciplinas a serem introduzidas, quando as mesmas palavras trazem diferentes delimitações e significados.

A noção de “regulação”, que se encontra nas ciências da engenharia, na ergonomia (cognitiva, física), na sociologia (do trabalho, da organização, da ação pública) ou no direito, tem um significado um pouco diferente em todas essas disciplinas ou campos. Essa escolha de quatro termos é, portanto, um tanto redutora, assim como qualquer esforço de teorização. Apresenta a vantagem de fornecer uma categorização macro que faz sentido o suficiente, e tem por objetivo agrupar vários tipos de trabalho e disciplinas, que formam tradições de pesquisa, a fim de facilitar a tarefa e o objetivo desta apresentação.

A retrospectiva proposta, e as escolhas subjacentes (incluindo os termos que acabamos de discutir), não escapam à situação “epistêmica” do assunto diante

---

\* Em francês, *conception* se refere ao projeto ou *design*. [N.T.]

da história das contribuições disciplinares para a segurança industrial.<sup>33</sup> Em qualquer leitura histórica, os objetivos, conhecimentos e experiências do autor são decisivos. Portanto, elas refletem aqui uma certa orientação, voltada para a avaliação e para a necessidade de articulações apropriadas entre campos de estudo da segurança industrial. Nas seções seguintes, os quatro temas são abordados para as décadas de 1970/1980, 1990 e 2000, separadamente. Isso permite produzir os referenciais úteis para identificar as concomitâncias temporais e desdobramentos paralelos que desejo destacar neste capítulo. Retomando os refinamentos de Julie Klein,<sup>34</sup> é preciso enfatizar que neste capítulo não se trata de uma justaposição, nem apenas de uma sucessão, mas de coordenação multidisciplinar, em um primeiro passo em direção à interdisciplinaridade.

## Regulação

### Anos 1970 e 1980

Foi no final dos anos 1970 e durante a década de 1980 que a terminologia de “riscos tecnológicos maiores” foi desenvolvida e utilizada nas políticas públicas. Na França, essa nova terminologia foi proposta por Patrick Lagadec<sup>35</sup> após os desastres das décadas de 1960 e 1970 já mencionados (Feyzin, Flixborough, Three Miles Island etc.). Esse autor a utiliza para descrever fenômenos (desastres nucleares ou químicos, ameaçando milhares de pessoas, ao longo de gerações) cujo potencial excede em muito qualquer acontecimento encontrado no passado (incêndio, acidente ferroviário etc.). Ele questiona o papel dos desenvolvimentos tecnológicos, herdeiros de uma visão progressista, dentro das democracias, à luz desses desastres e daqueles ainda não materializados, mas potenciais e por vir. Associa essa terminologia a uma reflexão sobre os instrumentos da ação pública, ou seja, a regulação e o controle dessas instalações pelo Estado, para fins de prevenção.

Esse autor vê as ferramentas de gestão de riscos, em particular a análise técnica dos riscos e os cálculos de probabilidade, como a chave para uma melhor abordagem desses novos riscos tecnológicos pela indústria e pelas autoridades.<sup>36</sup> As metodologias de análise quantitativa de risco no contexto de várias ciências, incluindo engenharia, toxicologia e economia (cálculos de custo/benefício), em muitas áreas de gestão de riscos (por exemplo, aviação, nuclear, química etc., com riscos de acidente ou impacto crônico, de poluição), tornaram-se um campo em rápida expansão em poucos anos, em paralelo com o

desenvolvimento de um arsenal jurídico cada vez mais extenso, apoiado por muitas novas entidades administrativas, científicas e de *expertise* ou perícia.

James Short, em 1984,<sup>37</sup> quis, portanto, convidar os sociólogos para abordar esse assunto, que havia começado a ser investigado por psicólogos e antropólogos, entre os quais o trabalho de Mary Douglas e do cientista político Aaron Wildavsky.<sup>38</sup> A pesquisa de Brian Wynne<sup>39</sup> e Sheila Jasanoff<sup>40</sup> já se interessava naquele período pelas relações entre Estado, cientistas, sociedade civil e análise dos riscos. Fazendo parte da renovação construtivista da sociologia da ciência,<sup>41</sup> eles têm um olhar crítico sobre a pretensão objetivista das metodologias de análise dos riscos e questionam a pura racionalidade dos processos de perícia, um tema anteriormente deixado de fora do campo mais clássico dos estudos de políticas públicas.<sup>42</sup> Para esses autores, a análise dos riscos, assim como os objetos científicos e tecnológicos, é mais um construto do que um dado objetivo.

No entanto, a diretiva europeia conhecida como “Seveso”, cuja primeira versão foi elaborada em 1982, visa a regular essas atividades industriais de risco por meio de abordagens que pretendem ser sistemáticas e racionais. Ela se baseia em estratégias de gestão de riscos com espírito próximo das práticas regulamentadas de outros setores industriais de risco, como o nuclear ou o aeronáutico. Essa diretiva é transposta para a legislação francesa, que já regulamentava essas instalações com base na lei de julho de 1976. Baseada em princípios similares à diretiva, essa lei se insere em quase dois séculos de história de regulamentação nesse campo na França.<sup>43</sup>

As categorias de produtos associadas a quantidades determinam rubricas, levando à classificação das instalações industriais de risco em regime de “declaração” ou “autorização”. Essa classificação submete a indústria a procedimentos específicos, gradualmente mais restritivos, que culminam com a produção de relatórios com estudos de impacto e de periculosidade baseados em princípios de análise dos riscos, devendo conter os piores cenários que determinarão o que se espera da empresa em termos de medidas de prevenção, no contexto do controle do desenvolvimento urbano.

Essa abordagem foi chamada de “determinística”, em oposição aos regulamentados que levam em consideração a probabilidade desses cenários, chamados de “probabilísticos”. No Reino Unido e nos Países Baixos se aplica essa orientação probabilística. Segundo os cientistas políticos Geneviève Decrop e Claude Gilbert,<sup>44</sup> a posição francesa decorre de uma “política de transição” sobre os riscos maiores, constituindo “a pedra angular do edifício doutrinário na prevenção de riscos tecnológicos”, a partir da qual o Ministério do Meio Ambiente produz uma visão do cenário mais severo para a segurança industrial.

No entanto, as medidas de segurança e controle da urbanização na legislação francesa são identificadas com base na interação, feita de diálogo e negociação entre os representantes locais eleitos e as autoridades de controle, que são responsáveis pela produção de decretos regionais que estabelecem as disposições legais em segurança industrial às quais o industrial está sujeito. É com base nessas ordens, nomeadamente, que as fiscalizações são realizadas, e qualquer desvio pode ser objeto de uma notificação formal, uma ordem para cumprimento dentro de certo prazo, sob pena de multa e condenação penal. Esses poderes da autoridade fiscalizadora lhe valeram o nome de “magistrados técnicos”.<sup>45</sup> O papel da fiscalização pelas autoridades de controle foi claramente questionado nas comissões de inquérito sobre acidentes maiores (porém principalmente nos países anglo-saxônicos). O incêndio que levou à perda da plataforma petrolífera Piper Alpha em 1988, investigado por Lord Cullen e sua equipe, é um exemplo.<sup>46</sup>

Essa investigação concluiu que houve falta de controle pelas autoridades, e pediu para o operador implementar uma maior transparência para o regulador de sua gestão da segurança. Ao longo das décadas, com a repetição de acidentes maiores, essas comissões de inquérito questionaram regularmente, *a posteriori*, a adequação dos instrumentos regulatórios ou a quantidade, qualidade ou efeito sobre as práticas industriais das fiscalizações pelas autoridades. É, portanto, um olhar sobre a ação pública por meio dos fracassos e pelo estudo do cotidiano.

Na Alemanha, credita-se à teoria do sociólogo Ulrich Beck<sup>47</sup> a introdução da questão dos riscos industriais no debate social e político, e de modo mais geral com a introdução da noção de “risco” em todas as esferas da vida em sociedade, como o trabalho ou a família. Uma ideia central dessa obra é que os riscos gerados pelo ser humano excedem os da natureza. Tecnologias como a nuclear ou a química representam um nível de ameaça ambiental sem precedentes para o ser humano. Em combinação com outros temas como a individualização, a degradação do estado de bem-estar social e a ascensão da globalização (também dos riscos), essa proposição teórica se torna profética. Sua publicação em alemão foi, de fato, no ano do acidente de Chernobyl. No entanto, esse trabalho tem um escopo mais amplo e contém um programa de pesquisa que abrange muito mais do que apenas os riscos industriais,<sup>48</sup> o que o distingue da contribuição de Lagadec.

Assim, ao contrário de Lagadec na França, ele não se envolve com propostas regulatórias para prevenir acidentes tecnológicos, à exceção de alguma observação ocasional, em particular sobre os limites da perícia. Além disso, seu



discurso é mais teórico (ou “expressivo” nas categorias sociológicas de Raymond Boudon)<sup>49</sup> do que verdadeiramente empírico, o que lhe renderá algumas críticas alguns anos mais tarde, especialmente daqueles cuja pesquisa busca discernir os modos concretos de gestão de riscos pelo poder público, pelo Estado, e que observam uma variedade de regimes regulatórios mais do que uma categoria de “risco” que possa ser tratada globalmente, sem distinções.<sup>50</sup>

No entanto, essa teoria social com implicações políticas marca uma virada na orientação da pesquisa no campo da regulação ao colocar no centro a questão dos riscos, que, desde então, tem estado cada vez mais presente nas questões de ação pública. Entretanto, foi principalmente nos anos 1990 que a questão do risco para a teoria social e política ganhou impulso considerável na Europa, particularmente (mas não somente) pelos efeitos combinados da tradução inglesa dessa obra alemã e da publicação das reflexões de Giddens no Reino Unido.<sup>51</sup>

## Anos 1990

Como Beck, Anthony Giddens coloca a noção de risco no centro da modernidade. Ao considerar o risco sob a perspectiva da produção humana e seu potencial devastador, ele contribui para a reflexão sobre a modernidade, questionando suas implicações. Até então, o discurso sobre a modernidade se caracterizava pela associação entre ciência, tecnologia e progresso (social e econômico). Essa combinação passa a ser problematizada na esteira da energia nuclear, aquecimento global e outros desdobramentos tecnológicos incertos, incluindo as biotecnologias e a engenharia genética.

O homem é a fonte de seus próprios riscos (*manufactured uncertainty*). Essa intensidade no debate teórico em torno da noção de risco por sociólogos contemporâneos influentes durante os anos 1980 e 1990 (Ulrich Beck, Anthony Giddens), junto com outras contribuições, como os estudos já mencionados de Sheila Jasanoff<sup>52</sup> ou ainda as ambições integrativas e normativas de Ortwin Renn,<sup>53</sup> contribuíram à criação de uma corrente de investigação em ciências sociais e políticas sobre o tema do risco, sua análise e seu gerenciamento.<sup>54</sup>

Segundo a cientista política e jurista Bridget Hutter,<sup>55</sup> a pesquisa empírica orientada para a ação pública e a “regulação dos riscos” (*risk regulation*) se estabelece assim, no mundo anglo-saxão, nesse contexto de reflexão sobre os riscos nas ciências sociais, nos anos 1990 e início dos anos 2000 (embora nos Estados Unidos a noção mais próxima de *risk regulation* pareça ser a de *social*

*regulation*, uma área de abrangência diferente). Nesse período, vemos como Ulrich Beck questiona diretamente a capacidade do poder público diante dos riscos:

Portanto, qual é o papel da política? O fato é que não são tomadas decisões políticas sobre tecnologia (com exceção do setor nuclear). Por outro lado, se algo der errado, as instituições políticas são responsabilizadas pelas decisões que não tomaram e por consequências e ameaças que desconhecem completamente.<sup>56</sup>

Essa área da regulação é muito interdisciplinar, e o conceito de “regimes de regulação de risco” (*risk regulation regimes*) decorre dessas análises. Protagonizadas por investigadores interessados na implementação efetiva de políticas públicas de gestão de riscos, indo além das visões macroscópicas globais, essas análises mostram como riscos diversos, concretamente, não são regulados da mesma forma. Seja ao colocá-los em pauta, seja durante sua avaliação com as incertezas associadas (qualitativas, quantitativas etc.), seja a frequência dos controles ou a natureza das fiscalizações, ou ainda a cobertura midiática desses riscos, é preciso considerar uma ampla variedade de situações.<sup>57</sup>

Portanto, é fundamental olhar para essas diferenças e compreender de forma concreta as dinâmicas que estão por trás da ação pública. Essa constatação é importante no que diz respeito às questões de riscos industriais, que também não são todos abordados de maneira igual. Ao examinar o processo de inclusão na agenda, abordagem bastante privilegiada nos estudos sobre a ação pública, Geneviève Decrop, socióloga, e Claude Gilbert, cientista político, mostram como o tema específico do “risco maior” surgiu na França e foi tomando uma certa forma por meio do jogo, interesses e lógicas na área político-administrativa durante os anos 1980.<sup>58</sup> Também é esse processo de “colocação na agenda” que interessa Thomas Birkland, cientista político dos Estados Unidos, particularmente em relação aos acidentes tecnológicos e à capacidade de aprendizagem das políticas públicas.<sup>59</sup>

A fim de regular o risco tecnológico das instalações listadas na área de proteção ambiental (que concerne especialmente aos setores industriais abarcados pelos estudos empíricos por trás deste livro), foi aprovada em 1996 a chamada Diretiva Seveso II, alterando a diretiva anterior. Baseado no retorno de experiência com a primeira diretiva (mas também com a apropriação, pelos reguladores, das conclusões de relatórios de comissões de inquérito de acidentes, como o da Piper Alpha em 1988), são introduzidas inovações, incluindo a

exigência de demonstrar a implementação de um sistema de gestão da segurança para “limiars elevados”, ou seja, categorias que ultrapassam uma certa quantidade de produtos perigosos. Esta última alteração foi introduzida no anexo do decreto francês de 2000.

Essa transposição para o direito francês foi inovadora no país por duas razões. A primeira é seu caráter não apenas técnico (no sentido de uma orientação prescritiva, relativa aos meios), mas também organizacional (isto é, por objetivo, relativo aos resultados). A segunda razão é sua natureza probabilística, pois, ao reconhecer a influência de fatores organizacionais no nível de risco, a noção de probabilidade começa a ser introduzida, pelo menos de forma implícita, num sistema supostamente determinístico.

Até então sujeita aos piores cenários, sem levar em conta, em princípio, as medidas de prevenção implementadas pelo operador, essa dimensão organizacional vem para alterar essa abordagem. A partir disso é explicitamente reconhecido que um nível de segurança pode variar conforme a sua organização. Essa mudança nos regulamentos não foi isenta de dificuldades na fiscalização de instalações listadas, em termos de conhecimentos técnicos (o pessoal recrutado na época era principalmente oriundo das escolas de minas) que não se prestavam imediatamente a uma avaliação organizacional, pelo menos além do exercício formal de verificação da presença de procedimentos.

Por outro lado, essa abordagem baseada em cenários chamados majorantes, que seriam objetivamente determinados sem levar em conta as eventuais medidas de prevenção tomadas pelo industrial e o contexto territorial, era apenas teórica, como mostraram sociólogos e cientistas políticos, como Claude Gilbert (em sintonia com a crítica dos sociólogos no campo da análise dos riscos, especialmente por Sheila Jasanoff).<sup>60</sup>

Com a arma do cenário de desastre, os engenheiros da Drire atuarão como promotores e árbitros na negociação da revisão do plano de uso do solo e dos projetos de ordenamento. Os representantes eleitos locais devem então ser informados dos cenários extremos previstos pela administração e, depois deles, se for aplicada a lei, a população mais próxima dos riscos precisa também ser informada, obrigatoriamente. É óbvio que a resistência nessas áreas é importante; as negociações são animadas e férteis, com reviravoltas, e, afinal, o resultado urbanístico não corresponde com a projeção espacial do risco exigida pela administração.<sup>61</sup>

Um estudo de caso no mesmo período, de Emmanuel Martinais, engenheiro e geógrafo, descreve como se desenvolve esse processo no território.<sup>62</sup>

## Anos 2000

Ao longo desses anos, os estudos sobre regulação de risco não examinam apenas o debate ou consolidação da noção de regime de regulação de risco, com contribuições na Europa<sup>63</sup> e nos Estados Unidos.<sup>64</sup> Houve também estudos com foco, por exemplo, na atividade real *in situ* dos fiscais de cada entidade, levando em conta sua formação, seu recrutamento, seus conhecimentos sobre os riscos, mas também o contexto histórico, organizacional, social e econômico de suas atividades.<sup>65</sup> Enquanto as questões sobre o controle de instalações de risco pelas autoridades públicas só apareciam a partir de investigações de acidentes pelas comissões de inquérito ou por pesquisadores (um exemplo é dado por Diane Vaughan),<sup>66</sup> esses estudos sobre o cotidiano das autoridades de controle fornecem informação adicional importante sobre a realidade das condições nas quais esses atores operam. Henry Rothstein,<sup>67</sup> por exemplo, na sequência de sua observação da diversidade de “regimes de regulação dos riscos”,<sup>68</sup> considera que nem todos os riscos são avaliados ou controlados identicamente. Em função do treinamento e competência dos fiscais, eles não estão conscientizados sobre os riscos da mesma forma, e isso prejudica o controle na prática.

Quanto à aplicação efetiva do princípio de autorregulação (*self-regulation*), Bridget Hutter,<sup>69</sup> com base em elementos empíricos coletados antes do acidente ferroviário de Paddington, em 1999 (Ladbroke Grove), reflete *a posteriori* sobre as consequências da desregulação da segurança no Reino Unido no campo do transporte ferroviário e indica os limites da desregulação no plano das práticas concretas dos fiscais. Na França, é o trabalho de Laure Bonnaud<sup>70</sup> que mais se aproxima da problemática dos riscos tecnológicos maiores, por um olhar histórico e sociológico (do trabalho e das profissões) sobre a atividade de fiscalização das instalações listadas. A autora mostra que os fiscais nem sempre exerceram a sua profissão com o mesmo espírito. Ao identificar três fases históricas, que correspondem a três figuras da fiscalização, ela mostra como as práticas de fiscalização dependem do contexto e mudam de uma época para outra, e como o estudo dessas práticas leva a uma melhor compreensão da ação pública na gestão de riscos tecnológicos maiores.

É compreensível que cada “figura” do fiscal implica uma adaptação das organizações controladas em termos da abordagem regulamentar e da gestão

de riscos, adaptação essa que contribui, de uma forma ou de outra, para o nível de segurança industrial. No contexto de trabalhos empíricos coletivos,<sup>71</sup> tive a oportunidade de participar na caracterização da interação regulador/regulado como troca específica, em função das duas partes interessadas. Esse trabalho mostra que, à primeira vista, a confiança entre empresas e fiscais poderia ser considerada “positiva”, mas não conduz necessariamente ao objetivo desejado de um olhar externo crítico. No caso estudado, a empresa, após dois incidentes que colocaram em questão o projeto das suas instalações em termos de segurança, decidiu não comunicar nada disso aos fiscais.

A nossa conclusão foi que, em vez de arriscar sua imagem, a empresa preferiu não revelar nada. Por sua vez, os fiscais, confiantes na empresa, não procuraram saber mais do que lhes foi comunicado. O efeito é perverso, reduzindo a capacidade de escrutínio externo da empresa, embora ela estivesse passando por mudanças significativas em termos de segurança. A situação dependia também de um contexto de transformação regulatória, após o desastre de Toulouse em 2001, que exigia a implementação de planos de prevenção de riscos tecnológicos (PPRT).

Estes mobilizam fortemente os serviços de fiscalização, mas também os recursos de perícia para o desenvolvimento de metodologias de análise dos riscos de natureza probabilística que deem resposta às exigências do novo contexto. Esse novo contexto é analisado sob vários ângulos por Emmanuel Martinais.<sup>72</sup> Como nos recordam contemporaneamente os sociólogos Kathleen Tierney<sup>73</sup> e John Downer,<sup>74</sup> cada um a sua maneira, a análise de risco é de fato uma construção mais do que uma produção objetiva baseada em cálculos neutros feitos por especialistas. Ela se enquadra em complexos desafios de regulação, industriais e sociais que moldam o que entre as hipóteses se considera plausível e o que não.

## Organização

### Anos 1970 e 1980

Nos anos 1970 e 1980, na obra de Barry Turner<sup>75</sup> e de Charles Perrow<sup>76</sup> foi desenvolvido um olhar mais organizacional e sociológico sobre os riscos maiores. O trabalho desses autores, sociólogos das organizações, focava os sistemas de risco. O primeiro propõe mergulhar no processamento da informação. Tirando proveito de muitos relatórios de comissões de inquérito de acidentes

em vários setores de risco (transporte ferroviário, mineração etc.), identifica o que ele denomina de elementos “precursores”, que constituem informação relativa a um acidente potencial. Verifica-se *a posteriori* que a informação parece estar disponível na organização, sem que os atores da organização a levem em consideração antes do acidente. Há um “período de incubação” (fazendo uma analogia médica), até a ocorrência do acidente. Barry Turner combina então as noções de energia e de informação.

De acordo com sua interpretação, os desastres são manifestações incontrolladas da energia contida nos sistemas tecnológicos, manifestações que se tornam possíveis devido a problemas no processamento da informação. Sua abordagem não se limita ao ângulo simplista e clássico da comunicação entre emissor e receptor. Prioriza o ângulo epistemológico da construção de referenciais de representações, de estruturas de pensamento, de “paradigmas”, que restringem e limitam o que é filtrado e o que se considera possível no “processamento” da informação. Um acidente maior é então uma ruptura nos esquemas culturais institucionalizados sobre o que se pensa ser possível. Esse tema se tornará central na gestão de riscos tecnológicos somente no final dos anos 1990, quase vinte anos depois, sob a denominação de “sinais fracos”. Ao longo de todo aquele período, o trabalho de Barry Turner não teve eco na literatura.<sup>77</sup>

Em contraste, o segundo autor, Charles Perrow, terá um verdadeiro sucesso nos anos seguintes após o lançamento de seu livro em 1984, *Normal accident*, como mencionado na Introdução. Ele também se interessou pelos desastres tecnológicos, porém em indústrias de risco mais diversas do que Barry Turner (por exemplo, química, aviação, nuclear, marítima etc.). Logo adotou um enfoque comparativo em que as questões de redundância técnica nas instalações, de centralização e descentralização nas organizações de risco, bem como as características de “acoplamento” e “entrelaçamento complexo” dos sistemas técnicos e organizacionais desempenharam um papel fundamental. O que lhe interessa é mostrar que, além dos operadores, a organização, mas também e sobretudo a natureza do sistema técnico, são as fontes profundas das causas de acidentes. Iniciou sua reflexão em uma obra coletiva de 1982,<sup>78</sup> após o acidente de Three Miles Island em 1979, livro no qual encontramos um dos promotores da abordagem chamada de confiabilidade organizacional, o cientista político Todd La Porte.<sup>79</sup> Como muitas vezes acontece, acidentes marcantes estiveram na origem de avanços, tanto regulatórios quanto científicos.<sup>80</sup>

Os estudos interdisciplinares sobre a confiabilidade organizacional, envolvendo engenheiros, psicólogos e cientistas políticos, propõem analisar as organizações, não apenas na sequência de acidentes maiores, mas também no

seu funcionamento em situação dita “normal”.<sup>81</sup> Um argumento de peso é que é relativamente fácil ver posteriormente aquilo que era muito mais difícil de antecipar e, portanto, os estudos sobre os acidentes numa perspectiva organizacional centram-se nos aspectos negativos do funcionamento das organizações. Em contraponto à visão de Charles Perrow<sup>82</sup> e seu modelo de acidente normal, que questionava a segurança de certos sistemas altamente interligados e complexos, essa abordagem da confiabilidade organizacional propõe destacar as características das organizações que, apesar de ambientes tecnológicos complexos e competitivos, alcançam bons resultados de segurança (*high reliability organisation*, cuja sigla é HRO).

Em 1987, o engenheiro Gene Rochlin, o cientista político Todd La Porte e a psicóloga Karlene Roberts<sup>83</sup> iniciam essa orientação a partir de um trabalho empírico sobre um porta-aviões. Eles mostram como essas organizações são capazes de um ótimo desempenho em segurança graças a várias características como a redundância organizacional (com várias pessoas para a mesma tarefa e, portanto, mais vigilância, analogamente às práticas de engenharia e de segurança operacional), ou ainda como a capacidade de auto-organização em situações emergenciais, quando se priorizam as melhores capacidades de resposta, independentemente dos canais hierárquicos. Em 1987, o psicossociólogo Karl Weick<sup>84</sup> propôs, partindo de uma perspectiva semelhante, que a “cultura” é uma fonte de confiabilidade das organizações, particularmente por meio dos relatos que circulam sobre os incidentes, e que mantêm um alerta e um passado comum entre os operadores sobre a possibilidade de desastres.

Entretanto, a abordagem de Karl Weick tem um caráter bastante interacionista, interessando-se, por sua orientação pragmatista e construtivista (abrindo um caminho alternativo aos trabalhos da época sobre gestão),<sup>85</sup> pelos processos em que os próprios indivíduos criam os ambientes que os limitam. Desde então, ele tem sido um contribuinte constante do posicionamento “HRO” e da interpretação dos acidentes. Introduzir a postura epistemológica de Karl Weick é também uma oportunidade de associá-la, aqui, à contribuição mais sociológica, construtivista também, de Brian Wynne em 1988, autor já mencionado com o tema da “regulação” (junto com Sheila Jasanoff). Em artigo<sup>86</sup> que desenvolve as ideias de um anterior já mencionado,<sup>87</sup> o sociólogo mostra a realidade das incertezas tecnológicas enfrentadas pelos engenheiros.

Finalmente, é obrigatório mencionar duas outras correntes dos anos 1980, agrupadas também nesta categoria da organização. A primeira diz respeito ao trabalho de modelagem da gestão da segurança de William Johnson<sup>88</sup> (*Management Oversight and Risk Tree*) dos anos 1970 e 1980. Inicialmente, o modelo foi

concebido para o retorno de experiência, mas seria um erro limitar seu alcance a tal uso. O modelo proposto por William Johnson articula de fato, de forma geral, uma abordagem dos sistemas de gestão da segurança como a conhecemos atualmente, articulando barreiras de segurança, análise de risco, retorno de experiência, fatores humanos no projeto, ciclo de vida das instalações, auditoria do funcionamento do sistema etc., a partir da identificação das boas práticas da época em termos de gestão da segurança.

Esse trabalho seminal, de uma enorme riqueza, é um dos principais desenvolvimentos nos anos 1970 e 1980 no campo da segurança industrial sob uma perspectiva organizacional, no mesmo nível das contribuições de Barry Turner, de Charles Perrow e dos autores agrupados sob a etiqueta “HRO”. Entretanto, seu posicionamento institucional é bastante diferente dos anteriores. Situa-se a meio caminho entre a engenharia, a gestão e a indústria (como muitos estudos de segurança industrial) e seu impacto acadêmico é bem mais limitado, com muito menos destaque na literatura.

A segunda corrente é protagonizada por pesquisadores interessados na tomada de decisões ao nível gerencial. William Starbuck e Frances Milliken estavam concretamente interessados nas dimensões cognitivas dos gestores.<sup>89</sup> Em um de seus dois artigos, eles propõem uma interpretação do acidente do Challenger de 1986, antecipando os trabalhos futuros de crítica e aprofundamento da comissão de inquérito presidencial da época. Eles tentaram caracterizar os vieses e erros estratégicos dos gestores. Trata-se na época de uma perspectiva bastante nova na ciência da administração e, em particular, na pesquisa em estratégia, que ainda debatia seus fundamentos, assim como sua orientação empírica e teórica. Com base no auge das ciências cognitivas aplicadas ao mundo das organizações e da empresa, elas oferecem novas vias para os estudos estratégicos.

Todas essas contribuições foram produzidas com base em várias orientações, gerenciais e estratégicas, sociológicas, cognitivas ou sistêmicas, de revisão das formas de conceituar a “burocracia” e a “organização científica do trabalho”, herdadas respectivamente de Max Weber e Frederick Taylor, ou ainda Henri Fayol.<sup>90</sup> É munidos desses novos fundamentos e possibilidade de interpretação dos fenômenos organizacionais que eles buscam discernir, compreender ou gerenciar melhor essas dimensões no contexto das atividades de risco. Esses trabalhos sobre segurança industrial do ponto de vista da organização tornam-se então a base de complementos qualitativos imprescindíveis para uma abordagem tecnológica demasiadamente restritiva ao centrar-se nas instalações, mas também são complementares às abordagens que então



se centravam no ser humano no seu posto de trabalho (que serão discutidas na seção “cognição”).

## Anos 1990

No âmbito da organização nos anos 1990, Sagan tentou encerrar o debate entre as duas abordagens, acidente normal e confiabilidade organizacional (foi também nessa ocasião que as duas correntes foram colocadas em oposição de forma tão explícita, contra o parecer dos pesquisadores promotores da corrente HRO),<sup>91</sup> inclinando-se para a visão do acidente como normal, como inerente ao funcionamento dos sistemas sociotécnicos,<sup>92</sup> ao passo que, no mesmo ano, Karlene Roberts<sup>93</sup> coordena um livro reunindo várias contribuições do campo das organizações de alta confiabilidade, bem como do que foi previamente identificado como a corrente de estudos sobre a decisão em contexto organizacional para gestores.<sup>94</sup> Segundo Scott Sagan, não é possível se basear na ideia de que as empresas são capazes de produzir um retorno de experiência sem vieses e completamente transparente, e, segundo Karlene Roberts, as organizações de alta confiabilidade constituem um campo de estudo especial que requer estudos específicos. Para essa autora, não se deve entrar nesses universos com referenciais teóricos demasiado rígidos, para dar conta da especificidade desses sistemas, sujeitos a condições excepcionais não encontradas em outros tipos de organizações, retomando um ponto abordado anteriormente por Todd La Porte e Paula Consolini.<sup>95</sup>

Em 1996, um trabalho empírico muito aprofundado ressaltou a dificuldade de aprendizagem organizacional a partir do retorno de experiência, apontada por Scott Sagan, assim como as limitações acerca dos precursores e sinais fracos. Em 1996, Diane Vaughan<sup>96</sup> apresentou um estudo muito detalhado sobre a decisão de lançamento do ônibus espacial Challenger, que explodiu em 1986. Durante dez anos, ela procurou compreender as circunstâncias da tomada de decisão, sendo que a informação sobre o comportamento dos anéis de vedação em condições de frio estava disponível e era desfavorável à decisão de lançamento. Os anéis de vedação, na baixa temperatura do dia do lançamento, não desempenharam a função de vedação prevista no projeto. A explosão foi o resultado do seu comportamento em condições de frio. No entanto, os engenheiros haviam trabalhado durante muitos anos baseando-se no retorno de experiência para a explicação desses fenômenos e haviam acumulado uma certa *expertise*.

No debate sobre o lançamento do ônibus espacial, os engenheiros mostraram sua relutância em lançá-lo devido às condições climáticas extremas. Eles se opuseram por um tempo antes de desistir e levantar seu veto, sob a influência das discussões com os gestores, e sob a influência das ideias que tinham sobre a confiabilidade do sistema de redundância dos anéis de vedação. Eles tinham de fato uma intuição do problema, porém sem apoio suficiente em dados quantitativos naquele debate. O que Vaughan pôs em evidência é a normalização do desvio. Os engenheiros e os gerentes aceitaram progressivamente um nível de risco mais elevado ao longo dos dez anos de operações do ônibus espacial, de forma não consciente, construída socialmente e incorporada na cultura da Nasa.

Essa normalização se manteve por fatores estruturais, organizacionais, econômicos e políticos no funcionamento da agência espacial. A socióloga procurou então generalizar o conceito de lado obscuro das organizações (*dark side of organisations*).<sup>97</sup> Esse olhar se insere plenamente nas contribuições construtivistas então disponíveis na sociologia, como as de Trevor Pinch<sup>98</sup> e Stephen Hilgartner,<sup>99</sup> que, com inspiração no novo impulso dos estudos sociológicos relativos à ciência e tecnologia, propuseram interpretações relativas às incertezas enfrentadas pelos engenheiros, para o primeiro, e às redes sociotécnicas, no caso do segundo. Essa sensibilidade ao posicionamento construtivista também é importada para a tradição das HRO por Gene Rochlin,<sup>100</sup> porém inspirado em outras fontes.

Na França, os trabalhos de Mathilde Bourrier,<sup>101</sup> socióloga organizacional, proporcionam ecos e aprofundamentos sociológicos aos debates anglo-saxões entre a abordagem de funcionamento dito “normal” e a análise de acidente, favorecendo a primeira abordagem.<sup>102</sup> A autora propõe uma leitura empírica e teórica das HRO à luz da sociologia organizacional francesa, com base nas contribuições de Michel Crozier,<sup>103</sup> e depois de Michel Crozier com Erhard Friedberg.<sup>104</sup> Aplicando a distinção entre trabalho prescrito e trabalho real, Mathilde Bourrier investiga a questão da prescrição e da gestão dos desvios entre procedimentos e práticas reais, entre projeto e execução. Essa distinção é um legado da ergonomia de língua francesa<sup>105</sup> que está também no cerne da autonomia dos atores tanto para os sociólogos do trabalho<sup>106</sup> quanto para os sociólogos organizacionais.<sup>107</sup> Trata-se também de um tema hoje considerado fundamental na confiabilidade dos sistemas.

As suas interpretações levam a uma relativização das categorias, às vezes normativas, das HRO, bem como a um distanciamento da ideia de um estatuto diferente dessas organizações no plano teórico das ciências sociais, defendido

pelos pesquisadores de Berkeley (Karlene Roberts, Todd La Porte, Gene Rochlin etc.). Por um lado, seu trabalho oferece também uma oportunidade de se posicionar no debate da cultura, rejeitando abordagens culturalistas excessivamente simplistas que dispensam a exigência de uma abordagem empírica, a partir de uma perspectiva sociológica, das estratégias dos atores. Por outro lado, posiciona-se sobre o problema do contorno das regras, rejeitando seu caráter sistemático e inevitável. É necessário, de fato, observar como, às vezes, as regras são contornadas ou não em função de fatores organizacionais em cada caso, especialmente no tocante à relação entre operadores na execução das atividades e engenheiros dos projetos.

Na gestão da segurança industrial, em uma perspectiva relativamente próxima aos primeiros trabalhos de modelagem de gestão da segurança como os de Johnson com vista à investigação de acidentes, o trabalho de Andrew Hale<sup>108</sup> em gestão da segurança procura definir (especialmente em uma perspectiva de auditoria e de avaliação) os princípios dos sistemas de gestão. Isso beneficia uma abordagem baseada em ferramentas ou instrumentos, bem como a condução da gestão, oferecendo também, no estudo em funcionamento normal, a possibilidade de um olhar complementar ao centrado na regra no posto de trabalho. Afasta-se, assim, da abordagem centrada no erro, adotada pelos ergonomistas, mas também da abordagem mais organizacional proposta pelos sociólogos. Sua modelagem “macro”, de caráter funcional, baseada em representação de processos, visa fornecer grades de leitura genéricas, mas em uma perspectiva prescritiva, para ajudar a melhorar a compreensão da gestão da segurança.

Também pode-se estabelecer uma ligação desses trabalhos sobre gestão com a apropriação de orientação normativa da noção de “cultura de segurança” que propõem autores como James Reason.<sup>109</sup> Sem entrar aqui nesse debate, pode-se dizer que a noção de “cultura de segurança” tomou forma nos anos 1990, após ser colocada em discussão em relatórios de comissões de inquérito, em particular o de Chernobyl, em 1986. Desde então, o conceito de “cultura de segurança”, dividido entre uma visão descritiva e uma visão mais normativa, de apoio à gestão, tem sido objeto de numerosos debates,<sup>110</sup> resultando na manutenção das duas interpretações da expressão. Ou a cultura de segurança é vista como uma propriedade da organização que pode ser instituída com insistência no discurso e mensagens congruentes da hierarquia, ou a cultura de segurança é considerada uma propriedade emergente, que não pode ser imposta pela empresa e emana localmente de práticas ligadas à perfis profissionais ou de outro tipo, onde a segurança é mais uma dimensão da cultura.

Durante os anos 2000 consolidou-se essa visão dicotômica, embora houvesse contribuições empíricas marcantes dos partidários de uma visão mais descritiva da “cultura de segurança”.

Finalmente, é importante introduzir aqui o esforço de sistematização de Karl Weick, acompanhado por dois colegas, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld, em 1999. Insatisfeitos com o carácter essencialmente descritivo mais do que teórico e pouco articulado dos trabalhos HRO, eles propõem agrupar as características essenciais das organizações que mantêm altos níveis de segurança em cinco processos sociocognitivos, combinados na noção de atenção plena coletiva (*collective mindfulness*). Essa síntese, que se insere no universo intelectual de Karl Weick, tem um alcance geral, sendo particularmente útil na abordagem de fenômenos centrados em situações dinâmicas de interações.

## Anos 2000

Durante esses anos, as contribuições à compreensão dos acidentes maiores em uma perspectiva “organizacional”, com abordagens sistêmicas, sociológicas, construtivistas ou gerenciais (nomeadamente sob o ângulo da tomada de decisão), têm se acumulado,<sup>111</sup> bem como sobre o funcionamento rotineiro das empresas.<sup>112</sup> Todos esses estudos aportam conhecimentos diversos em função das indústrias e dos ângulos teóricos e metodológicos priorizados. Esses trabalhos são complementares e não contestam as conquistas das décadas anteriores no campo da organização, ao contrário, ampliam-nas e às vezes as reorientam para aprofundá-las. Eis aqui uma seleção.

Para Constance Perin,<sup>113</sup> por exemplo, uma antropóloga que estudou análises de incidentes realizadas por organizações no setor nuclear, os pontos de vista dependem fortemente das categorias profissionais. Assim, por exemplo, o engenheiro tem uma visão quantitativa dos problemas de segurança, pois sua formação e experiência o orientam para uma matematização dos fatos. O que guia seu pensamento é então a “segurança calculada”. O ponto de vista do gestor é diferente, é aquele de alguém que busca compromissos, que busca arbitrar entre vários objetivos a que as organizações estão sujeitas, é a “segurança arbitrada”. Já o operador tem uma visão pragmática que diz respeito à sua segurança pessoal, trata-se de “segurança em tempo real”. Estando na linha de frente, ele pensa em segurança em função da sua exposição aos riscos. Ele interpreta, filtra e pensa sobre os acontecimentos de acordo com esse ponto de vista.

Essa investigação está em sintonia com a direção que os estudos sobre a “cultura de segurança” tomaram nos anos 2000. Enquanto a abordagem dominante nos anos 1990 foi sobretudo gerencial, uma nova série de estudos abordaram a cultura de segurança em uma perspectiva descritiva.<sup>114</sup> Esses diferentes estudos mostram como a visão monolítica da cultura de segurança do passado deve dar lugar a olhares mais analíticos, que desvendam como a cultura é criada na realidade, não apenas por meio do discurso dos gestores e dos valores declarados pela empresa, ou ainda por meio de seus métodos e dispositivos, mas como resultado da interação dos diferentes atores da organização. Esses atores constroem coletivamente, em relação aos problemas técnicos e humanos (de integração, de cooperação etc.) com os quais são confrontados, respostas que moldam certos traços culturais ou identitários, em parte sobre a base de seus espaços de socialização anteriores, próprios de cada um. Assim, traços culturais ou identitários diversos, de grupos ou profissões bastante delimitados dentro de uma empresa ou organização, podem entrar em conflito sobre aspectos de segurança. Esse é o caso da interpretação de acidentes em função dos perfis profissionais.<sup>115</sup>

Dando continuidade ao estudo das decisões de caráter estratégico e gerencial, William Starbuck e Mosh Farjoun elaboram a noção de “organização nos limites”, que lhes parece se encaixar melhor nos estudos de caso em que estão interessados, em primeiro lugar o da Nasa.<sup>116</sup> Insistindo no importante papel da estratégia das organizações e, portanto, dos seus tomadores de decisões, procuram descrever essas dinâmicas, levando em conta os fatores organizacionais, técnicos e ambientais das organizações, que impelem os sistemas para além das suas capacidades. Encontramos a mesma abordagem em outros autores, situados em perspectivas científicas ligeiramente diferentes.<sup>117</sup> É também nesse espírito que podemos considerar a ambição sintética de William Evan e Mark Manion. Em uma ampliação de caráter socioconstrutivista, esses autores nos convidam a prosseguir o esforço de sistematização de Charles Perrow, comparando diferentes sistemas de risco em vários contextos de revolução industrial.<sup>118</sup>

Finalmente, há os relatórios de investigações aprofundadas na sequência dos acidentes de Paddington em 2000, pela Comissão de Inquérito de Lord Cullen na Grã-Bretanha,<sup>119</sup> e da explosão do ônibus espacial Columbia em 2003 nos Estados Unidos,<sup>120</sup> seguidos por uma obra coletiva de 2005,<sup>121</sup> que incorporam os conceitos surgidos nos vinte anos anteriores e mostram o evento de diferentes ângulos. Esses relatórios constituem uma “segunda geração” de relatórios de acidentes, eclipsando um pouco os relatórios de comissões de

inquérito anteriores, como os produzidos após os desastres de Piper Alpha ou do Challenger.<sup>122</sup>

Incorporando os avanços dos anos 1980 e 1990, em particular os trabalhos sobre “HRO”, de “normalização do desvio” ou ainda da “cultura de segurança”, mas também da ergonomia dos “erros”, ou trabalhos gerenciais sobre a tomada de decisão, esses documentos tornam-se verdadeiras oportunidades para colocar em prática as propostas teóricas de muitas contribuições disciplinares. Do ponto de vista das investigações de acidentes, consideremos o caso da empresa BP e seus três acidentes industriais entre 2005 e 2010. Os múltiplos estudos disponíveis fornecem uma quantidade enorme de informação sobre o funcionamento interno desse tipo de empresa.<sup>123</sup> Sendo particularmente representativa, a BP se distingue de uma administração como a Nasa ou do setor nuclear, que apresentam alguns aspectos muito específicos (esse caso será discutido no último capítulo, Capítulo 7).

## Cognição

### Anos 1970 e 1980

Nos anos 1970, o conhecimento sobre o que se convencionou chamar “fatores humanos” desenvolveu-se e permitiu fornecer elementos de modelagem decisivos na compreensão dos “erros”. Esses modelos são propostos a partir de orientações disciplinares como a psicologia, a ergonomia ou os “fatores humanos”, aplicadas às questões de segurança. Entre os anglo-saxões, essas primeiras investigações estavam muito ligadas às questões de segurança e de acidentes, por exemplo, no campo da aeronáutica, visando a melhoria do projeto das cabines de comando dos aviões durante a Segunda Guerra Mundial, a partir do estudo sistemático de acidentes.<sup>124</sup> Mas esses desenvolvimentos não apresentavam ainda um ângulo “cognitivo” no mesmo sentido dos avanços nos anos 1960 e 1970, com, por exemplo, os estudos de Jens Rasmussen sobre os erros,<sup>125</sup> no setor nuclear. Ainda não se fazia a proposta de distinção entre acidente de trabalho e acidente tecnológico maior, distinção que só foi introduzida no final dos anos 1970 e início dos anos 1980, como se viu.

Um bom exemplo desse posicionamento de então é ilustrado por Jean-Marie Faverge, um dos fundadores da ergonomia de língua francesa, que, em um artigo muito conhecido e ponto de inflexão na época, descreve o homem como “fator de confiabilidade e inconfiabilidade”.<sup>126</sup> Antes da influência das novas

“ciências cognitivas” e antes da focalização no risco de erro dos sistemas tecnológicos de risco, cada vez mais automatizados e depois informatizados, gerando desastres (nos setores aeronáutico, nuclear e químico), esse artigo ilustra claramente o posicionamento da psicologia, da ergonomia e dos “fatores humanos” antes do campo bascular para novas conceitualizações.

As possibilidades crescentes de modelagem do “trabalho mental” são de fato o fruto do desenvolvimento das ciências cognitivas desde os anos 1950, com os primeiros trabalhos sobre a cibernética e a teoria da informação, mas sobretudo nos anos 1960 e 1970, com a analogia feita a partir dos primeiros computadores em torno dos processos mentais de resolução de problemas, as tentativas de desenvolver sistemas especialistas, em hipótese baseados no processamento simbólico da informação.<sup>127</sup> É nesse período que foram desenvolvidos os conceitos e metodologias da psicologia cognitiva.<sup>128</sup> Como o trabalho se automatizava cada vez mais (em inúmeros campos industriais de risco) e exigia interfaces informatizadas para os operadores diagnosticarem, interagirem, decidirem e agirem, aumentava também o interesse em uma compreensão detalhada da cognição.

Em numerosas interpretações da época, são os “erros” cometidos por operadores, motoristas ou pilotos que são considerados a origem principal dos acidentes, na linha de frente. Reduzir esses “erros” torna-se assim um objetivo. James Reason, Jacques Leplat, Jens Rasmussen, Andrew Hale e Ian Glendon são autores muito representativos do período, embora de maneiras diferentes, alguns orientados para a “psicologia”, como a “psicologia do trabalho ou da organização”, e outros mais orientados para a “engenharia cognitiva” das interfaces homem-máquina. Assim, em 1987 e 1988, duas obras coletivas em língua inglesa<sup>129</sup> fazem um balanço dos conhecimentos disponíveis (que tem um equivalente em francês na mesma época)<sup>130</sup> antes da publicação, em 1990, de um importante livro no campo da gestão de riscos, *Human Error*, de James Reason.

Esses esforços de modelagem de caráter cognitivo trazem um conhecimento complementar aos trabalhos de ergonomia na época, cujo enfoque psicológico e fisiológico do trabalho (iluminação, ruído etc.) facilitava uma visão operacional das questões de segurança industrial, especialmente com abordagens baseadas na atividade.<sup>131</sup> Todos esses trabalhos testemunham uma intensa atividade de pesquisa e a existência de uma grande comunidade de cientistas trabalhando no tema dos erros, mas também nos projetos de interfaces. As contribuições de Don Norman,<sup>132</sup> Jens Rasmussen<sup>133</sup> ou David Woods e Erik Hollnagel<sup>134</sup> estão no cerne da gênese da engenharia cognitiva. Eles procuram, por meio de modelos

do operador (ou, mais genericamente, dos usuários, no caso de Don Norman) e princípios de interação com os projetistas, referenciais para o pensamento sobre produção de objetos e artefatos que sejam de uso seguro (nomeadamente, é claro, os monitores de sala de controle de sistemas de risco).

No mesmo período, os estudos etnográficos de Lucy Schulman,<sup>135</sup> em uma perspectiva próxima do universo da engenharia cognitiva, porém apresentados como distintos pela sua crítica do paradigma cognitivista (baseado na analogia com o computador e o processamento da informação) e sua orientação social, introduzem o olhar da ação situada, insistindo na necessidade de levar em conta o ambiente social e material das práticas dos usuários de máquinas. Os seus trabalhos fazem parte então de outra comunidade que toma forma na virada entre os anos 1980 e 1990, sob o impulso, nomeadamente, de sociólogos como Kjeld Schmidt.<sup>136</sup>

Esse coletivo de pesquisadores toma uma posição alternativa, mais social, em torno dos objetivos da engenharia. Em reforço de sua posição, eles aproveitam novas propostas surgidas paralelamente no campo da cognição distribuída, contribuição do antropólogo Edwin Hutchins<sup>137</sup> especialmente. É nesse contexto que, para o que se agrupa aqui sob a designação de “cognição”, os anos 1990 começaram com uma contribuição expressiva (embora o título seja um tanto ambivalente, dada a mensagem da obra), *Human error*, que se tornou a obra clássica da ergonomia do erro e continua sendo uma de suas referências principais.

## Anos 1990

Em seu livro, James Reason sintetiza os conhecimentos sobre o erro: quais tipos de erro são possíveis, a que processos mentais está associado cada tipo de erro etc. A partir de inúmeros estudos, esses dados permitem compreender melhor como os operadores podem cometer erros. Explorando taxonomicamente o modelo de Jens Rasmussen,<sup>138</sup> que se impôs como padrão na comunidade ergonômica, James Reason distingue entre vários tipos de erro (enganos, deslizos, lapsos) que ocorrem durante atividades mentais “simbólicas” (resolução “consciente” de problemas e aplicação de regras que requerem o uso de recursos cognitivos) ou durante atividades “subsimbólicas” (ativação de rotinas automatizadas de baixa demanda cognitiva, mais ou menos sob “vigilância consciente”). No entanto, nesse livro ele estende sua abordagem à dimensão sistêmica dos acidentes e populariza a abordagem da barreira de defesa em



profundidade, que ele transforma e será mais tarde chamada de *Swiss Cheese* (queijo suíço), bem como a metáfora médica, incluindo causas latentes e fatores patogênicos.<sup>139</sup>

Três anos depois do livro de James Reason ter sido publicado, surgiu o de Erik Hollnagel,<sup>140</sup> propondo uma alternativa à visão então vigente do erro humano, oferecendo uma visão mais “positiva” deste. Na sequência, na França foi publicada uma obra de René Amalberti,<sup>141</sup> cuja pesquisa tinha uma orientação próxima. A ideia desses trabalhos era de, em vez de procurar uma tipologia dos erros como James Reason, tentar compreender e mostrar como os indivíduos são proativos, em uma situação de adaptação e de aprendizagem no seu ambiente, caminho aberto por Jens Rasmussen nos anos 1980.<sup>142</sup>

Sem dúvida, os operadores cometem erros, mas esses erros devem ser contextualizados na atividade, e não avaliados isoladamente, fora de qualquer situação. Segundo René Amalberti, essa orientação de pesquisa tem um impacto sobre as estratégias no desenvolvimento de interfaces (*cockpit*, sala de controle) e sistemas de ajuda aos operadores nos sistemas de risco. Certamente, um dos inconvenientes de procurar na fase de projeto a prevenção de erros, baseada em sistemas de ajuda ao operador, é que se exclui o ajuste natural dele, prejudicando assim tanto sua eficácia na hora de gerir o risco quanto a autoavaliação de sua capacidade de gerenciar situações de risco.

Este é o campo da “confiabilidade cognitiva” (*cognitive reliability*) para Erik Hollnagel, e do “compromisso cognitivo” para René Amalberti. A confiabilidade implica uma dimensão positiva, mas representa insistir, por um lado, na pesquisa sobre o funcionamento dito normal dos sistemas, mais do que baseada nos incidentes, e, por outro lado, no respeito de uma “validade ecológica”, ou seja, de uma apreensão da cognição no cenário. Esses dois pontos metodológicos recordam a distinção já encontrada na categoria “organização” (entre o estudo dos acidentes e o estudo do funcionamento “normal”), bem como a necessidade de estudar situações reais de interação no ambiente ou na ecologia dos atores.

Essas duas abordagens metodológicas com importantes implicações teóricas para o estudo da cognição são então compartilhadas, ao mesmo tempo, pelos defensores de duas correntes. A primeira, a tomada de decisão naturalista (*naturalistic decision making*, NDM),<sup>143</sup> é baseada no princípio de uma abordagem “macrocognitiva”.<sup>144</sup> Tendo referenciais teóricos comuns com a corrente da engenharia cognitiva,<sup>145</sup> aborda a atividade cognitiva dos indivíduos em situação real e não em laboratório,<sup>146</sup> discordando de uma série de ideias

relativas à tomada de decisões mantidas por uma corrente dominante (nomeadamente normativa).

Essa postura metodológica também é compartilhada pela segunda corrente, partidária da “ação situada” e sobretudo de uma abordagem social e etnográfica da engenharia (articuladas sob a forma do trabalho cooperativo assistido por computador ou *computer-supported cooperative work*).<sup>147</sup> É dentro desse movimento, com base em várias fontes (relativamente distantes dos clássicos da engenharia cognitiva), incluindo a etnometodologia, o interacionismo simbólico, a cognição distribuída, as teorias da atividade e a sociologia do conhecimento científico, que Lucy Suchman propõe agrupar os estudos etnográficos sobre o que ela denomina como centros de coordenação.<sup>148</sup> Esses centros, que incluem o controle de tráfego aéreo ou a regulação do tráfego do metrô,<sup>149</sup> facilitam uma visão particularmente interessante para a segurança industrial, com um espírito muito próximo e bastante complementar às contribuições de Karl Weick,<sup>150</sup> embora mais empírico e atribuindo um lugar determinante ao ambiente material e tecnológico.

## Anos 2000

Trabalhos em psicologia e ergonomia cognitiva encontraram áreas de aplicação nas indústrias nuclear, aeronáutica e química, bem como na saúde, e também serviram para propor abordagens mais macroscópicas baseadas nas ideias de Jens Rasmussen.<sup>151</sup> Em meados dos anos 2000, uma nova proposta foi feita de uma orientação forte em torno da “resiliência”. Esse termo tornou-se uma palavra-chave para pensar positivamente a contribuição humana à segurança industrial, em vez de negativamente (em termos de erros). Adotada por autores dos anos 1980 e 1990, formados no caldeirão de reflexões sobre erros humanos e sobre os métodos de confiabilidade humana associados às análises dos riscos,<sup>152</sup> a resiliência se tornou efetivamente o termo central na afirmação dessa orientação.<sup>153</sup>

James Reason, que até então tinha focado principalmente a identificação e classificação dos erros, adotou o mesmo caminho e dedicou um novo livro aos atos “heroicos” daqueles operadores que evitaram desfechos desastrosos.<sup>154</sup> O caso contemporâneo do piloto americano que brilhantemente conseguiu pousar no rio Hudson, em Nova York, veio sublinhar a relevância dessa visão. Graças à sua capacidade de improvisação e de adaptação ao acaso e ao imprevisto, os operadores dos sistemas de risco são as garantias de uma capacidade

de prevenção de acidentes. Essa é a rotina diária desses sistemas mais do que a exceção. Portanto, melhor do que procurar eliminar os erros, dever-se-ia identificar essas capacidades de resiliência, mantê-las, apoiá-las e desenvolvê-las.

O termo “resiliência” não era novo. Foi introduzido no campo anteriormente pelo cientista político americano Aaron Wildavsky<sup>155</sup> e pelo psicossociólogo Karl Weick.<sup>156</sup> Está certamente na ordem do dia (encontra-se na economia, ecologia e psicologia), mas também se baseia nos resultados dos últimos trinta anos de estudos cognitivos. Como já mencionado, inclui propostas de Jens Rasmussen, Erik Hollnagel e René Amalberti sobre a confiabilidade da cognição e sobre o compromisso cognitivo, mas também de David Woods, neste caso com a aspiração de generalizar a noção para além das fronteiras dos estudos cognitivos.<sup>157</sup>

É importante mencionar aqui a produção científica de Sidney Dekker, oriundo do caldeirão da engenharia cognitiva (*cognitive engineering*),<sup>158</sup> visto que ele é um dos que vão retomar a noção de erro mas irão, depois, criticá-la mais profundamente, sobretudo no que diz respeito a James Reason, servindo-se de vários recursos, incluindo o posicionamento construtivista de Karl Weick.<sup>159</sup> Sidney Dekker insiste, em vários de seus manuais destinados aos investigadores de acidentes (particularmente na aviação), na importância de levar em conta a situação dos operadores, a forma como eles constroem uma representação da situação no momento. Mas ele vai mais longe no raciocínio e problematiza a própria possibilidade de chegar, afinal, nos processos oficiais de inquérito, a uma explicação objetiva das “causas” do acidente. Cabe destacar, para concluir esta seção, o trabalho do engenheiro e sociólogo Torgeir Haavik, de articulação entre as correntes da engenharia da resiliência, da ação situada e do trabalho cooperativo assistido por computador, correntes complementares cuja combinação se revela rica.<sup>160</sup>

## Instalação

### Anos 1970 e 1980

As análises de risco das instalações baseiam-se em modelos e métodos do tipo *failure mode effects and critical analysis* (FMECA) ou análise de modos, efeitos e criticidade das falhas (AMECF) produzidos nos anos 1960 no setor aeronáutico, e princípios como os do Hazop (*hazard and operability study*, ou estudo de perigo e operabilidade), desenvolvidos na indústria química nos anos 1960

e 1970, como relata Trevor Kletz,<sup>161</sup> engenheiro da grande empresa britânica na qual esse método foi desenvolvido. Os métodos “arborescentes” do tipo árvore de falhas ou de eventos são também desenvolvidos nos anos 1960 e estendidos a vários setores industriais (apresentados na obra de Villemeur,<sup>162</sup> na França). Dotam os engenheiros (e gestores) de uma capacidade de controle de riscos por meio apenas do projeto tecnológico, chegando ao ponto de introduzir a contribuição do operador sob a forma de probabilidade de fracasso,<sup>163</sup> antes até de os erros se tornarem um verdadeiro campo de estudo da ergonomia e da psicologia ergonômica. Assim, o primeiro estudo probabilístico produzido para a indústria nuclear remonta a 1975 nos Estados Unidos.

Meio século mais tarde, essa ideia de controle por meio do cálculo continua bem arraigada, e por boas razões, do ponto de vista dos engenheiros. Certamente, as análises de risco contribuíram ao sucesso dos projetos e da exploração de (macro) sistemas tecnológicos (nucleares, ferroviários, aeronáuticos, marítimos, industriais nos setores químico e petroquímico etc.) cujo funcionamento raramente sofre falhas retumbantes (atribuíveis à má exploração em vez de uma falta de racionalidade técnica, separando assim a técnica da operação, sujeita à “irracionalidade” humana). Essa visão do desempenho tecnológico e da sua racionalidade é bem expressada pelo filósofo Daniel Parrochia,<sup>164</sup> que teoriza o que ele acredita determinar o sucesso desses objetos e projetos (porém sem excluir a possibilidade de falhas).

Esses métodos e a produção de modelos de risco baseiam-se nos princípios de desagregação sistemática e analítica das instalações e no conhecimento, após a desagregação, dos fenômenos físicos e tecnológicos que nelas podem ocorrer. Alguns dos modelos subjacentes são muito matematizados, mas o conjunto da abordagem não depende unicamente dessa matemática do risco. As análises de risco deixam espaço para abordagens qualitativas ou semiquantitativas. Assim, a pesquisa sobre sequências acidentais consiste em simular, de forma mental e por vezes, se necessário, experimental, as falhas, desvios (por exemplo, reação descontrolada com base no desvio de parâmetros – pressão, temperatura, etc. – no que diz respeito ao Hazop) ou perturbações externas (queda de objetos, intempéries, imprevistos naturais etc.) suscetíveis de produzir perdas de contenção de produtos perigosos e fenômenos não desejados.

Na prática, esse processo é muitas vezes um exercício coletivo. Por exemplo, um facilitador, rodeado por pessoas com as competências requeridas, tanto técnicas (conhecimento dos produtos e dispositivos) quanto operacionais (conhecimento das práticas reais e condições de exploração), deve mobilizar os princípios codificados em uma matriz de análise de risco, para estimular a

imaginação e considerar a máxima quantidade de sequências. Medidas de prevenção e proteção podem então ser consideradas, com base na avaliação das probabilidades e consequências (Quadro 2.1).

**Quadro 2.1** Exemplo simplificado de tabela de análise de risco

Evento	Causa	Gravidade	Probabilidade	Barreiras

Cálculos podem ser feitos em relação às consequências (fluxos térmicos, dispersão de tóxico) ou probabilidades de ocorrência dos eventos. Confere uma grande legitimidade a essas abordagens a capacidade de expressar e traduzir na forma de equações os fenômenos (fluxos térmicos, aumentos de pressão ou condições de descontrole de reação), mesmo limitadamente, bem como a de gerar princípios para o cálculo de probabilidade de eventos em funcionamento seguro, com base em raciocínios lógicos (booleanos) associados a gráficos.

## Anos 1990

É interessante notar durante os anos 1990 os numerosos avanços no conhecimento sobre os fenômenos e o quanto estes permitiram aprimorar a análise de risco. Ainda que os métodos de análise de risco, em essência, não representem uma ruptura com as conquistas dos anos anteriores, o conhecimento dos fenômenos continua progredindo, o que é imprescindível para implementar esses métodos e determinar os efeitos dos cenários identificados durante as análises. Muitos fenômenos são objetos de estudos mais detalhados e sua compreensão aumenta por meio de abordagens experimentais ou desenvolvendo ferramentas de informática que permitem uma modelagem (3D, por exemplo) cada vez mais avançada do comportamento físico ou químico dos fenômenos. Assim, passam a ser mais bem compreendidos e teorizados<sup>165</sup> fenômenos como a *boiling liquid expanding vapour explosion* (Bleve), ou explosão do vapor de expansão de um líquido sob pressão, e a *unconfined vapour cloud explosion* (UVCE), ou explosão de nuvem de vapor, que protagonizaram acidentes maiores dos anos 1970 e 1980. Doravante também se produzem tentativas mais avançadas de adicionar as ações dos operadores<sup>166</sup> e até fatores organizacionais<sup>167</sup> às análises de risco probabilísticas, embora a questão da ligação entre todos esses níveis de análise permaneça, sem dúvida, extremamente problemática.<sup>168</sup>

Esse melhor conhecimento dos fenômenos de natureza fronteira está associado a uma abordagem mais sistemática dos equipamentos por meio da segurança operacional. O princípio de barreiras, aplicado de forma sistemática com base em cenários de acidentes identificados *a priori* por análises de risco, é, então, mais desenvolvido na indústria (o exemplo da “gravata-borboleta” da companhia Shell é muito representativo desse momento).<sup>169</sup> Por conseguinte, os conhecimentos das ciências da engenharia evoluíram nos anos 1990 em várias frentes: os fenômenos, a probabilidade, as ações dos operadores e as influências organizacionais sobre a probabilidade de acidente. Esses avanços resultaram em novas abordagens no campo da química e da petroquímica, no início dos anos 2000, em torno da noção de barreiras de segurança.

## Anos 2000

Ao longo desses anos, torna-se visível em muitas indústrias de risco (nuclear, aeronáutica, química) a aplicação do princípio das “barreiras” na definição das medidas a serem implementadas na gestão de riscos. Sob a influência de novas normas, práticas ou regulamentos, as abordagens de análise de risco precisam agora demonstrar explicitamente como as barreiras de segurança são projetadas para a prevenção (e proteção) dos cenários de risco identificados. No entanto, a terminologia e os conceitos são heterogêneos e requerem esclarecimentos. Por exemplo, fala-se tanto de “defesa em profundidade” como de “barreiras de segurança”. Aparecem naquele momento, na literatura, autores que fazem o balanço sobre essa noção.<sup>170</sup>

A fim de clarificar o uso dessas barreiras, são então propostas distinções para identificar as funções das barreiras, os sistemas que as constituem e os seus elementos. Assim, várias funções podem ser desempenhadas por diferentes tipos de sistemas, eles próprios constituídos por diferentes tipos de elementos. Portanto, é necessário especificar o papel da técnica (*hardware* ou *software*), das ações humanas diretas (como atender aos alarmes) e indiretas, baseadas na organização (como a qualidade do treinamento para os operadores). Podem também ser especificadas as funções que as barreiras procuram cumprir: prevenir, suprimir, afastar, proteger etc.

Também é interessante distinguir entre elementos de barreira passivos (que não requerem energia ou informação, como uma parede de retenção para conter vazamentos de produtos inflamáveis) ou ativos (que requerem energia e/ou informação, como um sensor que aciona um mecanismo de segurança).

Esses avanços permitem uma visão muito mais clara dos vínculos entre projeto de instalação e nível de risco. É uma evolução significativa na compreensão das instalações de risco pelos engenheiros, no mesmo nível dos esforços de incorporação das ações humanas e dos fatores organizacionais, inovadores em análise de risco.

## **A necessidade de um olhar multidisciplinar e interdisciplinar**

A perspectiva histórica que acaba de ser apresentada permite-nos mostrar inicialmente duas coisas. Em primeiro lugar, mostra como é necessário matizar a ideia de estarmos perante abordagens estritamente disciplinares nas quatro categorias aqui selecionadas: instalação, cognição, organização e regulação. A retrospectiva mostra que muitas das contribuições identificadas já são consideravelmente interdisciplinares, como o trabalho dos pesquisadores de Berkeley sobre HRO, reunindo diferentes perfis (da engenharia, ciência política e psicologia organizacional) ao redor de casos empíricos comuns, ou ainda o grupo no Reino Unido (em torno de Barry Turner), que reúne engenheiros, psicólogos e sociólogos.

Também podemos mencionar a constituição do campo da engenharia cognitiva, muito interdisciplinar, que suscitou debates acalorados sobre seu *status* científico,<sup>171</sup> semelhantes aos da ergonomia, disciplina na qual também se discute sobre o próprio *status*.<sup>172</sup> Questões bastante similares surgiram também sobre os estudos interdisciplinares das HRO, em particular para determinar se a pesquisa sobre essas organizações de risco exigia ferramentas conceituais específicas ou se esses trabalhos deveriam ser englobados no campo mais estruturado da teoria das organizações.<sup>173</sup>

As propostas em torno dos regimes de regulação de risco são mais um exemplo na interface do direito, da sociologia e da ciência política,<sup>174</sup> e as práticas e modelos de análise de risco são também o resultado de um trabalho muito interdisciplinar envolvendo as ciências da engenharia, a matemática, a química industrial e a física.<sup>175</sup> Proponho, portanto, considerar as diversas contribuições, como as HRO, a engenharia cognitiva, os regimes de regulação de risco ou ainda as análises de risco, como tradições de pesquisa no campo da segurança industrial e dos acidentes, que ligam a formulação de um problema com estudos empíricos e produção de métodos e conceitos específicos arraigados em uma só disciplina ou, às vezes, interdisciplinares. Portanto, em determinadas

circunstâncias, é apropriado falar tanto de disciplinas como de tradições de pesquisa, por vezes já constituídas de forma interdisciplinar.

No entanto, o que essa perspectiva histórica revela é que uma abordagem da segurança industrial baseada em apenas uma disciplina ou tradição de pesquisa não permitiria apreender todas as dimensões que influenciam a gênese de um acidente maior e, por conseguinte, a segurança industrial (como fica claro no Capítulo 1). A retrospectiva mostra, portanto, que nenhuma disciplina ou tradição de pesquisa pode fornecer a visão geral necessária, mesmo que mantenha relações com campos afins, conservando sua autonomia e independência (empírica, teórica, metodológica e institucional).

Para isso, deve perder um tanto de sua identidade inicial, ou contornos, para responder a um projeto mais aberto, em vez de um objeto que já está delineado na realidade pelo prisma da disciplina ou tradição de pesquisa escolhida. O(s) pesquisador(es) que objetiva(m) compreender a segurança industrial com uma visão aberta deve(m), portanto, “cruzar” as disciplinas e recorrer àquelas contribuições que lhe(s) permita(m) ter uma visão menos limitada.

A estratégia cognitiva de pesquisa simbolizada pelo “desembarque de helicóptero”, emprestado de Michel Serres no capítulo anterior, faz completamente sentido aqui, portanto. Nesse ponto, poderia corresponder a uma postura intermediária, em termos das distinções de Julie Klein. Por um lado, uma coordenação multidisciplinar, e do outro, uma interdisciplinaridade (por enquanto) teórica, bem como ampla ou abrangente, ao invés de uma interdisciplinaridade empírica e restrita. Essas classificações são, no final das contas, difíceis de estabelecer nitidamente, mas são também indicativas.

O que fica claro ao proceder assim é que, entretanto, o(s) pesquisador(es) apenas consegue(m) reconstituir parcialmente uma visão geral. A “rearticulação” multidisciplinar e interdisciplinar realizada deve contentar-se com elementos metodológicos, conceituais e empíricos, daqui e dali, que combinam em maior ou menor grau. Passos adicionais são necessários, incluindo um esforço de articulação envolvendo estudos empíricos, esforços para compatibilizar esses trabalhos, e produção de modelos que permitam a coordenação de todos esses pontos de vista heterogêneos (que os capítulos seguintes desenvolvem). No entanto, é possível entender melhor, por exemplo, as vantagens, limitações e dificuldades da fiscalização de instalações listadas quando se toma conhecimento dos trabalhos sobre regulação de risco por meio de trabalhos de sociologia da ação pública ou ciências políticas. Por um lado, eles permitem orientar o questionamento e, por outro lado, facilitam a interpretação dos dados, bem como as possibilidades ou não de ação.



Também é possível observar como certas realidades organizacionais podem dificultar a circulação de informações ou a implementação das regras de segurança quando se integram as contribuições da sociologia de organizações ou do trabalho. Os limites cognitivos dos operadores na sua situação de trabalho são mais bem compreendidos com conhecimentos de ergonomia cognitiva sobre a dinâmica dos erros. Também se compreendem melhor, entretanto, as incertezas dos engenheiros sabendo das contribuições da sociologia da ciência e da tecnologia. E assim por diante. Esse esforço, no entanto, mesmo que não produza um referencial “pronto para ser utilizado”, permanece como pré-requisito indispensável para a avaliação da segurança industrial. Conscientiza sobre as dimensões a serem consideradas e lança as bases para uma abordagem mais interdisciplinar, que será proposta nos Capítulos 4 e 5 e ilustrada empiricamente no contexto de uma investigação de acidente no Capítulo 6.

## Uma leitura histórica em três etapas, intuitiva, porém simplista

Adicionalmente, essa leitura histórica pretendia mitigar a leitura linear e simplificada de forma excessiva, na pesquisa em segurança industrial, de uma transição do técnico para o humano, e em seguida para o organizacional. Seja nas comissões de inquérito, na evolução das práticas industriais, das regulações e dos Estados, na pesquisa acadêmica ou mais industrial, há um cruzamento e um extremo entrelaçamento temporal de todas essas disciplinas e tradições de pesquisa. O tema da organização (por exemplo, das HRO) está no centro de muitos trabalhos ao mesmo tempo que os avanços em torno da cognição (engenharia cognitiva e erros), assim como os avanços sobre barreiras de segurança nos métodos de análise de risco são concomitantes com a formação de uma corrente estruturada em torno da regulação de risco.

Embora intuitivamente atraente, a sequência de períodos distintos (técnico, humano, organizacional) não resiste, portanto, a uma análise mais apurada. Ao colocar em paralelo todos os temas dentro de uma divisão por década considerada, verifica-se, pelo contrário, uma grande diversidade de desdobramentos simultâneos. Um indicador muito bom dessa diversidade é a circulação e migração de conceitos entre esses campos recém-constituídos.

## Circulação e migração de conceitos

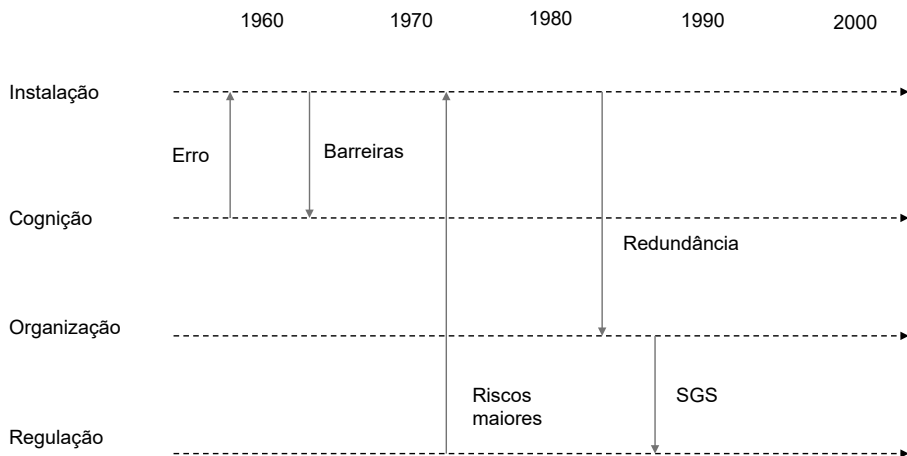
A visão da engenharia sobre as instalações, por exemplo, evolui à medida que novas técnicas ou ferramentas são desenvolvidas para as análises de risco e modelagem dos fenômenos, de forma bastante independente das outras áreas. Essa visão não é, portanto, verdadeiramente substituída, e há décadas que continua a evoluir, inclusive quando são produzidos conhecimentos complementares. Além disso, esse olhar da engenharia procurou desde muito cedo, por exemplo, teorizar o “erro humano” para introduzi-lo nas análises e nos cálculos de probabilidade, abrindo um espaço de pesquisa e de aplicações industriais sobre o tema da “confiabilidade humana”.

Portanto, a visão da engenharia não está completamente fechada às outras contribuições, embora seu manejo da noção de erro esteja longe da sofisticação dos modelos dos campos especializados, como na ergonomia cognitiva. Há, portanto, uma abertura limitada, filtrando a dimensão “humana” por meio de uma racionalidade particular. O homem aparece então com um certo aspecto de “máquina”, executando a tarefa ou não, à imagem de um dispositivo técnico, dado que essa “redução” ou “tradução” facilita a aplicação de um raciocínio probabilístico.

O conceito de redundância migrou também do mundo da tecnologia para o da organização e foi objeto de muitos debates nos anos 1980 e 1990. Inicialmente retomado por Charles Perrow para salientar seus efeitos perversos, o sociólogo americano afirma que o risco de cenários imprevistos se multiplica ao acrescentar as redundâncias, um ponto que é corroborado por Scott Sagan, que também considera que a redundância não é necessariamente sinônimo de maior segurança.<sup>176</sup> Esse conceito foi depois utilizado nos estudos organizacionais, em particular os de Karlene Roberts, que testemunham, ao contrário, a importância de ter redundâncias nas equipes, permitindo duplo controle.

Passamos então de uma redundância do tipo tecnológica para uma redundância humana. Esta, porém, por sua vez criticada por Scott Snook. Para o sociólogo, as redundâncias humanas também são passíveis de falhar, pois, como o seu estudo de acidente mostra, as verificações que deveriam ter sido feitas não o foram, porque cada operador pensava que o outro o faria. Esses poucos exemplos (barreira e redundância) são válidos para outros conceitos no campo da segurança industrial (resiliência, erro, confiabilidade, grandes riscos, sistema de gestão da segurança etc.) que “migram”, são “traduzidos” de um campo para outro.

A Figura 2.2 ilustra o que foi argumentado nesta seção. Mais do que uma evolução histórica onde se passaria da tecnologia para o ser humano e para a organização, houve várias correntes de pesquisa sobre todos esses temas se constituindo de forma relativamente independente e concomitante a partir dos anos 1970. Embora os conceitos circulassem, as origens disciplinares, com suas questões iniciais, formulação dos problemas e respostas dadas, estabeleceram fronteiras. Essa dinâmica é um fenômeno de especialização bem conhecido no desenvolvimento das ciências e, por conseguinte, pouco surpreendente.



**Figura 2.2** Compartimentação, migração e tradução de conceitos de uma categoria para outra

## Em resumo

Existem, portanto, muitas disciplinas e tradições de pesquisa que, desde os anos 1970, se interessam pelas questões de segurança industrial e de acidentes. Seguindo uma estratégia de coordenação multidisciplinar ou de interdisciplinaridade ampla e teórica, distinguindo primeiro categorias e observando depois sua evolução em paralelo no tempo, a imagem obtida é a de um campo particularmente rico. Essa riqueza reflete as trajetórias de especialização científica, porém também trouxe uma série de questões. Agora que todos esses trabalhos foram apresentados e foram objeto de uma primeira discussão, podemos passar a um tema que é particularmente apropriado para tomar perspectiva em relação a tal assunto.

Como indicado anteriormente, a dupla natureza multidimensional e de seqüência de ocorrências no caso do acidente apresentado no primeiro capítulo suscita questões. Os acidentes tecnológicos maiores, devido à sua rara ocorrência, seriam imprevisíveis e inevitáveis? Os acidentes e a segurança industrial, devido à sua natureza multidimensional, teriam a particularidade de não entrar em nenhuma “casa” disciplinar ou tradição de pesquisa? Na verdade, essas duas questões conduzem a um questionamento mais amplo, que ultrapassa as fronteiras dos acidentes e da segurança industrial, um questionamento sobre a complexidade. Embora possa parecer distante à primeira vista, uma vez que leva a uma reflexão para considerações de cunho filosófico, esse questionamento é, no entanto, fundamental, como será mostrado no Capítulo 3.

## Notas

1. A. Laurent (2003).
2. R. Amalberti (2001).
3. M. Bourrier (1999a).
4. Um exemplo é dado por E. Hollnagel (2004). Ele retoma uma visão amplamente aceita de que as soluções em segurança industrial eram abordadas, até os anos 1970, do ponto de vista técnico e tecnológico. Em seguida, nos anos 1980, a segurança teria sido pensada na perspectiva do fator humano, relacionado com o problema do erro humano, especialmente após Three Miles Island, em 1978. Finalmente, uma terceira etapa teria ocorrido nos anos 1990, após investigações de acidentes como os do ônibus espacial Challenger e da central nuclear de Chernobyl em 1986, levando em consideração os fatores organizacionais (às vezes também abordados sob o ângulo da “cultura de segurança”). Esses três períodos são resumidos em uma seqüência de três etapas: técnica, humana e organizacional. Essa ideia teria sido formulada pela primeira vez por A. Hale e J. Hovden, em 1998.
5. Ver, por exemplo, R. Amalberti, C. Fuchs & C. Gilbert (2003), obra na esteira da contribuição em nível nacional do grupo de interesse científico GIS RISQUE do CNRS, liderada por Claude Gilbert. Para um breve histórico da atividade dessa colaboração, ver C. Gilbert & I. Bourdeaux (2007). Para uma abordagem multidisciplinar no campo da química, ver a obra coletiva coordenada por M. Dupré & J.-C. Le Coze (2014).
6. D. Vinck (2000).
7. Ver, para publicações recentes, os artigos e/ou livros de J. Klein (2010); F. Darbellay (2011, 2012); A. Barry & G. Born (Eds.) (2013).
8. E. Morin (1990a).
9. E. Morin (1990b, p. 124).
10. Este capítulo não é, portanto, transdisciplinar segundo essa categorização, e sim multi e interdisciplinar. Deixo de lado então, por enquanto, a abordagem transdisciplinar, que será retomada no Capítulo 3.
11. Entretanto, pode-se mencionar uma alternativa de Andrew Pickering, que se refere à história da cibernética falando em antidisciplina (Pickering, 2013). Diante da diversidade de situações historicamente contingentes no desenvolvimento da ciência e da tecnologia, na

circulação de conceitos e nas sutilezas decorrentes, poder-se-ia, naturalmente, imaginar muitos outros prefixos, como “meta”, “pós”, “in” ou “para” na frente do termo disciplinaridade (Laflamme, 2011).

12. J. Klein (2010).
13. M. Gibbons, C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott & M. Trow (1994); H. Nowotny, P. Scott, & M. Gibbons (2003/ 2001).
14. B. Bensaude-Vincent (2009, p. 35).
15. C. Bonneuil & P.-B. Joly (2013).
16. C. Debru (2011, p. 13).
17. B. Latour (1984, p. 114).
18. J.-P. Dupuy (1999, p. 15).
19. B. Claverie (2010).
20. B. Claverie (2010).
21. P. Taylor-Gooby & J.O. Zinn (Eds.) (2006).
22. O. Borraz & V. Guirandon (2008). Capítulo 12, em particular.
23. Por exemplo, B. Kirwan, A. Hale & A. Hopkins (2002).
24. Claude Gilbert identifica três gerações de riscos (ou de ameaças). “A noção de ‘riscos coletivos’ permite estabelecer vínculos, semelhanças interessantes entre os riscos que mencionava antes (naturais, tecnológicos) e aqueles se correspondendo mais com uma ‘segunda geração’ de risco (amianto, sangue contaminado, hormônio do crescimento etc.) ou até ‘terceira geração’ (encefalopatia espongiforme bovina, organismos geneticamente modificados, hepatite B, poluição ambiental cancerígena, baixas doses de radiação etc.)” (C. Gilbert, F. Caille & C. Lemieux, 1998).
25. O. Borraz (2008). Mesmo que nessa obra as conclusões do autor (o Estado como “fator de risco”, uma gestão de riscos baseada em iniciativas não estatais) ecoem em parte a situação específica da regulação dos riscos tecnológicos maiores. Entretanto, essa comparação vaga deve ser muito matizada, pois “nenhuma obra tem proposto uma análise exaustiva da forma como as missões de segurança em conjunto foram e ainda são assumidas” (Borraz & Gilbert, 2008).
26. C. Debru (2011, p. 9).
27. M. Serres (2003a, p. 229-230).
28. Trechos de uma entrevista, retomando o ponto desenvolvido em M. Serres (2003b). Entrevista disponível em: <http://www2.cndp.fr/magphilo/philol12/entretien.htm>.
29. J.-D. Reynaud (1995/1999).
30. G. De Terssac (1992).
31. Ver a síntese de J. Leplat sobre esse assunto (Leplat, 2006).
32. C. Michaud & J.-C. Thoenig (2001).
33. R. Aron (1986).
34. J. Klein (2010).
35. P. Lagadec (1981).
36. P. Lagadec (1979).
37. J.-F. Short (1984).
38. M. Douglas & A.B. Wildavsky (1982).
39. B. Wynne (1982).
40. S. Jasanoff (1986).

41. B. Latour & S. Woolgar (1978).
42. S. Jasanoff (1986).
43. P. Lacoumes (1987).
44. G. Decrop & C. Gilbert (1993).
45. P. Lacoumes (1987).
46. The public inquiry into the Piper Alpha disaster (1990).
47. U. Beck (2001).
48. Sobre o que B. Latour insiste em seu prefácio da tradução francesa em 2001. “Esse termo de risco levou a muitos mal-entendidos [...] tem sido considerado como especialista em ‘riscos tecnológicos maiores’ enquanto utiliza o termo de forma muito mais ampla, considerando o próprio vínculo social [...] os males, as ameaças e os riscos já não vêm do exterior para perturbar a sociedade: eles são engendrados, fabricados, por essa própria sociedade.”
49. R. Boudon (2003).
50. C. Hood, H. Rothstein, R. Baldwin, J. Rees & M. Spackman (1999).
51. A. Giddens (1993).
52. S. Jasanoff (1990, 1993).
53. O. Renn (1992, 1998).
54. S. Krimsky & D. Golding (1992).
55. B.M. Hutter (2006).
56. U. Beck (1998).
57. C. Hood, H. Rothstein, R. Baldwin, J. Rees & M. Spackman (1999).
58. G. Decrop & C. Gilbert (1993); C. Gilbert (1995).
59. T.A. Birkland (1998).
60. S. Jasanoff (1993).
61. G. Decrop & C. Gilbert (1993).
62. E. Martinais (1996).
63. C. Hood, H. Rothstein & R. Baldwin (2001).
64. P.-J. May (2002).
65. C. Hood, H. Rothstein, R. Baldwin, J. Rees & M. Spackman (1999); B.M. Hutter (2001); H. Rothstein (2003); L. Bonnaud (2005); M. Dupré, J. Etienne & J.-C. Le Coze (2009).
66. D. Vaughan (1990).
67. H. Rothstein (2003).
68. C. Hood, H. Rothstein, R. Baldwin, J. Rees & M. Spackman (1999).
69. B.M. Hutter (2001).
70. L. Bonnaud (2005).
71. M. Dupré, J. Etienne & J.-C. Le Coze (2009).
72. E. Martinais (2010, 2011).
73. K. Tierney (2010).
74. J. Downer (2011).
75. B.A. Turner (1978).
76. C. Perrow (1984).
77. Esse ponto está bem descrito no prefácio de Diane Vaughan para a reedição de 1997 do livro de Barry Turner de 1978 (Vaughan, 1997) em colaboração com Nick Pidgeon, mas esse

- ponto é também mencionado pelo próprio Barry Turner em um artigo autobiográfico de 1995 (Turner, 1995).
78. D. Sills (1981).
  79. T. La Porte (1981).
  80. Mesmo que Claude Gilbert considere necessário se distanciar da ideia dos acidentes maiores como origem direta, sem mediação, de mudanças regulatórias (Gilbert, 1995). Essa cautela é perfeitamente válida também no que diz respeito aos avanços científicos. Os acidentes são, frequentemente, uma oportunidade para comunidades científicas mais ou menos bem estabelecidas oferecerem seus pontos de vista sobre o problema, em função de seus próprios filtros e problemáticas.
  81. Na mesma época, em torno de Barry Turner, deve-se mencionar a colaboração do engenheiro David Blockley com o psicólogo Nick Pidgeon. Esse coletivo constitui no Reino Unido uma dinâmica semelhante à dos pesquisadores da Universidade de Berkeley nos Estados Unidos (Pidgeon, Blockley & Turner, 1986). Essa experiência, muito menos conhecida que a de Berkeley, é descrita por N. Pidgeon (2010).
  82. Mas também a obra de Paul Shrivastava, prosseguindo com a tese de Charles Perrow, três anos após o desastre de Bhopal, examinando esse acidente com bastante profundidade (Shrivastava, 1986).
  83. G.I. Rochlin, T.R. La Porte & K.H. Roberts (1987).
  84. K.E. Weick (1987).
  85. K.E. Weick (1969).
  86. B. Wynne (1988).
  87. B. Wynne (1982).
  88. W.G. Johnson (1973).
  89. W.H. Starbuck & F.J. Milliken (1988a, 1988b).
  90. C.I. Barnard (1938); A.W. Gouldner (1954); H. Simon & J.G. March (1958); M. Crozier (1963).
  91. Ponto de vista relatado em uma discussão com Todd La Porte.
  92. S.D. Sagan (1993).
  93. K. Roberts (Ed.) (1993).
  94. G. Rochlin (1993); P.R. Schulman (1993); K.E. Weick (1993); A.D. Meyer & W.H. Starbuck (1993).
  95. T. La Porte & P. Consolini (1991).
  96. D. Vaughan (1996).
  97. D. Vaughan (1999).
  98. T. Pinch (1991).
  99. S. Hilgartner (1992).
  100. G. Rochlin (1999a, 1999b).
  101. M. Bourrier (1999a); M. Bourrier (Ed.) (2001).
  102. Em contraste, Michel Llory (engenheiro que iniciou a pesquisa em fatores humanos no I&D da empresa Electricité de France) posiciona-se (a partir dos relatórios das comissões de inquérito de acidentes), por um lado, em uma visão do acidente como via de acesso privilegiada ao conhecimento (uma “estrada real”, em referência a Freud e aos sonhos) e, por outro lado, em uma perspectiva crítica (de orientação psicodinâmica), discutindo o tema dos *whistleblowers* (lançadores de alerta) e sua situação nas organizações de alto risco (M. Llory, 1996, 1999, postura que se prolonga em M. Llory & R. Montmayeul, 2010).

103. M. Crozier (1963).
104. M. Crozier & E. Friedberg (1977).
105. J. Leplat (1986).
106. G. De Terssac (1992).
107. E. Friedberg (1993).
108. A.R. Hale (1999).
109. J. Reason (1997).
110. Para um resumo dos trabalhos dos anos 1990, ver F.W. Guldenmund (2000); A.I. Glendon & N.A. Stanton (2000); A.R. Hale (2000).
111. J. Rasmussen & I. Svedung (2000); S.A. Snook (2000); A. Hopkins (2000, 2005, 2008); M.W. Evan & M. Manion (2002); P. Mayer (2003); J. Downer (2011).
112. K. Weick & K. Sutcliffe (2007); C. Perin (2004); E. Roe & P. Schulman (2008).
113. C. Perin (2004).
114. A. Richter & C. Koch (2004); A. Hopkins (2006); K. Haukelid (2008); S. Antonsen (2009).
115. S. Gherardi, D. Nicolini & F. Odella (1998).
116. M. Farjoun & W.H. Starbuck (2007).
117. P.S. Goodman, R. Ramanujam, J.S. Caroll, A.C. Edmondson, D.A. Hoffman & K.M. Sutcliffe (2011); A. Boin & P. Schulman (2009).
118. M.W. Evan & M. Manion (2002).
119. The Ladbroke Grove rail inquiry (2001).
120. Columbia Accident Investigation Board (2003).
121. H.W. Starbuck & M. Farjoun (Eds.) (2005).
122. Presidential Commission (1986).
123. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2007); Baker Panel (2007); A. Hopkins (2008); National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling (2011); A. Hopkins (2012); T. Bergin (2011).
124. K. Vicente (2004).
125. J. Rasmussen (1969).
126. J.-M. Faverge (1970).
127. Para uma história da ciência cognitiva, ver H. Gardner (1985).
128. U. Neisser (1967).
129. J. Rasmussen (1987); L.P. Goodstein, H.B. Andersen & S.E. Olsen (Eds.) (1988).
130. J. Leplat & G. De Terssac (Eds.) (1990).
131. Ver, por exemplo, o trabalho de F. Daniellou (1986).
132. D. Norman (1988).
133. J. Rasmussen (1986).
134. D.D. Woods & E. Hollnagel (1983).
135. L. Suchman (1983, 1987).
136. K. Schmidt (1991).
137. E. Hutchins (1990).
138. J. Rasmussen (1986).
139. É interessante observar que, fora dos seus campos de origem, muitos dos investigadores dessa “geração cognitiva” contribuíram às problemáticas organizacionais e sistêmicas ao



- longo dos anos 1990 e 2000. J. Reason (1997); J. Rasmussen (1997); E. Hollnagel (2004); K. Vicente (2004); D.D. Woods (2005) – ou ainda S. Dekker (2004) para uma abordagem construtivista. Esse ponto será tratado no Capítulo 5.
140. E. Hollnagel (1993).
  141. R. Amalberti (2001).
  142. J. Rasmussen (1990b).
  143. G. Klein (1997).
  144. P.C. Cacciabue & E. Hollnagel (1995).
  145. G. Klein (2004).
  146. Evidentemente, esse posicionamento tem predecessores e faz parte de uma leitura histórica que não deixa de incluir a tradição ergonômica de língua francesa. Ver, por exemplo, B. Crandall et al. (2006).
  147. K. Schmidt & L.J. Bannon (1992).
  148. L. Suchman (1993, 1997).
  149. C. Goodwin & M.H. Goodwin (1996); C. Heath & P. Luff (1992) e, na França, J. Theureau & G. Filippi (1994); M. Grosjean (2004).
  150. K. Weick & K. Roberts (1993); K. Weick et al. (1999).
  151. J. Rasmussen (1997); K. Vicente (2004).
  152. E. Hollnagel (1993, 1998).
  153. E. Hollnagel et al. (Eds.) (2006).
  154. J. Reason (2008).
  155. A. Wildavsky (1988).
  156. K.E. Weick (1993).
  157. Ver em particular a aplicação do conceito por David Woods ao caso da Nasa (Woods, 2005).
  158. D.D. Woods, S. Dekker, R. Cook, L. Johannesssen & N. Sarter (2010).
  159. S. Dekker (2002a, 2007, 2011).
  160. T.K. Haavik (2011).
  161. T.A. Kletz (1983).
  162. A. Villemeur (1988).
  163. A.D. Swain (1963).
  164. D. Parrochia (1998).
  165. Sobre todos esses fenômenos, ver a síntese de A. Laurent (2003).
  166. B. Kirwan (1994); E. Hollnagel (1998).
  167. D.E. Embrey (1992); M.E. Paté-Cornell & D.M. Murphy (1996).
  168. B. Kirwan (1998).
  169. J.-P. Visser (1998).
  170. Por exemplo, S. Sklet (2006); L. Harms-Ringdhal (2009).
  171. J. Reason (1998).
  172. F. Daniellou (1986).
  173. W.R. Scott (2003).
  174. C. Hood, H. Rothstein & R. Baldwin (2001).
  175. A. Laurent (2003).
  176. S.D. Sagan (2004).



### 3. Complexidade, a “palavra do século”

Este capítulo é dedicado à complexidade. Na primeira parte, apresenta seu uso nos trabalhos no campo da segurança industrial. Mostra-se como esse tema é um eixo central na argumentação sobre riscos, especialmente desde a contribuição do sociólogo Charles Perrow, que fez dele uma categoria-chave em sua tese do “acidente normal”, ou seja, inevitável, em certos sistemas. Mas outros autores também mobilizaram a noção de complexidade no campo da engenharia cognitiva, como Jens Rasmussen, por exemplo. Veremos, portanto, que a complexidade é polissêmica no sentido de que pode ter vários significados dependendo do contexto de uso, neste caso contextos disciplinares ou tradições de pesquisa em segurança industrial. Na segunda parte, outro uso da complexidade é proposto, com base no trabalho de Edgar Morin. Esse uso revela-se frutífero na medida em que ajuda esclarecer o caráter multidimensional e ocorrencial da segurança industrial e dos acidentes, introduzindo os temas-chave dos debates em CHS hoje em dia em torno dos dualismos natureza/cultura, sujeito/objeto, corpo/espírito, fatos/valores.

#### Complexidade, uma introdução

O tema da complexidade é um termo transversal, amplamente utilizado nos últimos vinte ou trinta anos, em muitos campos científicos. Há uma vasta literatura sobre o assunto, com dezenas, se não centenas de livros dedicados a ele: introduções gerais, aplicações ou implicações dos princípios da complexidade em diferentes disciplinas, como administração, biologia, sociologia ou filosofia etc. Existem até mesmo mapas para se orientar no assunto, dada a abundância de autores e perspectivas.<sup>1</sup> Para Reda Benkirane, sociólogo que dedicou

uma coletânea de entrevistas à complexidade,<sup>2</sup> complexidade é “a palavra do século”,<sup>3</sup> e para o sociólogo John Urry, as ciências e, conseqüentemente, as ciências sociais enfrentam a guinada da complexidade (*complexity turn*).<sup>4</sup>

Por trás do sucesso dessa noção há uma série de razões que é impossível identificar aqui de forma exaustiva. Podemos evocar um certo *zeitgeist*, um “espírito do tempo”, de questionar a capacidade da ciência de apreender, compreender e prever tudo, relacionado também com as grandes transformações do mundo contemporâneo e todas suas incertezas. Como escreve o filósofo Bertrand Vergely, “Nos anos 1960 [...] todos falavam de estrutura. Hoje é o caso da palavra ‘complexidade’. Todos falam de complexidade”.<sup>5</sup> A pesquisa sobre riscos tecnológicos maiores não escapou do uso extensivo da noção de complexidade. O assunto se presta particularmente bem a isso. Irei ao ponto de dizer nos parágrafos seguintes que ele é, uma vez formulado filosoficamente, central, embora no campo da segurança industrial ainda não tenha se beneficiado de um estudo aprofundado, à altura do desafio. No entanto, tudo leva a isso desde o início da pesquisa em segurança industrial, colocando a questão de se é possível prever acidentes maiores.

As opiniões estavam de fato divididas sobre essa questão, e é uma cisão que permanece viva. Alguns chegaram a considerar a questão como um “beco sem saída”,<sup>6</sup> indicando que apenas convicções pessoais (e políticas), mais do que científicas, possibilitaria que todos se posicionem no debate. De fato, não há possibilidade real de resolver essa questão empiricamente, de forma clara e geral, pois há muitos pressupostos em jogo, paradigmáticos, filosóficos ou metateóricos, sobre os quais a questão da complexidade, quando desenvolvida epistemologicamente, lança alguma luz.

Se a complexidade não desempenhou o papel ainda mais central que poderia ter tido de uma perspectiva epistemológica e filosófica, isso se deve provavelmente ao fato de os principais desdobramentos filosóficos sobre esse tema em CHS não terem sido produzidos em inglês, e sim em francês, com Edgar Morin,<sup>7</sup> e em alemão, com Niklas Luhmann.<sup>8</sup> Esse fato linguístico inegável tem dificultado seu uso na literatura anglo-saxônica, que é predominante em riscos tecnológicos maiores, no conjunto de disciplinas envolvidas. Isso não significa que os pensadores franceses ou alemães não tenham influência na esfera intelectual anglo-saxônica, como mostra a grande difusão das obras de Michel Foucault ou Jürgen Habermas.

Em particular, a história de uma Teoria Francesa (*French Theory*) extremamente influente nos Estados Unidos, à qual os nomes de Gilles Deleuze, François Lyotard ou Jacques Derrida estão ligados, permaneceu bastante na sombra

na França até o caso Sokal estourar em 1997,<sup>9</sup> mas foi relatada em um livro inteiramente dedicado a ela.<sup>10</sup> Isso não impede constatar que tal destino não foi reservado aos pensadores europeus da complexidade e, conseqüentemente, que eles não foram mobilizados de forma alguma nos trabalhos sobre segurança industrial ou acidentes.

Além disso, os autores francófonos na vanguarda no campo dos riscos industriais, nas diversas disciplinas (por exemplo, em ergonomia cognitiva ou sociologia), não retransmitiram esse pensamento a partir de suas respectivas ancoragens disciplinares. É provavelmente mais fácil agora, em retrospectiva, apreender os contornos dessa abordagem, depois da obra de Edgar Morin ter sido recebida de várias maneiras. Deve-se reconhecer que alguns usos desse pensamento filosófico sobre complexidade, em geral e fora da segurança industrial, têm sido objeto de críticas bastante justificadas. Jacques Girin, pesquisador em ciências administrativas, descreve-o muito bem em um artigo sobre a polissemia da noção de complexidade e seus usos nas ciências da administração:

Embora os autores citados tenham ilustrado brilhantemente o exercício erudito desse “pensamento complexo”, seus epígonos menos instruídos têm demonstrado com demasiada frequência apenas uma forma de pensamento mais confusa do que complexa, imprópria para alimentar o debate científico.<sup>11</sup>

Com exceção de um psicólogo ergonômico, Jacques Leplat, que faz um uso bastante superficial e indireto dessa noção em um artigo,<sup>12</sup> bem como de um movimento, os cindínicos,<sup>13</sup> ela me parece ter sido usada por pouquíssimos pesquisadores em segurança industrial na França. O trabalho pioneiro de Patrick Lagadec sobre gestão de crises (ligeiramente à margem dos temas tratados nesta obra) insiste regularmente no artigo de Edgar Morin que propunha “uma crisologia”, em 1976,<sup>14</sup> mas foi uma única contribuição, sem tocar em seu trabalho subjacente muito mais amplo sobre complexidade.<sup>15</sup> O programa do grupo de interesse científico “Riscos coletivos e situações de crise” do CNRS, liderado por Claude Gilbert, que havia inicialmente enfatizado o tema da complexidade, não manteve posteriormente esse fio condutor.<sup>16</sup>

Voltando à tentativa dos cindínicos, apesar de sua referência direta à complexidade de uma perspectiva filosófica, eles não orientaram seu programa empírico e teórico de forma a captar e traduzir todas as suas implicações (e em particular a exigência de multi e interdisciplinaridade). No entanto, o legado do posicionamento dos cindínicos, no plano epistemológico, em particular por

sua ancoragem construtivista inspirada nessa corrente pelas contribuições de Jean-Louis Le Moigne,<sup>17</sup> permanece muito presente na postura dessa obra. Isso se livrando, no entanto, primeiro, das terminologias que provavelmente contribuíram para desacreditar o movimento<sup>18</sup> e, segundo, de seu alto nível de abstração.<sup>19</sup> As seções seguintes são, portanto, dedicadas a colocar em perspectiva o uso da complexidade no campo dos riscos tecnológicos maiores por diferentes autores de diferentes disciplinas e, depois, introduzir um pensamento filosófico para mostrar sua relevância para as questões que começaram a ser discutidas nesta obra.

## **A complexidade no centro do debate sobre os acidentes tecnológicos maiores**

### **Todd La Porte vs. Charles Perrow**

Autores anglo-saxões, sob a influência de pesquisadores como Warren Weaver<sup>20</sup> ou Herbert Simon,<sup>21</sup> nos Estados Unidos, introduziram a questão da complexidade a partir de um certo ângulo. É explicitamente mencionada por Todd La Porte, cientista político que estimulou estudos pioneiros sobre confiabilidade organizacional, sem que o tema se tornasse o fio condutor de seu pensamento geral. Com influências como as de Chester Barnard,<sup>22</sup> derivadas da filosofia de Alfred North Whitehead, e apesar das frequentes referências à noção de complexidade nos artigos que pontuam sua pesquisa até hoje,<sup>23</sup> Todd La Porte nunca explorou essa questão em profundidade, nem por seus estudos de caso, nem teoricamente. Entretanto, desde cedo ele se fez a seguinte pergunta sobre riscos industriais:

Foram desenvolvidas teorias sociais e políticas apenas para sistemas simples? Elas são adequadas para uma sociedade altamente complexa? Quais demandas intelectuais e de pesquisa estão envolvidas na busca de teorias organizacionais, sociais e políticas de sistemas complexos?<sup>24</sup>

Essa questão parecia, portanto, ser a premissa para futuros trabalhos. Entretanto, foi Charles Perrow<sup>25</sup> quem conceituou e introduziu a noção de acoplamento em sua teorização de acidentes, dando-lhe assim um lugar muito importante na retórica do campo. A partir daquele momento, de fato, entrando em forte ressonância com trabalhos de “engenharia cognitiva”, a complexidade

tornou-se uma palavra-chave na comunidade de pesquisa em segurança industrial. Muito orientado pelas características estruturais e tecnológicas dos sistemas de risco que têm maior ou menor probabilidade de produzir acidentes “normais”, esse autor, no entanto, faz um uso restrito da noção de complexidade: é essencialmente tecnológica.

Ao contrário de Charles Perrow, foi a “complexidade organizada”, no sentido do engenheiro Warren Weaver, que atraiu a atenção de Todd La Porte para essa problemática em seus primeiros escritos. Em um artigo de 1947, Warren Weaver, mostrando um caminho que muitos iriam seguir, distinguiu “simplicidade” de “complexidade desorganizada” e “complexidade organizada”. Esta última categoria referia-se a fenômenos autônomos, finalizados por princípios de retroalimentação, como aqueles encontrados em áreas da biologia, medicina, sociais, econômicas ou políticas.

A “simplicidade” era o domínio das equações que permitiam prever comportamentos deterministas (trajetória de um móvel). A “complexidade desorganizada” referia-se a conhecimentos de mecânica estatística, quando não se pode acompanhar entidades microscópicas uma a uma (como nos problemas de “simplicidade”) e são agregadas matematicamente em nível macroscópico (o exemplo fundador é a termodinâmica). O desafio da ciência no futuro, segundo Warren Weaver, era, portanto, sua terceira categoria, a “complexidade organizada”.

## Os limites de uma complexidade “tecnológica”

Por fim, ao apostar na complexidade tecnológica, Charles Perrow não se propõe realmente a abordar a “complexidade organizada”. A tecnologia na qual ele está interessado na época não possui as propriedades de autonomia, auto-organização ou adaptação por retroalimentação, como os sistemas biológicos ou sociais. As críticas aos limites de seu uso da noção de complexidade virão de vários autores, notadamente Diane Vaughan,<sup>26</sup> enquanto outros sociólogos também observaram e reprovaram o caráter “tecnocentrado”, a falta de atores sociais, em sua proposta, diante de situações com incertezas, como Mathilde Bourrier na sociologia das organizações<sup>27</sup> ou Trevor Pinch na sociologia do conhecimento científico e construção social da tecnologia.<sup>28</sup> Diane Vaughan indica explicitamente os limites do recurso de Charles Perrow a uma complexidade principalmente tecnológica.

Baseando-se no trabalho do cientista político Robert Jervis sobre complexidade na ciência política,<sup>29</sup> Diane Vaughan explica que

sua análise incorpora a literatura interdisciplinar da teoria de sistemas e o importante trabalho de Perrow (1984). Entretanto, o trabalho de Jervis difere desses predecessores de várias maneiras: 1) trata-se de sistemas de interações humanas, tendo importância como os atores interpretam o sistema e desenvolvem estratégias; 2) a estrutura é muito influente, mas não determinante, o livre-arbítrio e a contingência também são importantes; e 3) o tempo, a história e a trajetória das ações e interações importam.

Essa crítica implicava a reintrodução de uma forma de autonomia por meio dos atores, no sentido de “complexidade organizada”, além do determinismo tecnológico (sendo este último ponto uma crítica dos socioconstrutivistas).

É essa necessidade, acredito, que se reflete nos títulos dos artigos de pesquisadores, como Karlene Roberts ou Gene Rochlin, do movimento HRO, sobre organizações altamente confiáveis.<sup>30</sup> Seus títulos, de fato, incluem a noção de “auto” (o *self* anglo-saxão), que torna esses sistemas tão diferentes das propriedades tecnológicas. Por meio de sua capacidade de auto-organização, autocorreção, autoajuste e autonomia, as organizações altamente confiáveis apresentam assim características que permitem neutralizar os determinismos tecnológicos de Charles Perrow. Assim, sociólogos que estudaram os acidentes maiores na esteira de Charles Perrow se reposicionaram em relação à complexidade de diferentes maneiras.

## Uma diversidade de posturas em relação ao argumento da complexidade de Charles Perrow

Uma primeira forma de se posicionar foi, portanto, criticar a associação da complexidade com a ideia da inevitabilidade de acidentes para certas configurações tecnológicas. Esse é o argumento de Andrew Hopkins, por exemplo, um sociólogo que tem feito muito para promover uma perspectiva organizacional dos acidentes.<sup>31</sup> Com base em sua análise de um caso, concluiu que,

apesar das complexidades tecnológicas das instalações de Longford, o acidente não era inevitável. Os princípios listados acima não são novos, eles emergem de tempos em tempos em estudos de acidentes maiores. Como



disse a Comissão de Inquérito, as medidas para prevenir esse acidente eram perfeitamente aplicáveis.<sup>32</sup>

Ao rejeitar o argumento da complexidade tecnológica como fonte intrínseca de cenários imprevisíveis, esse autor quer mostrar, ao contrário, que todos os acidentes, sem exceção, e até mesmo o exemplo paradigmático de Three Mile Island, que esteve na origem e foi a base de Charles Perrow na elaboração de sua teoria,<sup>33</sup> podem ser explicados por um princípio geral de gestão descuidada (*sloppy management*), e não pelas repercussões imprevisíveis da complexidade intrínseca e acoplamento tecnológicos. A consideração da complexidade aqui não se opõe à ideia, para esse autor, de que instalações de risco podem ser mantidas sob controle desde que sejam adotados os meios necessários, como foi mostrado pelos estudos de organizações altamente confiáveis.<sup>34</sup> Essa é também a conclusão de Paul Mayer, especialista em administração, em oposição a Diane Vaughan, em uma reavaliação mais gerencial do acidente do Challenger.

Apoiar-se-á, pelo contrário, a tese de que a decisão correta não foi tomada por pouco [...] o acidente do ônibus espacial não foi, portanto, um acidente normal no sentido de Perrow, nem no de Vaughan, ainda mais pessimista. Foi anormal em termos da prudência habitual da Nasa.<sup>35</sup>

Contudo, Andrew Hopkins e Paul Mayer são também, de certa forma, muito próximos de Charles Perrow, como será explicado.

Este último sempre manteve uma postura crítica a respeito das organizações de risco, que, acredita ele, dispõem de meios para prevenir os acidentes, especialmente em sistemas pouco acoplados ou simples, segundo os critérios dele. Para acidentes nessas áreas, como no setor marítimo, a falta de estrutura regulatória e as práticas empresariais são claramente as culpadas pelos acidentes, e não a complexidade tecnológica. É com base nisso que ele dirigirá suas críticas à tese de normalização do desvio desenvolvida por Diane Vaughan. O acidente é uma questão de poder, da Nasa nesse caso, sobre as empresas terceirizadas, e não uma questão de normalização. Como ele escreve, “perdemos muitas coisas quando substituímos o poder pela cultura”.<sup>36</sup>

Uma segunda abordagem consiste, ao contrário, em aceitar as implicações da conceituação de Charles Perrow sobre a inevitabilidade dos acidentes, porém indo além, considerando sua proposta como o primeiro passo em uma perspectiva que deve levar em conta outras dimensões, se “expandindo” em complexidade. William Evan e Marc Manion são exemplos dessa visão,<sup>37</sup> unindo-se

assim ao movimento realizado por Diane Vaughan e, em segundo plano, por Barry Turner.

A exclusão por Perrow dos fatores humanos, organizacionais e socioculturais por trás das causas de acidentes tecnológicos maiores leva a uma compreensão empobrecida da complexa dinâmica desses acidentes. Uma teoria que seja completa dos acidentes tecnológicos maiores deve se concentrar nos efeitos complexos de fatores técnicos, humanos, organizacionais e socioculturais, além de fatores estruturais como a complexidade interativa e o acoplamento forte.

Esses dois autores, sociólogos, ancoram-se especialmente no trabalho do historiador da tecnologia Thomas Hughes,<sup>38</sup> um pesquisador cujo estudo dos “macrossistemas técnicos” teve sequência na França com Alain Gras.<sup>39</sup> Thomas Hughes, de fato, oferece uma visão complexa e socioconstrutivista do desenvolvimento tecnológico, que considera inseparáveis as dimensões tecnológica, social, cultural, política e econômica.<sup>40</sup>

Da mesma forma, os sociólogos pensadores da “segunda modernidade”, da “modernidade reflexiva” ou da “sociedade de risco”, como Ulrich Beck e Anthony Giddens, que desenvolvem o pano de fundo macroscópico das questões sobre a regulação do risco, também não ficam para trás nesse tema. Sem aprofundar nos detalhes de casos concretos de acidentes tecnológicos maiores, e sem se referir ao debate aberto por Charles Perrow, eles também consideram a complexidade como a característica fundamental que os explica. Para Anthony Giddens,

Não importa quão perfeito seja um sistema e quão eficientes seus operadores, as consequências de seu estabelecimento e operação, no contexto da operação de outros sistemas e da atividade humana em geral, não podem ser totalmente previstas. Uma razão para isso é a complexidade dos sistemas e ações que compõem a sociedade global. Mas mesmo que imaginemos que o mundo (a ação humana e o ambiente físico) pudesse se tornar e ser conceituado ele todo como um único sistema, o que é impossível na prática, ainda assim haveria consequências imprevistas.<sup>41</sup>

## Complexidade e humildade

Há uma forma de humildade na maioria de autores que concordam com Charles Perrow (ainda que façam mudanças substanciais) que os leva a mobilizar a categoria da complexidade e seus efeitos. Isso foi muito bem resumido por Moshe Farjoun e William Starbuck em um artigo de perspectiva administrativa sobre as lições aprendidas com a perda do ônibus espacial Columbia em 2003: “Assim, embora a complexidade nos intrigue, devemos ser modestos quanto à nossa capacidade de compreendê-la e geri-la”.<sup>42</sup> Para Karl Weick, a tese da normalidade do acidente não precisa nem mesmo de critérios externos de complexidade ou simplicidade tecnológica para ser válida. Para ele, o acidente assume um caráter epistêmico, sendo que a complexidade faz parte dos limites de nosso acesso à realidade, da ordem de uma experiência que é sempre por natureza temporária e falível (herdando aqui a postura pragmatista americana). Os acidentes são a manifestação propriamente humana, individual ou coletiva, desses limites em um mundo incerto e dinâmico.<sup>43</sup>

Também encontramos essa humildade em contribuições mais ergonômicas que mobilizaram a complexidade, analogamente aos trabalhos de orientação mais sociológica ou administrativa mencionados até agora neste capítulo. De fato, toda uma tradição de pesquisa na esteira de Jens Rasmussen,<sup>44</sup> da qual David Woods é um dos melhores representantes, considera o desafio de lidar com a complexidade (*coping with complexity*) como um tema que conecta todos os trabalhos de ergonomia cognitiva,<sup>45</sup> em uma visão que será seguida por muitos pesquisadores. Em vez de permanecer no laboratório para estudar a cognição, é igualmente relevante sair dele para examinar o que acontece em situações complexas e dinâmicas, apesar das dificuldades metodológicas em comparação com a tradição de pesquisa experimental em psicologia.

A complexidade, nesse campo (aplicada em particular às questões de interface homem-máquina), será, portanto, definida como a combinação do número de visualizações, o número de processos supervisionados, o tipo de dinâmica dos processos supervisionados, as interações potenciais dentro do processo, o caráter novato ou especialista do operador, a mobilização de uma metacognição etc.<sup>46</sup> Diante da complexidade das situações, é realmente necessária muita humildade perante a surpreendente capacidade de cognição para encontrar soluções viáveis, por um lado, e perante a possibilidade ou não de prever os “erros”, por outro lado.

## Explorando a complexidade sob outro ângulo

Muitas obras de referência, com ancoragens disciplinares e tradições de pesquisa diversas, como ergonomia cognitiva, sociologia, administração ou ciências políticas, dedicam uma menção, ou mesmo um capítulo, à complexidade, em relação mais ou menos direta com o argumento de Charles Perrow. No entanto, tais menções ou capítulos não vão tão fundo nessa questão como se poderia desejar, especialmente tendo em conta o corpo de pensamento disponível. Assim, Gary Klein, um dos arquitetos da macrocognição e da corrente da tomada de decisão naturalista (discutida no Capítulo 2), reconhece ele mesmo em uma nota de livro as limitações de sua própria definição e do uso da noção de complexidade:

O tema da complexidade tornou-se uma disciplina por direito próprio, com suas próprias conferências e obras. Parece significar uma coisa para os matemáticos, outra para os biólogos, outra para os engenheiros e outra ainda para os filósofos. [...] Eu apenas quero distinguir situações complexas de situações ordenadas.<sup>47</sup>

É nesse contexto, descrito com precisão por Gary Klein, de deixar de lado as investigações sobre a complexidade, particularmente filosóficas, que achei extremamente relevante explorar o pensamento de Edgar Morin.<sup>48</sup> Uma vez assimilada sua proposta, é difícil não ver como ela ajuda a enquadrar os problemas encontrados na investigação de acidentes, mas também na construção de um objeto de pesquisa como a segurança industrial e o projeto da avaliação. A reflexão de Gary Klein é, portanto, esclarecedora e representativa da maioria dos autores: a falta de elaboração ou profundidade no tema da complexidade, em nível epistemológico e filosófico, na maioria de obras citadas, freou até hoje uma utilização mais medular da noção de complexidade no campo da segurança industrial. Pareceu-me, portanto, esse legado “continental” um terreno fértil a ser aproveitado para lançar as bases de uma abordagem complexa da segurança industrial.

## A complexidade segundo Edgar Morin

Apresentar o trabalho de Edgar Morin sobre a complexidade é um desafio considerável. É preciso encontrar um ângulo que permita situar essa obra em

suas principais contribuições para as questões tratadas neste livro, reconhecendo ao mesmo tempo que, em poucas páginas, o exercício é terrivelmente redutor. A obra de Edgar Morin é extremamente vasta e, obviamente, não há uma maneira única nem, muito menos, melhor de apresentá-la. Tendo em vista a extensão e densidade das reflexões contidas na sua obra, há o risco de não se ter conhecimento nem perspectiva suficientes. Portanto, permanecerei em um nível de apresentação ao meu alcance, mantendo, espero, a essência do argumento, sem distorção nem caricatura. Até agora, pouco contexto tem sido fornecido, o que torna a tarefa mais difícil. Tentarei, portanto, na primeira parte, oferecer alguns indícios contextuais e, em seguida, resumir as proposições-chave que considero essenciais para iluminar a problemática da segurança industrial, a fim de mostrar como a proposta desse filósofo constitui uma “metacategoria epistêmica”, ou mesmo um “estilo”.

## Uma investigação sobre as ciências físicas e biológicas

A obra de Edgar Morin sobre a complexidade tomou forma nos anos 1970, embora estivesse em gestação há bastante tempo, baseando-se em seus trabalhos anteriores, como as obras sobre a morte ou a sociologia do presente, abrangendo os temas da cultura de massa e do cinema, da modernidade ou ainda do evento, bem como os livros de natureza introspectiva e política<sup>49</sup> e até os temas tratados na revista *Arguments* entre 1957 e 1964.<sup>50</sup> Em todos esses trabalhos já estão em germe as sementes de um pensamento não compartimentalizador, além de aberto sobre o protagonismo do sujeito na ação do conhecimento.<sup>51</sup> Essa genealogia das ideias de Edgar Morin espalha-se por inúmeros escritos seus<sup>52</sup> e em escritos dedicados a ele, cada vez mais numerosos nos últimos anos.<sup>53</sup>

Os elementos conceituais da abordagem filosófica da complexidade por Edgar Morin foram desenvolvidos assimilando uma grande quantidade de desdobramentos científicos dos períodos entre guerras e pós-guerra. Uma vez colocados em perspectiva em termos de suas implicações na interface das questões científicas e filosóficas, uma vez articulados, eles formam a base de uma visão renovada de nossa relação com o mundo. Essa elaboração “pantagruélica”, nas palavras de Jean-Pierre Dupuy,<sup>54</sup> tem origem em uma formidável capacidade de perceber analogias e ressonâncias entre os diferentes campos do saber. Ela pode tanto fascinar o leitor quanto repeli-lo perante a magnitude da tarefa que Edgar Morin parece ter assumido, pulando as

fronteiras entre os campos científicos e a filosofia. Entretanto, essa conceitualização transdisciplinar com base em conhecimentos científicos recentes é de fato a verdadeira força de Edgar Morin, que aliás observa que os filósofos não fazem mais esse “trabalho”.

Isso explica, para ele, a crescente parcela de cientistas que, diante de suas próprias investigações, precisam se voltar para a filosofia a fim de ter perspectiva e dar sentido aos resultados de seus experimentos. A filosofia afastou-se das ciências, porque “a ciência não pensa”,<sup>55</sup> e não pode mais atender às suas necessidades. Naturalmente, os avanços científicos do século passado desmentiram essa ideia e alimentaram então sua reflexão. É claro que a física quântica vem aqui à nossa mente. Ao desafiar o determinismo (com o princípio da incerteza de Heisenberg), enquanto questiona a objetividade dos experimentos (impacto do observador), ela derruba alguns dos pilares da ciência moderna.<sup>56</sup>

Mas houve bem mais novidades, como a cosmologia introduzindo a ideia de uma expansão do universo, de um Big Bang, apesar das reticências de Albert Einstein sobre as implicações de suas próprias equações.<sup>57</sup> Essa nova visão do cosmos introduz um princípio histórico de singularidade do universo. Uma história caótica, original, tecida com imponderáveis, levando ao desfecho do sistema solar como o conhecemos, no seio das galáxias, do cosmos.<sup>58</sup> Como a física quântica, essa visão do cosmos desafia mais uma vez o determinismo ao permitir uma ligação com as implicações do segundo princípio da termodinâmica (a propensão de um sistema para dispersar energia), que até então era apenas uma anomalia sem lugar real no panorama científico. Isso constitui uma ruptura.

Outros avanços científicos estimularam seu pensamento naqueles anos, particularmente no campo da biologia molecular, com a metáfora do programa genético, mas também na ecologia, etologia, paleontologia, pré-história, linguística, bem como nas ciências cognitivas e neurociências. Mas é no campo de um conjunto de novas contribuições conceituais e científicas transdisciplinares no período pós-guerra que sua reflexão se torna verdadeiramente original e, sobretudo, associada à noção de “complexidade”. Trata-se dos avanços em cibernética, teoria da informação, teoria geral de sistemas, auto-organização, na interseção de muitas disciplinas, incluindo matemática, termodinâmica, biologia, fisiologia e lógica.<sup>59</sup>

## Do simples ao complexo

Assim, por meio de uma abordagem muito aberta aos avanços científicos da época, Edgar Morin previu cedo, nos anos 1970, um uso transversal das noções de sistema, auto-organização e emergência no cenário da evolução cósmica, na passagem da matéria para o homem, do simples para o complexo, uma perspectiva que começa a aparecer em outros autores em paralelo, na mesma década, como o astrofísico Eric Chaisson<sup>60</sup> e o cientista Erich Jantsch.<sup>61</sup> Mas a qualidade das articulações que ele oferece na época, em particular a riqueza de conhecimentos disciplinares e filosóficos que ele importa e combina, o distingue desses autores embarcados em aventuras intelectuais semelhantes ao mesmo tempo.

É claro que essa leitura da transição do simples ao complexo não é nova; ela data do momento em que a leitura fixista da natureza foi abandonada. Está associada à obra de Buffon, Lamarck e Charles Darwin<sup>62</sup> em biologia, assim como às suas trocas e interações com as ciências sociais nascentes da época, representadas por fundadores como Auguste Comte, Herbert Spencer e Émile Durkheim, para mencionar apenas alguns autores cuja relação com o pensamento biológico é explícita.<sup>63</sup> Desde então, muitos cientistas e filósofos de todo tipo de perfil continuam, permanentemente, a refletir sobre as implicações dessa ruptura com o fixismo, inclusive, como sabemos, a parcela de derivas evolucionistas aplicadas ao social e às sociedades, como a eugenia, o pensamento organicista e o etnocentrismo ocidental. Esses desvios, amplamente criticados (pois as ciências sociais contemporâneas foram construídas em grande parte contra eles) não têm lugar em nossa discussão.

Edgar Morin segue na esteira de filósofos da primeira metade do século XX, como Henri Bergson<sup>64</sup> e Alfred North Whitehead,<sup>65</sup> que discutiram os limites, cada um de forma diferente, de um pensamento científico reducionista e mecanicista, propondo emendá-lo, trazendo novos conceitos, como o “impulso vital” para o primeiro e o “organismo” para o segundo.<sup>66</sup> Com sua própria sensibilidade, ele prossegue esse questionamento, com suas implicações antropológicas (no sentido de uma ciência do homem). Mas, como acabamos de comentar, desta vez foi o progresso das ciências no período da Segunda Guerra Mundial e pouco depois que alimentou seu questionamento. Em particular, com as novas teorias cosmológicas, é uma interrogação, desta vez em termos de longa duração, sobre a passagem da matéria para a vida, e então para o homem.<sup>67</sup>

Novamente, à semelhança da nova visão histórica do cosmos, o segundo princípio da termodinâmica pode ser então relacionado às novas conceituações, mas desta vez é na “luta” contra a dispersão de energia, por meio da manutenção da organização viva, tematizada pelo físico Schrödinger em 1944.<sup>68</sup> Em grau diverso, os principais autores no desenvolvimento dessas novas ferramentas conceituais foram Ross Ashby (cibernética, auto-organização), Warren Weaver (informação, complexidade), Norbert Wiener (cibernética, informação), John von Neumann (autômatos celulares), Heinz von Foerster (segunda cibernética, filosofia), Ludwig von Bertalanffy (ciência de sistemas), Erich Jantsch (auto-organização), Herbert Simon (complexidade, ciências do artificial), Conrad Waddington (epigenética, biologia teórica), Ervin Laszlo (filosofia de sistemas), Gregory Bateson (antropologia, biologia, cibernética), François Jacob (biologia, história da ciência), Jacques Monod (biologia, filosofia), Paul Weiss (biologia), Arthur Koestler (filosofia), Stafford Beer (administração, cibernética), Ilya Prigogine (termodinâmica), Stéphane Lupasco (lógica), Henri Atlan (biologia, auto-organização), Humberto Maturana e Francisco Varela (biologia, cognição, epistemologia), Michel Serres (filosofia) e Gotthard Günther (filosofia). Os princípios de causalidade circular, retroalimentação, teleologia, auto-organização e recursividade, informação, contexto e abertura, auto-poiese, variedade necessária ou de sistemas são algumas das principais contribuições inovadoras de todos esses autores.

## Uma investigação epistemológica

Essa exploração das ciências naturais e da vida, assim como as recentes contribuições conceituais, incluindo os princípios de auto-organização, para pensar sobre nossa relação com o mundo, é ampliada por um questionamento das possibilidades de compreensão, do “conhecimento do conhecimento”. Baseado no conceito de auto-organização aplicado à epistemologia, na esteira da cibernética de segunda ordem de Heinz von Foerster, Edgar Morin aceita a perda dos fundamentos de um conhecimento científico que fosse objetivo. A ciência não permite alcançar a realidade, e sim dialoga com ela. Não atinge uma realidade ontológica “dada”, mas constrói representações viáveis em sua interação com o mundo.<sup>69</sup> Integrando as principais correntes de discussão epistemológica anglo-saxônica da época, em torno de um “pós-positivismo”, questionando o programa de “positivismo lógico” do Círculo de Viena,<sup>70</sup> com debates entre os filósofos e historiadores da ciência Karl Popper, Thomas Kuhn,



Imre Lakatos ou Paul Feyerabend que se tornaram marcos essenciais,<sup>71</sup> Edgar Morin mais uma vez se engaja em uma ampla investigação.

Desta vez ele aborda as contribuições da neurociência, cognição, psicanálise, etologia, antropologia, sociologia ou história da ciência, lógica (incluindo as implicações do teorema de Gödel) ou filosofia da ciência. Essa abordagem lhe permite explorar as “limitações e possibilidades”<sup>72</sup> do conhecimento. As contribuições a que ele se refere são numerosas demais para serem listadas aqui, misturando-se nomes como os de Jean Piaget (biologia e epistemologia), Donald Griffin (etologia), Alexandre Koyré (história e filosofia da ciência), Georges Canguilhem (história da ciência), Jerry Fodor (filosofia da mente), ou ainda Hilary Putnam (filosofia pragmatista) e Jean Ladrière (lógica). Ao fazer isso, Morin contribui para lançar luz sobre o que é conhecido sobre o conhecimento, em um *loop* epistemológico construtivista do qual o homem não pode se livrar, muito ancorado na noção de paradigma forjada por Thomas Kuhn (historiador da ciência),<sup>73</sup> objetivando a capacidade de exercer a autorreflexividade.

Quando o pensamento descobre o gigantesco problema dos erros e ilusões que nunca cessaram (nem cessam) de se impor como verdade no curso da história humana, quando conseqüentemente descobre que carrega dentro de si o risco permanente de erro e ilusão, deve então procurar conhecer a si mesmo.<sup>74</sup>

É tentador, nesse sentido, associar esse empreendimento intelectual sustentado por Edgar Morin com a evolução concomitante do pragmatismo americano, encarnada nas obras de filósofos como Richard Rorty<sup>75</sup> e Hilary Putnam,<sup>76</sup> no final da década de 1970 e início dos anos 1980.<sup>77</sup> Reconhecendo também o problema da perda dos fundamentos, esses filósofos debatem a ideia de que o homem acessa a realidade “tal qual ela é”, com o desafio de uma definição de racionalidade, tema explorado nesse mesmo período pelo filósofo e historiador britânico Stephen Toulmin.<sup>78</sup>

Ao questionar a objetividade da ciência, é também seu valor que é questionado. A ciência construiu-se sobre um programa de “neutralidade axiológica”.<sup>79</sup> Nessa perspectiva da atividade científica, os cientistas não têm nenhum envolvimento na moralidade (nem na política), pois seu objetivo é apenas cognitivo, buscando a verdade, distinguindo o verdadeiro do falso. Para Edgar Morin, pelo contrário, operar esse *loop* epistemológico é uma oportunidade para promover uma “ciência com consciência”.<sup>80</sup> Os cientistas não estão fora da sociedade e todo desenvolvimento científico tem implicação moral, como

mostram muitos exemplos, desde a energia nuclear até a engenharia genética. Portanto, não há separação entre esses dois registros de valor, por um lado, o valor “cognitivo” e, por outro, o valor “moral”, os dois estão ligados. Essa é a dimensão ética do desenvolvimento científico.<sup>81</sup>

Ao questionar a objetividade científica, Edgar Morin também contribui para reintegrar o sujeito no ato do conhecimento. Um sujeito com uma biografia, inserida em um contexto sócio-histórico, que, para ele, leva a aceitar o questionamento da distinção entre o contexto da descoberta e o contexto da justificação. Essa distinção havia sido introduzida na filosofia da ciência para deixar de lado a atividade criativa do “gênio” científico, assim como as influências do ambiente político, econômico, cultural ou social dos cientistas, a fim de reservar a análise filosófica para a coerência, a não contradição, a validade empírica etc. das teorias científicas.

O processo de descoberta não pode ser “racionalizado”. Precisamente, seguindo uma tradição francesa de estudo histórico-filosófico da ciência (Gaston Bachelard, Alexandre Koyré), continuada em parte pelas correntes anglo-saxônicas pós-positivistas já mencionadas (notadamente Thomas Kuhn) e orientado também por um olhar histórico, Edgar Morin reafirma o sujeito a fim de mostrar que a “descoberta” científica é indissociável de um indivíduo específico, em um contexto específico. Assim, os cientistas não estão livres de noções de natureza metafísica, política, social e outras que escapam à verificação empírica e que os levam a certas linhas de raciocínio em vez de outras.

Conceitos tão ambíguos como os de tempo, espaço, matéria, emergência, tão sensíveis à interpretação, deixam a porta aberta a diferentes formulações e orientações. Edgar Morin se refere ao trabalho do filósofo da ciência Gerald Holton, que mostrou que há *thêmata* ou “concepções primeiras enraizadas” presentes nos cientistas. Aplicado à sociologia, por exemplo, podemos ver como o debate entre individualismo e holismo metodológico a partir de uma época, sempre renovado,<sup>82</sup> deu origem a questões de natureza filosófica, neste caso a liberdade ou criatividade ao agir, em relação às restrições e determinismos sociais,<sup>83</sup> que não envolvem realmente os dados empíricos, mas seu referencial de interpretação, considerações filosóficas ou metateóricas.

Há muitos exemplos disso em desenvolvimentos científicos, como no exemplo seguinte, em biologia.<sup>84</sup> Na teoria da evolução, não há possibilidade de decidir empiricamente se o *Homo sapiens* é um acidente, uma ramificação (ou um “ramo”, para usar a expressão de Michel Serres),<sup>85</sup> ou se o curso da história da evolução levou a ele, progressivamente, de forma inevitável. As posições dos cientistas, que aceitam a teoria evolutiva, estão divididas e

levantam certos pressupostos que são impossíveis de se estabelecer científica ou empiricamente, e que só se prestam à exploração filosófica. O mesmo raciocínio se aplica ao debate de *mind matter*, sobre a relação entre mente e matéria. Reintroduzir e questionar esses pressupostos pode ajudar a entender melhor algumas das questões em jogo e direções que a pesquisa está tomando. Como escreve o filósofo Daniel Dennett, “não existe ciência alguma livre de pressupostos filosóficos”.<sup>86</sup>

### “Complexidade geral” versus “complexidade restrita”

Uma observação e explanação são necessárias antes de ir mais longe. Enquanto Edgar Morin desenvolvia seu pensamento no final dos anos 1970 com os dois primeiros volumes em 1977 e 1981 (junto com *O paradigma perdido – A natureza humana*, seu trabalho inicial de 1973, resultado de reflexões sobre as conferências na Fondation Royaumont pour le Progrès des Sciences de l’Homme),<sup>87</sup> as abordagens anglo-saxônicas da complexidade eram disseminadas por meio da criação do Santa Fe Institute em 1984, um instituto cuja influência seria considerável e que ajudou a popularizar esse campo. Os trabalhos de jornalistas científicos como James Gleick, sobre o caos em 1987,<sup>88</sup> Mitchell Waldrop<sup>89</sup> ou Roger Lewin,<sup>90</sup> em 1992, estiveram na vanguarda dessa divulgação dos conceitos associados à complexidade, aumentando a visibilidade dos novos pesquisadores e atores desse movimento sediado nos Estados Unidos. Essas publicações fazem parte do que o geógrafo Nigel Thrift descreveu como as “primeiras teorias científicas que são inteiramente midiaticizadas”.<sup>91</sup>

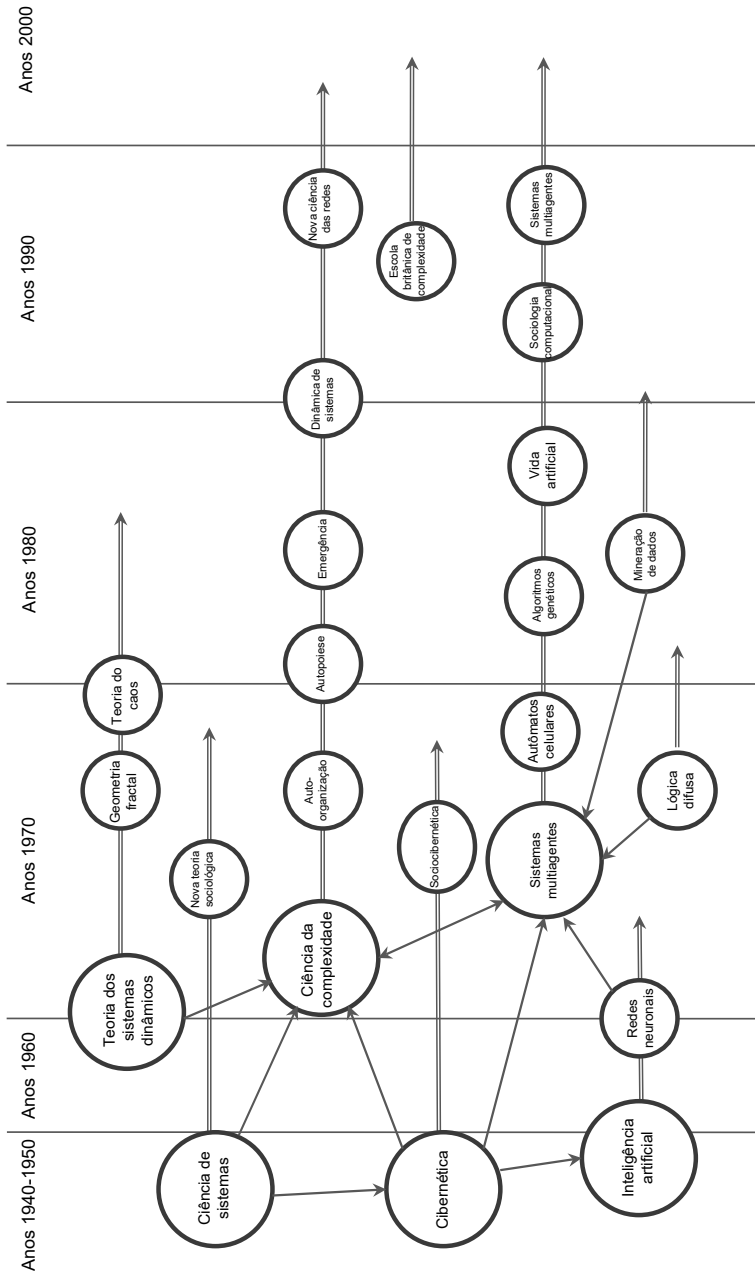
O objetivo daquela instituição era estudar sistemas complexos adaptativos, ou seja, sistemas apresentando em particular propriedades auto-organizadoras, como ecossistemas, o cérebro, a economia etc. Um cientista como Murray Gell-Mann,<sup>92</sup> Prêmio Nobel de Física e um dos fundadores desse instituto, promoverá uma abordagem de sistemas complexos adaptativos introduzindo vários dos principais temas da complexidade, como os conceitos de informação, relações micro-macro, emergência, interação ordem/desordem etc. Em contraste com os pioneiros do campo (alguns dos principais tendo sido mencionados acima, Ross Ashby, John von Neumann, Heinz Von Foerster), os autores contemporâneos então mais conhecidos no tema da complexidade são Stuart Kauffman, John Holland, Brian Goodwin e Per Bak.<sup>93</sup>

Se o leitor se ater a essas poucas obras dos anos 1980 e 1990, pode ser levado a acreditar que não teve reflexão sobre a complexidade antes do advento do

Santa Fe Institute e dos anos 1980. No entanto, nessa tendência, já eram muitas as contribuições, incluindo as obras fundacionais. Assim, Jean-Louis Le Moigne propõe distinguir três gerações no desenvolvimento das ciências da complexidade. Primeiro surgiram os campos da ciência de sistemas, da cibernética e da teoria matemática da comunicação (por volta dos anos 1940 e 1950). Depois veio uma segunda geração com as redes neurais, autômatos celulares, princípios de auto-organização e inteligência artificial, bem como a teoria das catástrofes, caos e fractais (durante os anos 1960 e 1970).<sup>94</sup> Finalmente, houve uma terceira geração encarnada por pesquisadores agrupados no Santa Fe Institute desenvolvendo a teoria de sistemas complexos adaptativos, incluindo desenvolvimentos computacionais de vida artificial ou algoritmos genéticos (a partir dos anos 1980). Os sociólogos Brian Castellani e Frederic Hafferty<sup>95</sup> propõem uma cartografia das ciências da complexidade (revista regularmente), que mostra claramente as filiações identificadas por Jean-Louis Le Moigne em sua leitura histórica (uma versão dessa cartografia é apresentada na Figura 3.1).

O interesse dessas explicações históricas é grande, mostrando a gênese dessas ideias, mas não são muito explícitas sobre o impacto que esses princípios realmente têm sobre disciplinas bem estabelecidas e institucionalizadas em muitas áreas, como psicologia, sociologia, economia, antropologia, filosofia, biologia ou física. Essas ideias de complexidade não chegaram em um vácuo científico, mas, ao contrário, em uma paisagem bastante estabelecida, com muitos campos especializados. Aliás, alguns desses campos estão muito ligados ao surgimento de ideias de complexidade, como na biologia (com Ludwig von Bertalanffy), na física (com Ilya Prigogine) ou na engenharia (com Norbert Wiener e Ross Ashby), mas, como observa o sociólogo da ciência Andrew Pickering, essas ideias são produzidas à margem da academia.<sup>96</sup> Infelizmente, tal trabalho não está disponível hoje e representaria um grande empreendimento, embora existam obras que oferecem umas primeiras tentativas de elucidar a importância das ideias contidas nas teorias da complexidade para todos os saberes.<sup>97</sup>

Tal iniciativa seria, no entanto, necessária porque permitiria documentar o impacto real dessas ideias nos diferentes campos científicos. De fato, muitos pesquisadores em campos muito diferentes tiveram reações bem diversas, às vezes até de dúvida, claramente. Por exemplo, o biólogo evolutivo Richard Lewontin escreveu sobre o que ele chama de três Cs, referindo-se às teorias da catástrofe, do caos e da complexidade: “Até hoje temos apenas um empreendimento especulativo [...] não precisamos de visões revolucionárias das leis da biologia, mas sim de muito trabalho”.<sup>98</sup>

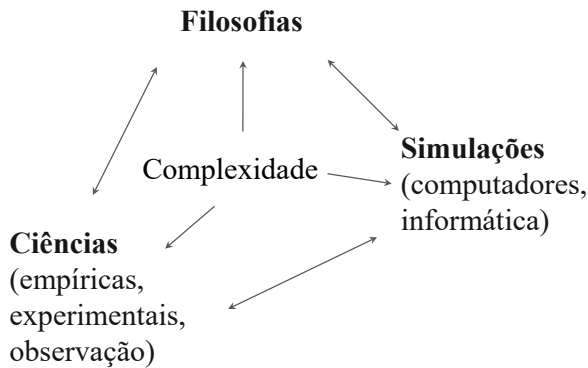


**Figura 3.1** Genealogia da complexidade (baseado em B. Castellani e F. Hafferty, 2009)

O físico Robert Laughlin, Prêmio Nobel, também tem palavras duras para os desenvolvimentos computacionais associados às teorias da complexidade, incluindo fractais, caos e autômatos celulares: “Essas abstrações são um pacto com o diabo, porque essas equações distorcem as coisas tão grotescamente que não se tem mais nenhuma representação fiel da realidade”.<sup>99</sup> O que esses dois autores estão expressando é uma certa relutância em relação à modelagem computacional nas ciências da complexidade, que pode ajudar a livrar-se das amarras da realidade, esquecendo as simplificações introduzidas nos modelos e simulações.

Esses pesquisadores estão reagindo às limitações de um uso sem reflexividade das possibilidades oferecidas pela informática. Entretanto, esses dois cientistas, o físico e o biólogo, não se opõem, parece-me, às ideias-chave da complexidade, que têm expressão qualitativa também. Ideias como, notadamente, os princípios de causalidade circular, recursividade, emergência ou centralidade da noção de organização. Richard Lewontin e Robert Laughlin são de fato promotores de uma abordagem complexa da realidade. Ambos testemunham os limites de abordagens reducionistas, o primeiro sobre a noção de programa genético, e o segundo sobre uma física procurando pelo tijolo derradeiro. Essas são duas posturas científicas tomadas obedecendo a ideias não reducionistas, que remetem a outro uso da noção de complexidade, mais epistemológico e filosófico.

O objetivo desses parágrafos era nos lembrar que o campo das ciências ou teorias da complexidade é particularmente rico, com uma ampla gama de sensibilidades, origens e orientações, e é apropriado distinguir pelo menos três aspectos (Figura 3.2). O primeiro é o da informática, da simulação e das possibilidades tecnológicas oferecidas para aplicar as ferramentas derivadas das ciências da complexidade em toda uma gama de campos (robótica, por exemplo). As ciências da complexidade são de fato concomitantes com as possibilidades da computação, do poder de cálculo e das simulações, ou seja, com a aparição dos computadores. O segundo aspecto é o das ciências baseadas em abordagens empíricas, experimentais ou observacionais, que podem se beneficiar das novas possibilidades informáticas, mas também de um ponto de vista mais qualitativo, dos princípios extraídos do campo das ciências da complexidade, como os princípios da causalidade circular, da recursividade e da auto-organização. Finalmente, um terceiro aspecto é o aspecto da filosofia, que pode entrar em debate com as ideias das ciências da complexidade para discuti-las e colocá-las em perspectiva, sob vários ângulos.



**Figura 3.2** Filosofias, ciências e simulações no campo da complexidade

E é precisamente a falta de perspectiva filosófica e epistemológica em muitos dos textos e desenvolvimentos nas ciências da complexidade envolvendo as simulações e a informática que dará a Edgar Morin a oportunidade de se distinguir em seu trabalho dos desenvolvimentos anglo-saxões associados ao Santa Fe Institute. Assim, ele falou de uma “complexidade restrita”, em que a complexidade é vista como uma técnica de simulação computacional, com pouca reflexividade filosoficamente, ao contrário de uma “complexidade geral” que dá pleno alcance à ruptura com o paradigma clássico.<sup>100</sup>

É essa crítica que é ecoada pelos filósofos Francis Heylighen, Paul Cilliers e Carlos Gershenson contra a abordagem “dura” da ciência da complexidade.

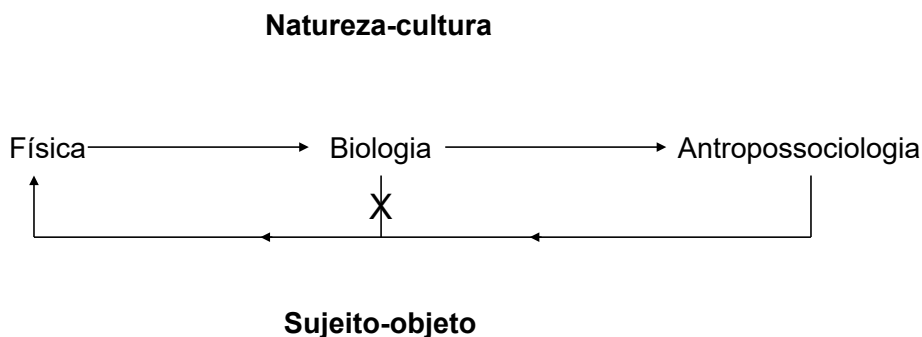
A maioria dos pesquisadores no campo da complexidade ainda não refletiu sobre os fundamentos filosóficos de sua abordagem [...] assim, muitos ainda estão no paradigma newtoniano, esperando descobrir uma formulação matemática das “leis da complexidade” que restauraria uma forma de ordem absoluta ou determinismo no mundo incerto que tentam compreender.<sup>101</sup>

Um estudo bibliométrico recente confirma esse estado de coisas: “Nosso estudo mostra que as práticas atuais dos pesquisadores em ciências duras tendem a ‘descomplexificar’ a complexidade para torná-la complicada, ou seja, para trazê-la de volta ao colo das ciências de modelagem suportadas pela potência dos computadores”.<sup>102</sup>

## Ideias-chave do pensamento complexo

### Reintroduzir o homem e a sociedade na natureza sem reduzi-los a ela

Filosoficamente, portanto, na contramão do paradigma dominante na época, nos anos 1970, o objetivo de Edgar Morin era, partindo de um *loop* (esquematisado na Figura 3.3), (re)introduzir o homem e a sociedade na natureza sem reduzi-los a ela. Para isso, ele trabalha especialmente com base no conceito de emergência (associado à auto-organização), um conceito que voltou a florescer no final do século XX. Como aponta a filósofa da ciência Anne Fagot-Largeault em uma revisão da noção de emergência: “Em meados do século XX, a corrente dominante na filosofia da ciência era reducionista [...] no final do século XX, a corrente emergentista era dominante”.<sup>103</sup> Uma coleção dos textos considerados clássicos sobre o assunto foi publicada recentemente, confirmando essa reviravolta “emergentista” na ciência e na filosofia da ciência no início deste século.<sup>104</sup> Daí a expressão, usada em outra coleção de contribuições, da “re-emergência da emergência”.<sup>105</sup>



**Figura 3.3** O *loop* “moriniano” (baseado em Morin, 1977, p. 17)

Nesse contexto mais favorável, o programa de Edgar Morin pode se beneficiar de uma audiência maior. Ele estava lúcido desde o início sobre a limitada acolhida de seu empreendimento no clima da época. Na introdução do primeiro livro de *O método*, em 1977, ele observa que “o precursor, como diz Canguilhem, é aquele que só depois é conhecido por ter vindo antes”.<sup>106</sup> Ao ligar o homem e a sociedade à natureza e aos vivos, Edgar Morin procura ir mais longe do que seus



predecessores, e aqui, em particular, Karl Marx, que, embora tenha procurado ancorar a história do homem e da sociedade no materialismo, não foi capaz de levar seu enraizamento (físico, biológico e ecológico) tão longe quanto Edgar Morin.<sup>107</sup> Foi uma abordagem de vanguarda, fora de sintonia com a atmosfera intelectual da época.

Foi isso que fez um filósofo como Bertrand Saint-Sernain dizer e reconhecer, exatamente 30 anos depois, que

para minha geração, alimentada após a Segunda Guerra Mundial por Sartre e Camus, mas também por Kierkegaard e Gabriel Marcel, essa mudança de perspectiva constitui uma mutação difícil: até o marxismo da época era “acósmico”, na medida em que considerava apenas a história dos homens; a tentativa de Engels de esboçar uma filosofia materialista da natureza no final do século XX parecia ultrapassada.<sup>108</sup>

No entanto, esse filósofo não se refere a Edgar Morin na obra aqui citada, mas ao filósofo Alfred North Whitehead, assim como a Michel Serres.

Da mesma forma que Edgar Morin, efetivamente, no mesmo período<sup>109</sup> e nos anos que se seguiram,<sup>110</sup> Michel Serres propôs tratar de temas muito semelhantes, na interface entre ciências e filosofias. Como Michel Serres e sua crítica ao acosmismo, ou seja, essa conceituação do homem e da sociedade que seria independente do discurso das ciências contemporâneas sobre sua gênese e suas raízes cosmológicas, terrestres, biológicas e ecológicas, a filosofia da complexidade se constrói em torno da articulação, mais do que da separação, entre natureza e cultura, do sujeito e do objeto (Figura 3.3).

Em discrepância com as filosofias de inspiração fenomenológica ou existencialista, essa ambição também representa um problema para a sociologia. Esta última foi construída, em grande medida, no século XX em torno de um discurso de autonomização em relação ao biológico. O homem, por meio de sua atividade simbólica e cultural, gera uma esfera de limitações sociais, mas também de significados irreduzíveis às influências biológicas, causalidades e determinismos. Esse distanciamento do biológico é compartilhado pela maioria das diversas escolas sociológicas nos anos 1970.<sup>111</sup> Edgar Morin propõe, ao contrário, recuperar o diálogo com as ciências naturais e da vida. As noções de auto-organização e emergência assumem então nisso um papel central, sob dois ângulos, o primeiro em oposição aos discursos reducionistas, o segundo a respeito do lugar do evento em relação ao determinismo.

## Emergência e reducionismo(s)

O conceito de emergência é utilizado por Edgar Morin no grande *loop* que ele estabelece ao longo de seu trabalho por meio dos sucessivos volumes de *O método*. Esse conceito lhe permite mostrar os limites do “fiscalismo”, do “biologismo” ou do “antropossociologismo”. Para o fiscalista, tudo um dia será reduzido às leis da física. Em meados do século passado, essa posição era a norma. Carl Hempel, em sua obra *Philosophy of natural science*, publicada em francês como *Éléments d'épistémologie*,<sup>112</sup> concluiu com um capítulo favorável a essa orientação filosófica, que também foi expressa pelos filósofos H. Putnam e P. Oppenheim em seu artigo sobre os avanços científicos da época que permitiam orientar-se nessa direção.<sup>113</sup> Essa versão do reducionismo não desapareceu. Foi perfeitamente descrita ainda recentemente por Edward Wilson (fundador da sociobiologia nos anos 1970): “a forma forte é a consiliência total, que tem a natureza como organizada por leis simples da física a partir das quais todas as outras leis podem ser reduzidas”.<sup>114</sup>

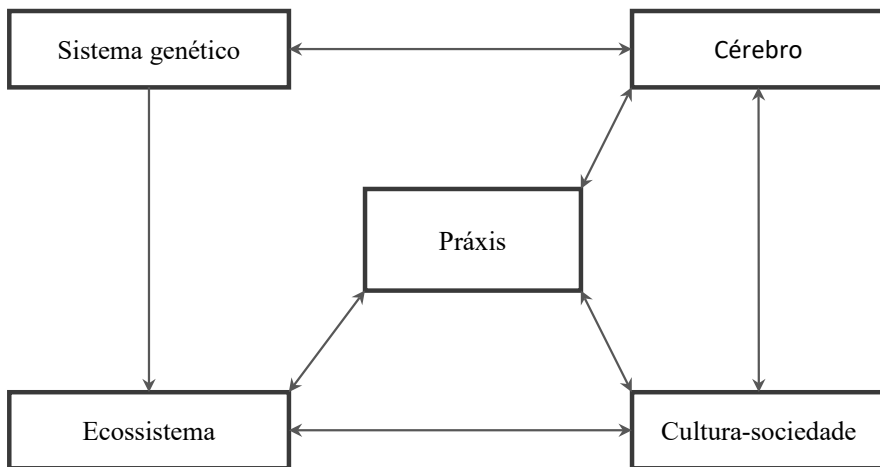
O “biologismo” alega, por exemplo, que a consciência é reduzida ao neuronal, ou que todo comportamento, incluindo o comportamento humano, pode ser reduzido a explicações genéticas (neo)darwinianas. O “sociologismo” defende que todo comportamento é moldado exclusivamente pela sociedade e pela cultura e, no extremo, que o conhecimento científico é um reflexo da sociedade e de suas lutas de poder. Mario Bunge, filósofo da ciência, explica como ele acredita que essas tentativas reducionistas falharam. Ele toma exemplos de biologismos a partir da sociobiologia e depois da psicologia evolucionista, que foram e ainda são tentativas de reduzir o psicológico e social a uma forma de determinação genética (as quais deram origem, como observado, a muito debate e controvérsia no mundo anglo-saxão).<sup>115</sup> Ele também comenta as falhas do fiscalismo, da “teoria de tudo”, que procura reduzir tudo às leis da física, mas também a falha do “computacionalismo”, essa abordagem baseada no conceito de informação.<sup>116</sup>

A ambição de Edgar Morin é encontrar um caminho alternativo a todas essas formas de reducionismo, pensar de forma diferente sobre as relações entre o homem, a natureza, a ciência e a sociedade. O conceito de emergência (associado à auto-organização) lhe permite reconhecer, ao contrário, que existem qualidades que não podem ser reduzidas aos elementos. São propriedades que emergem no nível do sistema. Elas não podem ser deduzidas a partir do comportamento dos elementos. Mas ele acrescenta que o todo também é menor do

que as partes. Esse princípio, filosoficamente estendido ao pensamento em *loop* (Figura 3.3), é promover a “religação” em vez da redução.

Nem o homem nem a sociedade podem ser reduzidos à física ou à biologia, nem essas ancoragens ou enraizamentos podem ser ignorados. Portanto, pode-se ver que não se trata de forma alguma de reduzir o homem e a sociedade ao biológico (ao genético, neurológico), e sim, e muito pelo contrário, de mostrar como eles emergem da natureza e da vida, pelo intermediário de etapas que se inscrevem no longo prazo (filogênese) com fortes implicações para o indivíduo (ontogênese), mantendo ao mesmo tempo um cordão físico, biológico e ecológico. O esquema a seguir (Figura 3.4) e o texto que o acompanha são particularmente explícitos sobre esse ponto.

O esquema multipolarizado que desenhamos é válido para entender tudo, não apenas a hominização, mas tudo o que é humano. Essa proposição geral significa, entre outras coisas, que qualquer unidade de comportamento humano (práxis) é ao mesmo tempo genética/cerebral/social/cultural/ecossistêmica. Isso também significa que a base da ciência do homem é policêntrica; o homem não tem uma essência particular que seja apenas genética ou apenas cultural [...] sua natureza está na inter-relação, interação, interferência no e por meio desse policentrismo.<sup>117</sup>



**Figura 3.4** Esquema multipolarizado (Morin, 1973)

O neurocientista Alain Prochiantz tem uma fórmula interessante para isso, que reflete a tensão dessa posição. De acordo com ele, o homem é “anatural por natureza”.<sup>118</sup>

É certamente dependente da atividade cerebral de seu cérebro biológico, mas não pode ser reduzido a ele do ponto de vista de sua descrição genética ou neurológica. Como mostra o esquema (Figura 3.4), as complexas interações circulares, de tipo auto-organizador, entre as dimensões genética, neurológica, mas também prática (material e corporal), social e cultural dentro de um ecossistema durante a hominização, produzem graus de emergência e atingem níveis de complexidade cuja apreensão exige que a interação dessas múltiplas perspectivas seja levada em conta, sem ser reduzida a uma delas. Esse esquema também é válido no nível de um indivíduo.

O mesmo argumento pode ser encontrado hoje em dia no biólogo e antropólogo Terrence Deacon.<sup>119</sup> Ele distingue entre emergências de primeira, segunda e terceira ordem em termos de longa duração, que levam da vida à hominização por meio da linguagem e da cultura. As emergências de terceira ordem excluem a pertinência de um reducionismo que não levaria em conta o extraordinário entrelaçamento das propriedades evolucionistas e auto-organizadoras que se combinaram para alcançar as virtualidades corporais, cognitivas, humanas e sociais que sabemos. Para Edgar Morin, culmina na figura do *homo complexus* cujas dimensões indivíduo/espécie/sociedade são indissociáveis e cuja posição é resumida, muito sucintamente, pelos pares *homo sapiens/homo demens*, *homo faber/homo mythologicus* e *homo economicus/homo ludens*.<sup>120</sup>

Mas esse esquema (Figura 3.4) é também uma matriz que se estende a um nível mais macro em direção a uma ecologia generalizada, abrindo novas possibilidades ao repertório teórico então disponível, em particular na sociologia.<sup>121</sup>

A ecologia é mutilada se for apenas uma ciência natural: não apenas as sociedades sempre fizeram parte dos ecossistemas, como principalmente os ecossistemas, desde os desenvolvimentos universais da agricultura, pecuária, silvicultura e da cidade, fazem agora parte das sociedades humanas que fazem parte delas. A ecologia geral deve, portanto, ser uma ecologia que integra a esfera antropossocial na ecosfera e, portanto, o tremendo impacto dos desenvolvimentos antropossociais sobre os ecossistemas e a biosfera.<sup>122</sup>

Dessa conceituação decorre, portanto, uma visão inclusiva da relação natureza/cultura e sujeito/objeto (que questiona os limites disciplinares). Isso leva

à necessidade de colaboração entre disciplinas, tanto “duras” quanto “moles”, em vez de uma tentativa de reduzir uma pela outra, a fim de apreender a realidade. Essas ideias são explicitadas por vários filósofos da ciência de hoje, na fronteira das ciências biológicas e sociais, como Sandra Mitchell.<sup>123</sup> Hoje estamos testemunhando possíveis reorganizações das áreas, limitando as ambições reducionistas e envolvendo, ao invés disso, a necessidade de colaborações científicas, o que para Sandra Mitchell assume a forma de “pluralismo”. Essa filósofa também indica claramente como sua trajetória em filosofia da ciência a fez demorar tanto em interessar-se pela complexidade, pelo protagonismo em sua formação de figuras como Karl Popper, Thomas Kuhn ou Imre Lakatos, que não introduziram a complexidade como tema filosófico fundamental.

Essa exigente tentativa de apreensão do complexo visa, portanto, evitar o reducionismo ao favorecer a articulação entre as várias dimensões. É claro que deve ser visto como uma linha de pensamento e não como uma iniciativa que possa um dia ser completada. Requer uma atualização de conhecimentos e diálogo permanentes entre disciplinas e interdisciplinas. Ela nos lembra que cada delimitação pelo biólogo, ecologista, psicólogo, sociólogo ou economista a fim de compreender a relação entre o homem e a natureza por meio de uma forma de racionalização decorrente de métodos e conceitos específicos consiste em uma tentativa de redução.<sup>124</sup> Indica que, na ciência, cada ponto de vista deve ser tomado com pleno conhecimento dos ângulos favorecidos pela disciplina, situando o observador em sua observação e procurando as articulações quando o objeto em questão o requer.<sup>125</sup>

## Emergência e causalidades complexas

O segundo ângulo de abordagem da noção de emergência está no seu enfoque dos limites do determinismo. Nessa perspectiva, a emergência é um conceito que abre espaço para o evento.<sup>126</sup> O que faz de Edgar Morin um dos artifices, da mesma forma que Michel Serres<sup>127</sup> ou Ilya Prigogine,<sup>128</sup> do questionamento de uma abordagem determinista como critério de cientificidade<sup>129</sup> é o reconhecimento da interação da ordem e da desordem, e da emergência, pensada desta vez como o aparecimento do novo. O princípio transdisciplinar da interação “ordem e desordem” está então no centro desse questionamento.

Uma imagem muito reveladora dessa ideia de introduzir a desordem no determinismo, ou ordem, é oferecida por Michel Serres.

Os astrônomos sabem e podem calcular o momento de um eclipse com precisão de segundos. Eles não sabem nem podem prever se terão oportunidade de vê-lo. Nesse momento, uma nuvem pode vir entre o fenômeno e o observador. Essa nuvem é, de novo, a circunstância. Feliz ou infeliz, acompanha, imprevista, o momento previsto.<sup>130</sup>

Mas para Edgar Morin, seguindo John von Neumann e Heinz von Foerster, esse princípio de desordem também lhe permite precisamente insistir na especificidade do “complexo” em comparação com o “simples”.

Nos sistemas complexos, desordem e ruído são fontes de adaptação e desenvolvimento de habilidades estratégicas (em oposição a programas), e Edgar Morin, fazendo eco a John von Neumann, vê nisso a especificidade do mundo biológico, dos vivos, do homem e do social, em oposição às máquinas e ao artificial, projetados pelo homem.

Um motor de carro é composto de peças altamente verificadas, mas os riscos de avaria são iguais à soma dos riscos de deterioração de cada um de seus elementos (velas, carburadores etc.); entretanto, a máquina viva, embora composta de elementos não confiáveis (moléculas que se degradam, células que degeneram), é extremamente confiável; por um lado, ela é eventualmente capaz de regenerar, reconstituir, reproduzir os elementos que se degradam, ou seja, de se autorreparar, por outro lado, ela é eventualmente capaz de funcionar apesar da “quebra” local, ou seja, de atingir seus objetivos por meios de contingência, enquanto a máquina artificial é no máximo capaz de diagnosticar a falha e parar.<sup>131</sup>

De modo geral, esse retorno do evento e da desordem nas ciências naturais e da vida tem contribuído para sua reabilitação nas ciências humanas e sociais durante os últimos dez anos. Em sua retrospectiva dos autores (filósofos, sociólogos, historiadores) que participam desse “renascimento do evento”, em história, François Dosse ressitua Edgar Morin como segue, em sua oposição ao estruturalismo e seu enfrentamento da dificuldade que sua mensagem fosse acolhida na época.

Naquele início dos anos 1970, as ciências humanas ainda estavam essencialmente dominadas pelo paradigma estruturalista e se bania o evento, excluído das lógicas repetitivas que se buscava que prevalecessem.

Considerar a noção de acontecimento em 1972 [...] era ir contra a corrente do padrão intelectual dominante da época, o estruturalismo.<sup>132</sup>

Os sociólogos Marc Bessin, Claire Bidart e Michel Grossetti, em uma obra coletiva dedicada às ciências sociais diante das rupturas e do evento, lembram o contexto atual: “o interesse renovado em contingências, eventos e bifurcações está ligado tanto às mudanças no mundo social, com a crescente complexidade das transições nos ciclos de vida ou a crescente preocupação com os riscos, quanto à evolução das ideias científicas”. Em seguida, eles apontam que, “já no início dos anos 1970, Edgar Morin chamou a atenção para a necessidade de ir além do esquema unicausal clássico”.<sup>133</sup>

Verdadeiramente, para Edgar Morin, as rupturas, o novo, a emergência são parte integrante da realidade. Para entendê-la é fundamental a causalidade complexa, não linear. Em vez do determinismo estrito, da ordem implacável e maquinal herdada da mecânica do universo de Isaac Newton e erigida em dogma pelo demônio de Laplace, são os eventos, a desordem que devem ser reintroduzidos no meio das regularidades. De fato, não há novidade, não há criação sem acaso, sem alguma forma de desordem.

Entretanto, no sistema solar e no mundo perfeitamente determinista de Isaac Newton e Pierre-Simon de Laplace, não há espaço para o imprevisível, para o inesperado. Exclui-se o acaso como “não científico”. Da mesma forma, posteriormente, sob a influência dessa estrutura de pensamento, as interpretações da obra de Charles Darwin gradualistas e reducionistas (centradas na noção de “gene” como sequência de DNA que programa) não amparam eventos e saltos entre “espécies”. Entretanto, hoje se ensinam a história do universo<sup>134</sup> (teoria do Big Bang e expansão do cosmos) e a história da vida<sup>135</sup> (extinções e convulsões dentro da evolução e dos ecossistemas causadas por acontecimentos, aparecimento de novos fenótipos em tempos curtos) incorporando eventos, rupturas, emergências, bifurcações e a possibilidade do aparecimento do novo.<sup>136</sup>

Essa situação realmente constitui uma aproximação inesperada com as ciências humanas, as ciências sociais e a história (crises, revoluções).<sup>137</sup> Até então, as ciências humanas haviam sido submetidas ao progresso das ciências físicas como padrão a ser seguido para a obtenção de visto de cientificidade, e essa situação as liberta dos grilhões de um modo de pensar determinista e reducionista, imposto de fora. Como observa François Dosse, até então

as ciências humanas, que procuraram se estabelecer em torno da identificação de aspectos permanentes, invariantes, se não leis, há muito consideravam o evento como um elemento perturbador, de pouca importância, que convinha ser reduzido em nome de uma abordagem científica.<sup>138</sup>

O pensamento complexo reintroduz assim a imprevisibilidade no curso da história (a História de uma maneira geral, “cósmica”, não apenas história humana “acósmica”). Os fenômenos de retroalimentação positiva ou negativa, amplificação ou atenuação relativizam a ideia simplista de uma causa e um efeito lineares. Sendo a particularidade do complexo em relação ao simples, bem observada por John von Neumann, o envolvimento do acaso, a desordem e o evento, segue-se a imprevisibilidade das reações e retroalimentações dentro de sistemas ou redes adaptativas que interagem. É esse princípio que Edgar Morin inclui em sua descrição da sociedade moderna como hipercomplexa (ou de alta complexidade, em oposição à baixa, Quadro 3.1), que se baseia no

enfraquecimento ou apagamento dos princípios rígidos de programação, hierarquização e especialização em benefício de estratégias criativas ou inventivas, de polivalência funcional (das unidades básicas ou dos subsistemas), de policentrismo no controle da tomada de decisões.<sup>139</sup>

É, portanto, na presença de um grande entrelaçamento e de redes de causalidades circulares e complexas que se escondem as potencialidades imprevisíveis e de eventos. Ele propõe então substituir a causalidade linear pela complexa:

- a) as mesmas causas podem levar a efeitos diferentes ou divergentes [...];
- b) causas diferentes podem produzir os mesmos efeitos [...]; c) causas pequenas podem levar a efeitos muito grandes [...]; d) causas grandes podem levar a efeitos minúsculos [...]; e) causas são seguidas por efeitos opostos [...] os efeitos de causas antagônicas são incertos.<sup>140</sup>

Com a causalidade complexa, a incerteza torna-se inerente à ação e ao devir.



**Quadro 3.1** Baixa e alta complexidade

BAIXA COMPLEXIDADE	ALTA COMPLEXIDADE
Forte centralização	Centrismo Policentrismo, descentralização
Hierarquia forte	Hierarquia Anarquia, poliarquia
Coerção	Liberdades
Baixa autonomia dos indivíduos	Múltiplas comunicações e interações entre grupos e indivíduos
Subespecialização (escravidão, concentração) e alta especialização	Especializações e policompetências
Repressão da desordem, do ruído	Tolerância a desordens, desvios, não conformidades
Dogmas, fés	Dúvidas, perguntas
Estabilidade, poucas possibilidades evolutivas	Instabilidade, grandes possibilidades evolutivas

## De “metacategoria epistêmica”... a “estilo”

Assim, ao identificar e depois corrigir os pilares sobre os quais o discurso científico foi construído, particularmente a partir dos êxitos da física mecânica, ou seja, determinismo, reducionismo, causalidade (linear) e objetividade, Edgar Morin introduz, segundo o filósofo Alain Vergnion, uma “metacategoria epistêmica”.<sup>141</sup> Com isso, ele se refere a uma categoria que torna possível organizar o conhecimento ligando diferentes níveis de “realidade” de forma transdisciplinar. Podemos acrescentar aqui que Edgar Morin também pretende mostrar vias de pensamento global sobre uma nova relação, ecologizada, de interações complexas entre homem, natureza, tecnociência e sociedade.

Além disso, parece-me que a abordagem cognitiva, em segundo plano, que leva Edgar Morin ao “pensamento complexo” também pode ser comparada a um “estilo”, no sentido dos estudos de historiadores e filósofos da ciência como Ludwik Fleck,<sup>142</sup> Alistair Crombie<sup>143</sup> ou Ian Hacking.<sup>144</sup> Muito mais limitado no caso do primeiro autor em sua localização histórica e generalidade, o estilo é muito mais abrangente para os outros dois e corresponde a uma maneira de

se fazer ciência. Assim, para Alistair Crombie, a ciência ocidental, ancorada na herança científica e filosófica grega, deu origem, sucessivamente, a seis estilos principais:

- a) O método elementar de postulação ilustrado pelas ciências matemáticas gregas.
- b) O uso da experimentação tanto para controlar a postulação como para explorar por observação e medição.
- c) A construção por hipótese de modelos analógicos.
- d) A ordenação da diversidade por meio de comparação e taxonomia.
- e) A análise estatística das regularidades nas populações e o cálculo das probabilidades.
- f) A derivação histórica correspondente ao desenvolvimento genético.

Ian Hacking aponta que nem todos esses estilos são incompatíveis e que uma ciência pode mobilizar vários deles ao mesmo tempo. Por outro lado, ele identificou um sétimo estilo, que é o estilo de laboratório, o qual envolve o uso de instrumentos tecnológicos, incorporando uma teoria. Um estilo caracteriza assim uma certa maneira de “fazer” ou “praticar” a ciência, de pensar sobre a relação com a teoria, experimentação, disciplinas, matemática, lógica etc. Por que não comparar o que permitiu a Edgar Morin desenvolver sua reflexão sobre o “pensamento complexo” a uma forma de “estilo”? Subjacente à abordagem de Edgar Morin há uma visão do conhecimento que consiste em explorar várias disciplinas com o intuito de “religar” saberes, emprestando e ampliando o sentido do termo *reliance* (religação) do sociólogo Marcel Bolle de Bal.<sup>145</sup>

De fato, Edgar Morin se refere frequentemente a sua obra sobre a morte, publicada originalmente nos anos 1950,<sup>146</sup> para apresentar os princípios que sustentam seu trabalho. Esse livro é bem representativo do “estilo” que caracteriza a abordagem. Nessa obra, operando um vasto arco de investigação em biologia, paleoantropologia, antropologia, psicologia, sociologia e filosofia, ele identifica as várias concepções de morte para tentar explicá-las. Nesse contexto, ele contribuiu com a conscientização sobre a possibilidade de uma nova disciplina, inexistente na época, a “tanatologia”, que tenta definir um objeto que se beneficia de não se reduzir a um único ângulo disciplinar.

Esse objeto de pesquisa “híbrido” atravessa muitas disciplinas. Não que a antropologia não possa estudar a morte, assim como a biologia pode estudar os mecanismos de morte celular, ou ainda a filosofia pode explorar esse tema com suas próprias ferramentas, como o existencialismo. Mas essa investigação

sobre o tema da morte nos permite caracterizar um “estilo” que consiste em procurar articular, para um determinado assunto, diferentes contribuições disciplinares a fim de acessar uma visão rica e complexa do assunto, com a possibilidade de emergência de um campo que possua uma certa independência, mesmo que esta deva permanecer aberta. Temos também um exemplo empírico desse estilo em seu trabalho no município bretão de Plozévet.<sup>147</sup>

Como vimos em sua obra sobre complexidade, os princípios-chave de causalidade circular e recursiva, auto-organização e emergência só são verdadeiramente fecundos quando conhecimentos muito vastos em biologia, cosmologia, física, pré-história e história, ecologia, etologia, sociologia, psicologia, linguística e filosofia, assim como obras literárias, são mobilizados e articulados graças a esses princípios. Embora se pudesse, como Michel Serres, questionar a centralidade da noção de auto-organização e complexidade na “grande narrativa”,<sup>148</sup> o que permanece decisivo é a imensa riqueza disciplinar no pano de fundo, sendo proposta para repensar certos problemas (aqui os dualismos natureza/cultura, sujeito/objeto, fato/valor). Na situação contemporânea das ciências, essa explicitação da estratégia de “religação” me parece ser representativa de um certo “estilo”, tanto quanto de uma adaptação à fragmentação das disciplinas. A resposta de Edgar Morin a Boris Cyrulnik, etólogo e psicólogo, em uma obra na forma de um diálogo entre os dois pesquisadores, descreve perfeitamente o posicionamento desse “estilo”.

Boris Cyrulnik inicia o diálogo.

Penso que, em termos de ideias, temos escolha. Ou decidimos ser um especialista, situação bem confortável intelectualmente, pois apenas precisamos acumular cada vez mais informações sobre um ponto cada vez mais preciso, e acabamos então, como diz o dogma, sabendo tudo sobre nada. Ou decidimos ser generalistas, ou seja, colocar nosso nariz, um pouco de cada vez, na física, química, biologia, medicina forense, psicologia; acabamos então sendo especialistas em nada, mas temos a melhor opinião sobre a pessoa que está diante de nós, que é chamada de homem. São duas atitudes, duas políticas de conhecimento totalmente diferentes... [...]

Edgar Morin lhe responde:

Certo, mas rejeito essa ideia de que devemos sempre, necessariamente, nos situar na alternativa, ser um especialista e ter o oportuno conhecimento, reconhecido por colegas, universidades e instituições, ou ser um

generalista e ter conhecimentos absolutamente precários. Trata-se precisamente de evitar essa alternativa, como no caso da ciência ecológica, por exemplo [...] em geral, assim que você tem um objeto onde todos os elementos estão relacionados, você chama os vários especialistas concernidos com esse objeto, ao mesmo tempo que cultiva a si mesmo, incorporando os conhecimentos-chave de suas disciplinas.<sup>149</sup>

## O valor do pensamento complexo para a segurança industrial

### Natureza/cultura

Temos agora informações suficientes para apreciar a relevância das propostas de um “pensamento complexo” na questão dos acidentes maiores e da segurança industrial, e o interesse do desvio para explicar como difere de outros usos da noção de complexidade descritos na introdução do capítulo. Antes de tudo, sabe-se há alguns anos muitos acidentes são eventos resultantes de interações multidimensionais. Isso requer abordagens mais sofisticadas do que as tradicionais de causas-consequências em análise de risco (que foram apresentadas brevemente). É exatamente isso que Edgar Morin procura conceituar melhor com a causalidade complexa, recursiva e circular. O contraste proposto na Figura 3.5 mostra isso, entre, à esquerda, uma árvore de análise técnica (baseada em um esquema linear de causas e consequências, associadas, em cálculos probabilísticos para alguns, ao raciocínio booleano) e, à direita, as causalidades complexas utilizadas para atestar os acidentes estudados de um ângulo sociotecnológico, que tentei mostrar na visualização gráfica do primeiro capítulo (Figura 3.5).

Essas causalidades complexas se determinam habitualmente melhor após acidentes, como foi mostrado no primeiro capítulo, no trabalho de comissões de inquérito ou ainda de sociólogos, em particular, que trabalham com base nesses relatórios, como Andrew Hopkins ou Diane Vaughan. De todos os trabalhos realizados no campo dos acidentes, provavelmente seja o dela que contribuiu com marcos essenciais e programáticos em nível empírico e teórico. Mas esse trabalho, que exigiu dez anos de pesquisa por parte da socióloga americana, é retrospectivo. Uma visão dessas causalidades complexas entre aspectos tecnológicos, cognitivos, organizacionais, sociológicos e políticos a montante dos acidentes, a fim de caracterizar as dinâmicas conducentes à deriva, bem como as práticas que as contrapõem, é uma perspectiva que ainda está

em grande parte a ser implementada, exigindo desenvolvimentos simultâneos entre a teoria e os dados empíricos.

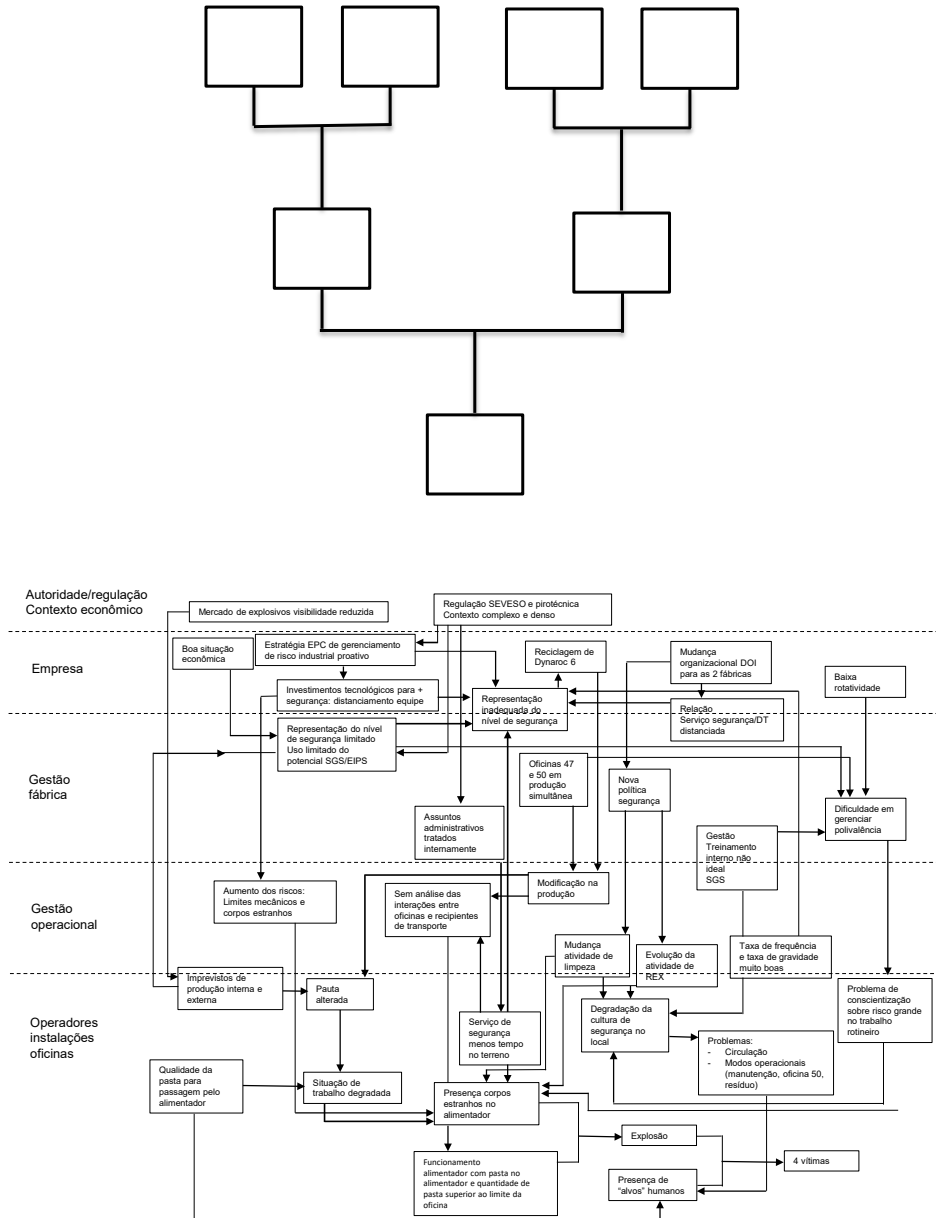


Figura 3.5 Contraste nos modos de exibição de segurança

Entretanto, para se aventurar em tal programa, sempre foi essencial tentar articular vários pontos de vista, como alguns autores já argumentaram explicitamente em várias ocasiões, de forma relativamente independente. Barry Turner, que trabalhou com psicólogos e engenheiros em questões de acidentes, ele próprio um engenheiro inicialmente voltado para a sociologia organizacional, escreveu que

o estudo da natureza e origem dos desastres é o tipo de investigação que é naturalmente multidisciplinar, e a cooperação entre psicólogos e sociólogos, epidemiologistas, engenheiros e especialistas em administração é necessária para compreender as complicadas ligações entre os diferentes tipos e níveis de evento que contribuem para a gênese dos acidentes.<sup>150</sup>

Jens Rasmussen, um autor particularmente versátil, originalmente engenheiro e pioneiro em engenharia cognitiva e pesquisa de segurança industrial, também descreveu essa necessidade perfeitamente.<sup>151</sup>

A mesma posição tem sido formulada por alguns autores no campo da confiabilidade organizacional nos últimos anos. Mathilde Bourrier e Hervé Laroche apontam as dificuldades de superar o ponto de vista reducionista, dado que

as metodologias que podem ser aplicadas nesses quatro níveis pertencem a diferentes campos e disciplinas (psicologia, ergonomia, psicossociologia, sociologia, economia, ciência política, administração e direito) com formações independentes entre elas. O cientista social raramente tem todas essas habilidades. Esse é um problema considerável porque é claro que hoje, para progredir no conhecimento dos fatores de risco organizacional, é importante ter ferramentas teóricas e métodos de análise capazes de abarcar e vincular os diferentes níveis.<sup>152</sup>

Também encontramos em Ulrich Beck, ciente do problema, a frase seguinte que assinala a problemática: “os riscos escapam da distinção entre teoria e prática, escapam dos limites dos campos e disciplinas, das competências especializadas e das atribuições institucionais”.<sup>153</sup>

Poderíamos talvez concluir, assim, que o pensamento complexo e o “estilo” que o caracteriza são complementares, e que nesse ponto da interdisciplinaridade eles só representam um apoio paralelo àqueles autores que já descreveram bem os desafios da pesquisa para a segurança industrial, já nos anos 1970 e posteriormente. Essa conclusão faria perder o ponto de vista da antropossociologia

e da filosofia produzidas por Edgar Morin, e da figura do homem e da sociedade que ele ajuda a traçar. A apreensão do sujeito complexo, do *homo complexus*, resulta de uma compreensão renovada das inter-relações entre indivíduos, espécie e sociedade, e requer um diálogo entre as ciências naturais e as ciências humanas e sociais.<sup>154</sup>

A compreensão da hipercomplexidade característica das sociedades modernas também levanta um ponto-chave sobre questões de segurança industrial.

A patologia da hipercomplexidade se torna hipercomplexa quando o desvio pode ser sinônimo de criatividade e as mudanças são um elemento constitutivo do sistema, cuja norma passa a ser a evolução, transformando o desvio em normalidade e a normalidade em desvio [...] a hipercomplexidade nos mostra que imprecisão, incerteza, estratégia, inovação estão ligadas.<sup>155</sup>

De fato, como a realidade sociotecnológica é caracterizada pelo móvel e pelo movimento, a mudança faz parte completamente da problemática nas questões de segurança industrial. Distinguir o desvio da “normalidade” é um desafio particularmente central nesse campo, e se encaixa especialmente bem nesse questionamento sobre complexidade e hipercomplexidade (ou baixa e alta complexidade).

Essa brecha aberta em relação às abordagens dominantes, que até então insistiam na dimensão simbólica e cultural do homem (e da sociedade) em oposição à natureza, abriu um novo horizonte para as ciências humanas e sociais. Essa abertura é ampliada, como foi comentado, por uma visão “ecologizada” das ciências sociais, em uma leitura renovada dos vínculos entre o homem, a natureza, a tecnociência e a sociedade, não estando a sociedade fora da natureza. Isso nos leva ao âmago daqueles autores que questionam os dualismos natureza/cultura, sujeito/objeto, teoria/prática, corpo/espírito, fato/valor etc., com as mais diversas sensibilidades (pensamos, por exemplo, em Gregory Bateson, Michel Serres, Bruno Latour, Tim Ingold, Peter Sloterdijk, Donna Haraway etc.). No entanto, nenhum dos trabalhos no campo da segurança industrial ou acidentes se posicionou ainda explicitamente nesse novo espaço, sendo isso o que é proposto aqui.

## Sujeito/objeto

Este último ponto se estende às questões de objetividade, valor, neutralidade e ética de qualquer desenvolvimento científico. Toda a produção intelectual, tanto nas ciências “duras” quanto nas ciências “moles”, está, por um lado, situada historicamente, não é definitiva, mas, por outro lado, também tem repercussões no mundo. Tornou-se problemático distinguir entre as dimensões cognitiva e moral da produção científica (e tecnológica), o que resultou no aspecto verdadeiramente transdisciplinar da relação “ciência-sociedade”, como sugere Jean-Pierre Kahane:

Podemos detectar as sementes da transdisciplinaridade, no sentido de uma preocupação compartilhada por cientistas de todas as disciplinas análogas ao que poderiam ser as “estruturas” *há quarenta anos? Minha hipótese é que eu vejo a preocupação com “ciência e sociedade” surgindo em todas as disciplinas, em todo o mundo acadêmico.*<sup>156</sup>

Este último ponto tem obviamente um *status* especial nas ciências sociais, como foi formulado por muitos autores: o sociólogo Anthony Giddens,<sup>157</sup> mas também na sociologia pragmática e na sociologia da crítica na França, que, com Luc Boltanski em particular, descartou a abordagem objetivista da sociologia, herdada da obra de Pierre Bourdieu,<sup>158</sup> ou ainda o filósofo Ian Hacking.<sup>159</sup> Esses pesquisadores consideram intrínseco o efeito de retroalimentação de qualquer conhecimento do “social” sobre o próprio social.<sup>160</sup> Para Anthony Giddens, trata-se de uma “dupla hermenêutica”, no sentido de que o pesquisador produz conhecimento que será ele próprio interpretado e transformará o ambiente do qual foi extraído. As ciências sociais, desse ponto de vista, contribuíram muito para moldar o mundo de hoje, tanto quanto os desenvolvimentos tecnológicos e científicos. Vemos uma retroalimentação desse tipo, por exemplo, nas tentativas dos movimentos ambientalistas de influenciar a produção industrial.

Mas esse tema da relação entre a pesquisa em ciências sociais e o funcionamento dos sistemas de risco é obviamente central para as questões de segurança industrial e acidentes. Como vai ser o caminho para o “exterior” do conhecimento produzido nesses campos (modelos de segurança, conclusões de comissões de inquérito etc.)? Essa é uma questão muito importante porque, se quisermos avançar na segurança industrial, devemos nos perguntar se os modelos produzidos são adequados para aqueles que poderiam se beneficiar deles, o que implica pensar sobre os tipos de pesquisa, entre fins descritivos,



avaliativos (normativos e prescritivos) e de ação. Podemos ver, retrospectivamente, que essas questões tangem a algumas das tradições de pesquisa apresentadas no Capítulo 2. Mathilde Bourrier corrobora essa situação: “A literatura das HRO continuou a aumentar, passando de um tópico de pesquisa para um poderoso rótulo de marketing [...] isso nunca foi intenção dos pesquisadores de Berkeley”.<sup>161</sup>

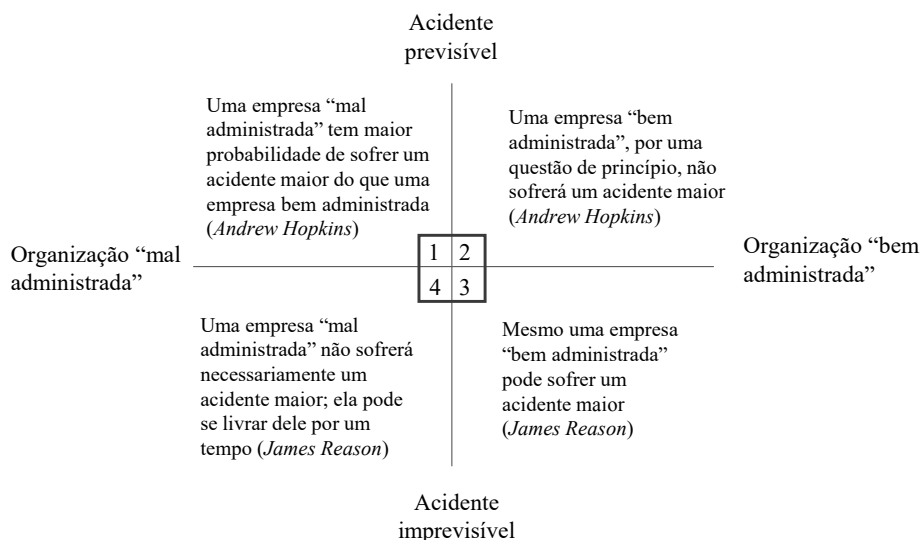
Questionar a objetividade reintroduzindo a subjetividade do pesquisador é também uma oportunidade de levantar aquelas dimensões não empíricas, de caráter filosófico ou metateórico, que têm a interpretação dos acidentes ou da segurança industrial, e daí a contribuição do “pensamento complexo” que introduz o observador. É o caso, por exemplo, da questão do acidente normal, mencionada na introdução desse capítulo por sua proximidade com o tema da complexidade. Parece difícil julgar isso hoje. Os acidentes industriais continuam a ocorrer e parece bem difícil concluir se eles podem ser evitados ou não.<sup>162</sup> Hoje, duas opções um tanto caricaturais se contrabalançam e servem como ponto de referência. Por um lado, os acidentes industriais são previsíveis e, portanto, evitáveis, no caso das empresas que “não gerenciam bem” seus riscos, se desviando das “boas práticas”. Por outro lado, os acidentes industriais são imprevisíveis e, portanto, inevitáveis, resultando da complexidade dos sistemas e podendo ocorrer mesmo onde as empresas são “bem administradas”.

Assim, muitos autores se posicionam mais ou menos explícita e claramente em relação a uma ou outra opção, com maior sensibilidade a uma delas. Alguns desses autores foram indicados na introdução do capítulo (o papel da complexidade tem sido uma categoria conceitual central nesse debate). Andrew Hopkins, por exemplo, tem sido um dos defensores da opinião de que as empresas que sofrem acidentes maiores criaram as condições para eles, em particular administrativas (“uma boa gestão teria sistemas para combater desvios e para identificar e ampliar os primeiros sinais de alerta, a incapacidade em estabelecer tais sistemas é uma falha de gestão”),<sup>163</sup> embora seus comentários mais recentes pareçam temperar essa posição inicial estabelecida há uma década.<sup>164</sup> O desafio é obviamente ser capaz de definir o que é “boa gestão”. É o baixo número de incidentes? Mas então como podemos definir estes últimos e o limiar antes de resolver? De fato, muitas empresas têm incidentes, mas isso não significa que sofrerão um acidente maior. É talvez mais o respeito às regras e procedimentos? Mas, como sabemos agora, um procedimento nem sempre garante segurança, requer adaptação, nunca é mais do que parcial etc. Dada a falta de respostas claras a todas essas perguntas, a posição oposta também é sustentável e já foi explicada.

Assim, James Reason sempre manteve a ideia de que um acidente maior poderia ocorrer a qualquer momento, em qualquer organização.

Enquanto os perigos naturais, a falibilidade humana, as condições latentes e as possibilidades de combinação desses fatores de acidentes continuam a existir, mesmo a organização mais resistente [...] ainda pode ter acidentes. Da mesma forma, organizações inseguras, mas afortunadas, [...] podem se livrar de acidentes por um longo período de tempo.<sup>165</sup>

O interesse dessas duas citações é que elas nos ajudam a esclarecer e demarcar um espaço de posições sobre a questão dos acidentes. Essas diferentes opções podem ser representadas da seguinte forma (Figura 3.6).



**Figura 3.6** Várias posturas possíveis em relação à tese de acidente normal

As posições 1 e 2 são provavelmente as mais intuitivas. Em empresas “bem administradas” não ocorrem acidentes graves, e as empresas “mal administradas” têm uma probabilidade maior de sofrer um acidente maior. As posições 3 e 4 são mais perturbadoras ou contraintuitivas, pois consideram que mesmo as empresas “bem administradas” podem sofrer um acidente grave, enquanto as empresas que não são “bem administradas” podem não sofrer. Por que existem tais discrepâncias entre esses autores?

Por um lado, suas experiências de segurança industrial vêm de campos tão diversos como aviação, nuclear, petroquímica, exploração de petróleo ou mineração, na investigação de eventos *a posteriori*, ou no estudo desses sistemas no dia a dia. Por exemplo, no momento em que escreveu a frase citada, Andrew Hopkins estava propondo uma leitura sociológica de uma investigação de acidente na indústria petroquímica, em um posto de gasolina na Austrália. Não está claro que em todos esses sistemas as correlações entre anomalias, incidentes e desastres sejam semelhantes, nem que as dinâmicas acidentais subjacentes sejam apreendidas da mesma forma entre a petroquímica e a aeronáutica. Assim, essas diferenças nas experiências dos autores provavelmente resultam em uma variação de sensibilidades sobre o assunto.

Por outro lado, é também porque suas bases interpretativas têm ancoragens disciplinares diversas (psicologia, ergonomia, sociologia, administração etc.), bem como várias posições filosóficas sobre um conjunto de temas (ou *thêmata*), que eles julgam essa problemática de forma muito diferente. De fato, não é apenas no nível dos dados empíricos que essa questão se desenrola, como também no plano de várias ideias de uns e de outros, por exemplo, sobre nossa relação com a tecnologia, com o espaço do evento na teia da realidade, com a natureza humana, com o funcionamento das organizações e da sociedade.

É todo esse contexto que leva a uma orientação ou a uma certa sensibilidade interpretativa mais ou menos favorável à tese da inevitabilidade dos acidentes. Vamos retomar essas categorias e formulá-las como perguntas que nos permitam esclarecer melhor o que isso pode significar em termos concretos:

- Relação com a tecnologia: o desenvolvimento tecnológico é sinônimo de progresso social e econômico, é intrínseco e necessário ao desenvolvimento das sociedades contemporâneas? A tecnologia atingiu algum grau de complexidade, especialmente com o emaranhamento exponencial dos desenvolvimentos informáticos no projeto e na operação dos sistemas, que já não nos permite garantir seu controle ou compreensão totais?
- Relação com o evento na teia da realidade: é possível prever tudo, o universo e todos os fenômenos são determinísticos, e somos capazes de extrair as leis subjacentes? O evento é, portanto, nessa perspectiva, uma anomalia que num futuro possa ser assimilada pelas leis da natureza para antecipá-la?
- Relação com a natureza humana: o homem “por natureza” é competitivo ou cooperativo? O homem pode acessar os dados objetivamente? O

homem pode ser pensado independentemente de circunstâncias limitantes na trajetória pessoal e no ambiente social? O homem é livre ou determinado? O homem pode influenciar o curso da história?

- Relação com o funcionamento das organizações: as organizações podem funcionar racionalmente de acordo com normas, estabelecendo regras que especifiquem o comportamento esperado dos atores, cujo desvio dessas regras constitua sistematicamente um risco e uma anomalia? Em termos de segurança, existe umnexo causal comprovado entre o número de incidentes e a probabilidade de sofrer um acidente mais grave?
- Relação com a sociedade: a inovação talvez, por sua própria natureza, supõe assumir um risco, mas ela é legítima no movimento de transformação das sociedades, do capitalismo e do mercado, e deve ser valorizada para garantir o progresso? A sociedade e a economia podem e devem ser reguladas pela presença mais ou menos forte de Estados?

Dependendo das respostas, é possível imaginar certas sensibilidades em relação à tese do acidente normal. Todas essas perguntas são, portanto, essenciais para situar o observador em sua observação, sobre uma questão como a da inevitabilidade de acidentes. De fato, é muito difícil que se possa abordar uma questão tão delicada com suficiente perspectiva, sem avaliar esses pontos, que surgem quando há certo grau de profundidade no interesse por um assunto como este.

## Em resumo

Ao encerrar este capítulo sobre complexidade, parece que o termo é usado de várias maneiras, desde perspectivas tecnológicas, ergonômicas, sociológicas, gerenciais ou políticas. Mesmo que esses usos tenham pontos em comum, dadas algumas fontes de inspiração compartilhadas, notadamente na cibernética, teoria geral de sistemas ou auto-organização, todas essas disciplinas ou tradições de pesquisa fizeram da complexidade uma categoria de referência de forma decorrente do seu objeto (ou projeto) no campo da segurança industrial (e acidentes maiores):

- do ponto de vista das instalações técnicas;<sup>166</sup>
- do ponto de vista da cognição (e situações de trabalho de pilotos e operadores);<sup>167</sup>

- da perspectiva da organização, das decisões estratégicas e gerenciais;<sup>168</sup>
- da perspectiva dos “macrossistemas técnicos”, regulação ou sociedade de risco.<sup>169</sup>

Foi proposto aqui refletir sobre a complexidade a partir de uma perspectiva filosófica e epistemológica que equivale a se libertar desses usos anteriores. A contribuição deste capítulo consistiu, portanto, em revelar a especificidade das implicações de uma abordagem da complexidade sob um ângulo epistemológico e filosófico, superando os dualismos natureza/cultura, sujeito/objeto e fato/valor, forjando um “estilo”, apresentando uma estratégia de “relição”, reintroduzindo a incerteza e o evento, resultantes do questionamento de um determinismo generalizado que pôde representar durante um tempo a camisa de força normativa da cientificidade, assim como uma nova perspectiva para as ciências humanas e sociais em suas interações com as ciências naturais, por meio de uma crítica ao reducionismo (fiscalismo, biologismo ou sociologismo), e, enfim, reintegrando o observador em sua observação. É com base nessas novas noções que o próximo capítulo considera a problemática da articulação de pontos de vista em torno do objeto “segurança industrial” e do projeto de sua avaliação.

## Notas

1. B. Castellani (2009).
2. R. Benkirane (2003).
3. R. Benkirane (2013). Prefácio para a segunda edição de seu livro de 2003.
4. J. Urry (2005).
5. B. Vergely (2005, p. 197).
6. J. Rijpma (2003).
7. E. Morin (1977), para uma introdução, E. Morin (1990c).
8. N. Luhmann (1995). Para uma introdução em francês, ver E. Ferrarese (2007).
9. O caso Sokal deriva de uma mistificação do físico Alan Sokal, que publicou um texto em 1996 na revista americana *Social Text* reutilizando conceitos das ciências físicas fora do seu contexto. O artigo foi publicado na revista e algum tempo depois o autor anunciou que era uma farsa, pois o texto e sua argumentação, que não se sustentavam voluntariamente, eram só para ver se a revista o publicaria. Ele queria denunciar a legitimidade de autores, associados à categoria do “pós-modernismo” nos Estados Unidos, que questionavam a racionalidade e as teorias científicas sem entender praticamente nada sobre elas. Eles usam fora de contexto conceitos que não dominam das ciências físicas (relatividade, física quântica).
10. F. Cusset (2003).

11. J. Girin (2000).
12. J. Leplat (1996).
13. G.-Y. Kervern, P. Rubise & H. Laborit (1991).
14. E. Morin (1976).
15. Ver, por exemplo, P. Lagadec (1991), dez anos mais tarde, P. Lagadec (2003) e, ainda mais recentemente, Benjamin Topper (Topper & Lagadec, 2013).
16. Actes CNRS (1994).
17. J.-L. Le Moigne (2007).
18. F. Guarnieri (2003).
19. No entanto, existe um elo operacional, do lado industrial, com o exemplo da RATP. G. Planchette et al. (2002). Ver o posfácio de G.-Y. Kervern, ressitando esse trabalho na esteira Cindínica.
20. W. Weaver (1948).
21. H. Simon (1962).
22. Esse ponto é destacado em um número especial do *Journal of Contingencies and Crisis Management* dedicado a Todd R. La Porte, em 2011 (C. Ansell & R.A. Boin, 2011).
23. T.R. La Porte & P.M. Consolini (1991, p. 41). “L’ampleur de ces organisations au sein de systèmes techniques sous forte contrainte suggère le langage descriptif et analytique de la complexité”.
24. T.R. La Porte (1975).
25. C. Perrow (1984).
26. D. Vaughan (2005).
27. M. Bourrier (1999a).
28. T. Pinch (1991).
29. R. Jervis (1997).
30. G.I. Rochlin et al. (1987); M. Bourrier (1997).
31. A. Hopkins (2000, 2005, 2008, 2012).
32. A. Hopkins (2000, p. 98).
33. A. Hopkins (2001).
34. A. Hopkins (Ed.) (2009).
35. P. Mayer (2003, p. 238).
36. “Perdemos muita informação quando substituímos o poder pela cultura”, C. Perrow (1999, p. 313).
37. M.W. Evan & M. Manion (2002).
38. T. Hughes (1989).
39. A. Gras (1993).
40. T. Hughes (1998, 2005).
41. A. Giddens (1993, p. 159).
42. M. Farjoun & W.H. Starbuck (2005, p. 358).
43. K.E. Weick (1995).
44. J. Rasmussen & M. Lind (1981).
45. D. Woods (1988).
46. René Amalberti dedica um capítulo a isso em seu livro, R. Amalberti (2001).

47. G. Klein (2004, p. 305).
48. E. Morin (1977).
49. E. Morin (1951, 1962, 1967, 1969a, 1969b).
50. Veja, por exemplo, a coleção de textos desse período em E. Morin (2010).
51. É na obra *Sociologie* (E. Morin, 1994a, primeira edição em 1984) que podemos ver claramente como, em particular, os campos empíricos e a reflexão socioantropológica ressoam com sua pesquisa sobre a complexidade.
52. Por exemplo, em *Mes démons* (Morin, 1994b), ou *Mes philosophes* (Morin, 2011).
53. Por exemplo, o número especial do jornal *Le Monde* em 2010, a revista *Hermès*, 2011, ou a revista *Sciences Humaines*, 2013, assim como biografias e entrevistas, por exemplo, E. Lemieux (2009) e E. Morin (2008).
54. Jean-Pierre Dupuy, referindo-se aos dois primeiros volumes dedicados a esse tema, declara “uma admiração estupefata por essa capacidade pantagruélica de abarcar os mais vastos e diversos saberes e identificar neles as ressonâncias e dissonâncias que anunciam os ‘novos paradigmas’ e as ‘novas alianças’” em J.-P. Dupuy (1981, p. 212).
55. De acordo com a famosa frase do filósofo M. Heidegger (1956).
56. W. Heisenberg (1972).
57. J.-P. Luminet (2004).
58. Ver, sobre esse tema, as esclarecedoras trocas com o astrofísico Michel Cassé. M. Cassé & E. Morin (2003).
59. J.-P. Dupuy (1999); A. Pickering (2010).
60. E. Chaisson (1980).
61. E. Jantsch (1977).
62. P. Malziak (2002).
63. D. Guillo (2000).
64. H. Bergson (1913).
65. A.N. Whitehead (1994/1925).
66. Pode-se também notar, nessa primeira metade do século XX, a proximidade intelectual com as obras dos pragmatistas americanos, em particular John Dewey (Dewey, 1958) e George Herbert Mead (Mead, 1934), mas também com a chamada escola “emergentista” britânica (Lloyd Morgan, Samuel Alexander), mesmo que Edgar Morin nunca mencione nenhum desses autores como influências, ao contrário dos filósofos Henri Bergson e Alfred North Whitehead. Todos esses pensadores se encaixam na chamada filosofia do processo (Rescher, 1996), ligada às filosofias de Heráclito, Leibniz e Hegel.
67. A longa duração é a da evolução cósmica e dos dados científicos que iluminam as etapas que marcam a passagem da matéria à vida, até o homem. Para uma visão cosmológica em termos de Grande História, ver os escritos do astrofísico Eric Chaisson (Chaisson, 2000). Para uma descrição da aparição da vida em termos do microcosmo ou universo bacteriano, ver o trabalho dos microbiologistas Lynn Margulis e Dorion Sagan (Margulis & Sagan, 2002). E, para uma reflexão sobre as principais etapas do vivente por biólogos evolucionistas, ver John Maynard Smith e Eörs Szathmáry (Maynard Smith & Szathmáry, 1999). Michel Serres, em uma crítica ao discurso pós-moderno sobre o fim das “grandes narrativas” (Lyotard, 1979), descreve essa longa duração do relato científico como uma nova Grande Narrativa (Serres, 2003a). É sobre esse novo horizonte das ciências humanas e sociais e suas implicações que reflete Edgar Morin, bem como Michel Serres.
68. E. Schrodinger (1944).

69. Ver a coleção de textos construtivistas (incluindo Heinz von Foerster, Francisco Varela, Ernst von Glasersfeld) nesse movimento, de P. Watzlawick (Ed.) (1988).
70. P. Jacob (1980).
71. I. Lakatos & A. Musgrave (1970).
72. Expressão que retiro da obra do filósofo italiano Mauro Ceruti, filiado às ideias de Morin. M. Ceruti (1994).
73. T. Kuhn (1962).
74. E. Morin (1986, p. 9).
75. R. Rorty (1979).
76. H. Putnam (1984).
77. Para uma apresentação desse renascimento do pragmatismo e os debates associados, ver o estudo de J.-P. Cometti (2010).
78. S. Toulmin (1972, 1989, 2003).
79. A famosa palestra de Weber é a ilustração perfeita disso. M. Weber (1919).
80. E. Morin (1990b).
81. E. Morin (2004).
82. Ver, por exemplo, L. Boltanski (2009).
83. H. Joas (1999).
84. M. Ruse (2007).
85. M. Serres (2004).
86. D. Dennett (1995, tradução minha).
87. E. Morin & M. Piatelli-Palmarini (1974).
88. J. Gleick (1987).
89. M. Waldrop (1992).
90. R. Lewin (1992).
91. N. Thrift (1999).
92. M. Gell-Mann (1995).
93. M. Mitchell (2009).
94. J.-L. Le Moigne (2003).
95. B. Castellani & F. Hafferty (2009).
96. A. Pickering (2010).
97. J. Bogg & M. Geyer (2007).
98. R. Lewontin (2000).
99. R.B. Laughlin (2005, p. 131).
100. E. Morin (2005).
101. F. Heylinghen et al. (2007).
102. E. Bertin et al. (2011). Um estudo sobre o uso desses modelos computacionais no campo das ciências sociais, em particular da sociologia, é fornecido pelo sociólogo A. Malaina (2012).
103. A. Fagot Largeault (2002).
104. M. Bedau & P. Humphreys (2008).
105. P. Clayton (2006).
106. E. Morin (1977).



107. E. Morin (2010).
108. B. Saint-Sernain (2007).
109. Por exemplo, M. Serres (1977).
110. M. Serres (1981, 1987, 1990, 2001, 2003a, 2004, 2006).
111. Catherine & Raphaël Larrère falam de “sociocentrismo”, perguntando: “Será que todo naturalismo é necessariamente anti-humano?” (Larrère & Larrère, 1997, p. 14).
112. C. Hempel (1972).
113. P. Oppenheim & H. Putnam (1958), traduzido em P. Jacob (1980).
114. E.O. Wilson (1998). A resposta a esse reducionismo estrito foi rápida nos Estados Unidos, sendo o paleontólogo, biólogo e historiador da ciência Stephen Jay Gould quem respondeu com um livro dedicado a essas questões, S. Jay Gould (2003), no qual notadamente usa as ideias de complexidade para invalidar as teses de Edward Wilson.
115. Ver, por exemplo, as críticas na obra coletiva de S. Rose & H. Rose (2000), com contribuições de Stephen Jay Gould e Tim Ingold, mas também a obra do filósofo J. Dupré (2001), e, para um estudo em francês desse tipo de correntes em sua relação com as ciências sociais, ver o livro de D. Guillo (2000).
116. M. Bunge (2003, Capítulo 10).
117. E. Morin (1973, p. 214). Para uma visão geral dos caminhos e avanços mais recentes nessa mesma perspectiva, com uma apresentação muito clara das questões interdisciplinares associadas, ver o artigo de M. Donald (2004).
118. A. Prochiantz (2012).
119. Deacon (2003a, 2003b).
120. E. Morin (2001). A ancoragem bioantropológica dessa conceituação a situa além do debate entre *homo economicus* (utilitário, racional) e *homo sociologicus* e oferece uma paleta mais rica de acesso à condição humana.
121. Para uma apresentação desse repertório (entre estruturalismo, acionalismo, individualismo...) nos anos 1970 e 1980 na França, ver a introdução do sociólogo P. Ansart (1990). As propostas para uma sociologia alternativa são apresentadas em vários textos na obra *Sociologie* de Edgar Morin (Morin, 1994).
122. E. Morin (1981, p. 69).
123. S. Mitchell (2009).
124. Aqui talvez precisemos distinguir entre redução no sentido da ambição científica ou antes filosófica (metafísica), de reduzir tudo a um elemento ou a uma lei que permitiria deduzir todos os fenômenos, e redução no sentido mais geral, de simplificação derivada de qualquer tentativa de apreender a realidade por meio da teorização (por disciplinas científicas), que exige abertura disciplinar para outros campos. Isso produz uma visão particularmente dinâmica do campo científico.
125. Para uma crítica da leitura reducionista da biologia molecular e para uma defesa do pluralismo epistemológico nas ciências da vida com aberturas para as ciências humanas e sociais, uma defesa que não deixa de ter afinidades com o “pensamento complexo”, ver as contribuições do biólogo e filósofo da ciência M. Morange (2012). Para abordagens de biologia molecular e evolução sobre o desenvolvimento, recentes e não reducionistas, ressoando muito com as ideias de Edgar Morin, ver, por exemplo, os trabalhos de R. Lewontin (2000), E. Jablonka & Mr. Lamb (2005); D. Noble (2006); E. Fox Keller (2010); ou S. Rose (2013). Para uma abordagem dos desafios das ciências sociais contemporâneas nas suas relações com as ciências da vida, num espírito não reducionista, ver a introdução do sociólogo N. Rose (2013).

126. E. Morin (1972a, 1972b).
127. Serres (1977).
128. I. Prigogine & I. Stengers (1978).
129. Os debates foram ferozes em torno desse questionamento do determinismo no início dos anos 1980 (Amsterdamski, 1990).
130. M. Serres (1977, p. 228).
131. E. Morin (1973).
132. F. Dosse (2010, p. 245).
133. M. Bessin, C. Bidart & M. Grossetti (2010). Michel Grossetti propôs um arcabouço para desenvolver uma “sociologia que inclua o imprevisível”, em M. Grossetti (2004). Ele observa que sua contribuição difere do trabalho sobre crises, riscos e eventos, e sugere várias grades de leitura baseadas na intersecção de visões micro e macrosociológicas, bem como na introdução da noção de irreversibilidade para caracterizar a de “bifurcação”. Ele então insiste na necessidade de especificar a escala, pois uma bifurcação para um indivíduo (nível micro, como uma mudança de profissão) não é uma bifurcação em um nível superior de agregação, como um país (nível macro).
134. T. Ferris (1992).
135. S. Jay Gould (1991).
136. É difícil evitar a tentação de traçar paralelos entre a posição de Edgar Morin e a de Stephen Jay Gould em alguns pontos. O paleontólogo, evolucionista e historiador da ciência tem sido um crítico da abordagem adaptacionista, gradualista e reducionista da evolução. Em primeiro lugar, Stephen Jay Gould “advogou um tipo mais sutil de determinismo nas ciências da evolução, levando em conta uma causalidade mais complexa do que a normalmente considerada no âmbito da biologia no sentido estrito. Por exemplo, fenômenos de extinção em massa podem resultar da combinação aleatória em um dado momento de múltiplos fatores, tanto terrestres como extraterrestres. [...] tais fatores, como muitos outros (vulcanismo, queda de asteroides), devem ter interagido para causar extinções em massa. Esse tipo de causalidade complexa é característico de todos os processos históricos” (Ricqlès, 2005, p. 20). E em segundo lugar, também contribuiu para uma visão hierárquica, multi-dimensional e não reducionista da evolução. “Em cada nível de integração e complexidade biológica, da molécula ao ecossistema, emergem propriedades originais, que certamente dependem dos níveis subordinados de integração, mas que são, no entanto, em grande parte autônomas” (Ricqlès, 2005, p. 18). Ele também é, como Edgar Morin, defensor de uma visão colaborativa entre as ciências naturais e sociais, sem reducionismo, em que o tema da complexidade é visto como um aspecto central dessa retórica de aproximação das duas culturas, sem assimilar uma à outra (S. Jay Gould, 2003, e em particular o Capítulo 9, “O caminho errado do reducionismo”).
137. Outra consequência dessa aproximação é o questionamento da distinção, embora fundamental para grande parte das CHS, entre explicação (para as ciências naturais e da vida) e compreensão (para as ciências “históricas”, ou seja, aquelas que estudam o homem). Edgar Morin propõe uma relação dialógica entre esses dois modos de inteligibilidade (Morin, 1986, p. 143).
138. F. Dosse (2010, p. 4).
139. E. Morin (1994, p. 192).
149. E. Morin (1977, p. 269).
141. A. Vergnioux (2003).
142. L. Fleck (2008).
143. A. Crombie (2008).

144. A. Hacking (2008).
145. Em um artigo de revisão, o sociólogo retorna aos usos desse termo. M. Bolle de Bal (2003).
146. E. Morin (1951).
147. E. Morin (1967), além de muitos textos sobre a apresentação e questionamento próprios do trabalho de campo sociológico, associados a essa grande pesquisa interdisciplinar que reúne muitos perfis científicos, em E. Morin (1994). Suas contribuições sobre o trabalho de campo, contra a abordagem estatística, objetivista e quantitativista, estão muito de acordo com outros trabalhos do mesmo período, notadamente americanos, que propõem alternativas, como os de B. Glaser e A. Strauss (1967), embora o trabalho de Morin provavelmente se aproxime mais do que Michael Burawoy pôde descrever muito mais tarde, com base em sua prática, como o método de “estudo de caso ampliado” (Burawoy, 1998).
148. Michel Serres não hesita em dizer, por exemplo, em um livro de entrevistas sobre o tema da complexidade, cujo capítulo introdutório é dedicado a Edgar Morin e o capítulo final a Michel Serres, que “Eu não gosto muito da palavra complexidade [...] eu acho que é um falso conceito filosófico” (M. Serres, 2003b, p. 388). A complexidade pode muito bem ser considerada como mais um conceito entre outros na discussão sobre a relação natureza-cultura. Há também, por exemplo, as redes de Bruno Latour ou as esferas de Peter Sloterdijk (B. Latour, 2009). Além disso, há várias referências à complexidade no filósofo Peter Sloterdijk (talvez sob a influência alemã da obra de Niklas Luhmann), como esta: “a filosofia hoje é a arte de estabelecer uma relação imediata, com supercomplexidades” (Sloterdijk, 2003, p. 32).
149. E. Morin & B. Cyrulnik (2003).
150. B. Turner (1978).
151. J. Rasmussen (1997).
152. M. Bourrier & H. Laroche (2001).
153. U. Beck (2001, p. 127).
154. Em ergonomia, por exemplo, a questão da “fadiga”, importante para a segurança em relação à manutenção da atenção e da vigilância, está na interface do biológico, fisiológico e social. Requer a capacidade de pensar sobre o ser humano de forma multidimensional, entre as ciências naturais e as ciências humanas e sociais.
155. E. Morin (1994, p. 196).
156. J.-P. Kahane (2011).
157. A. Giddens (1987).
158. L. Boltanski (1990).
159. I. Hacking (1999).
160. Isso equivale, por exemplo, a questionar sua finalidade. Ver B. Lahire (Ed.) (2004).
161. M. Bourrier (2011, p. 12).
162. J. Rijnma (2003).
163. A. Hopkins (2001).
164. Para ele, o caso da BP e seus numerosos acidentes entre 2005 e 2010 não permite dizer que essa empresa seja menos segura que seus concorrentes (Hopkins, 2012). Isso relativiza muito a ideia de que, doravante, se poderia tirar qualquer conclusão sobre a gestão e a prática dessas organizações a partir das investigações de acidentes.
165. J. Reason (1997, p. 34).
166. A referência a Charles Perrow é obviamente inevitável. C. Perrow (1984).

167. Refiro-me ao trabalho dos ergonomistas, em particular a ergonomia cognitiva, com, por exemplo, R. Amalberti (2001) em particular o Capítulo 4.
168. Muitos autores podem ser convocados aqui. Em sociologia, D. Vaughan (2005), ou, em administração, H.W. Starbuck & M. Farjoun (2005).
169. Com, por exemplo, M. Evan & M. Manion (2002); U. Beck (2001).

## 4. Convergência e religação

Neste capítulo, trata-se de dar mais um passo e, para ir mais longe, de mobilizar, explorar e trabalhar o material acumulado durante essas três primeiras etapas para aproveitá-lo em relação aos objetivos da obra. Neste ponto, surgem uma série de problemas e limitações. De fato, embora o “estilo” que caracteriza o pano de fundo do “pensamento complexo” de Edgar Morin com a injunção de “religação” seja convincente, ele não indica como proceder. O investigador é deixado à sua sorte para essa etapa crucial de “religação”. Não há receita para isso.

Isso já foi abordado no Capítulo 2, quando se discutiu sobre a passagem da multi para a interdisciplinaridade. E ecoa as advertências então dadas sobre o caráter desconcertante e certamente frustrante para os especialistas de algumas disciplinas e tradições de pesquisa. Para a passagem da multidisciplinaridade para a interdisciplinaridade, o pesquisador encontra-se naquele momento charneira em que as múltiplas dimensões foram bem identificadas, mas não podem ser articuladas automaticamente sem um grande esforço de coordenação. O Capítulo 4 é dedicado a explicar os princípios que permitem especificar melhor como se contempla essa passagem. Nessa fase, um certo número de limitações precisa ser ressaltado:

- A visão geral no Capítulo 2 não apresenta com precisão os antecedentes disciplinares de onde provêm os trabalhos introduzidos (por exemplo, sociologia, ciência política, engenharia, ergonomia etc., e todas as subespecialidades dentro dessas disciplinas). Eles são mencionados sem entrar em um nível de detalhe que permita compreender como os trabalhos resultantes se relacionam entre si.

- Apresenta pouco os diferentes contextos nacionais, e as particularidades simultaneamente tecnológicas, organizacionais e institucionais dos sistemas de risco (nuclear, aéreo, químico, petroquímico, ferroviário etc.) que são objeto de investigações empíricas.
- Entra pouco na apresentação dos casos empíricos de todos esses estudos, introduz conceitos provenientes de disciplinas ou tradições de pesquisa sem mostrar como estes se aplicam concretamente (por exemplo, regimes de regulação de risco, engenharia cognitiva, análise de risco), o que pode dar a impressão de um vislumbre e falta de esclarecimento.
- Consequentemente, não permite identificar e depois entrar em detalhes sobre as tensões entre essas disciplinas de fundo, que às vezes justificam as diferenciações observadas entre disciplinas e tradições de pesquisa, bem como os problemas específicos debatidos, como na sociologia, com a questão das ligações micro-meso-macro.
- Finalmente, talvez não insista suficientemente nas nuances entre os objetivos de todos esses diferentes autores, dos quais derivam, no entanto, as metodologias e posturas em relação aos objetos ou projetos de pesquisa, o que torna difícil o trabalho de articulação e acarreta os riscos do sincretismo, ou seja, o risco de uma mistura sem coerência, de uma sopa de várias disciplinas e tradições de pesquisa.

Todas essas limitações são válidas, mas devem ser consideradas na perspectiva do objetivo da obra, que procura delimitar e participar na autonomização de um campo de pesquisa, mostrando sua especificidade, sua singularidade por meio da particularidade do seu questionamento. No entanto, em resposta a essas limitações, há um trabalho a ser feito para esclarecer melhor como esse panorama pode de fato prestar-se a um uso organizado para uma finalidade específica. O objetivo deste capítulo é, portanto, lançar alguma luz sobre esse assunto, da seguinte forma:

- Organizando a diversidade dos estudos introduzidos com base em alguns critérios e em uma cartografia, a fim de permanecer atento às especificidades e nuances dos estudos produzidos entre e dentro das categorias aqui propostas.
- Concretizando a estratégia de “religação” ou “convergência” subjacente a esse esforço interdisciplinar, mostrando a variedade e ao mesmo tempo a complementaridade dos atores, situações e artefatos analisados nas diferentes disciplinas e tradições de pesquisa.

- Identificando temas comuns que emergem entre os quatro agrupamentos propostos e que permitem construir pontes, aqui particularmente, para além da complexidade, a noção de construção de segurança.

## Uma ferramenta cartográfica

Antes de mais nada, uma primeira etapa pode consistir em dotar-se dos meios para diferenciar a multiplicidade de estudos identificados. A cartografia agora apresentada pode ajudar a evitar a armadilha do sincretismo e a esclarecer o que é razoavelmente possível de ser feito em termos da transição da multidisciplinaridade para a interdisciplinaridade. De fato, dentro dos quatro agrupamentos propostos, há variações muito grandes entre os trabalhos. Por exemplo, na categoria “organização”, encontramos autores que propõem modelos de carácter normativo para a investigação de acidentes, com base em uma articulação de princípios de gestão (métodos, práticas, etc.) identificados em diferentes organizações de risco, com uma orientação, portanto, bastante administrativa.<sup>1</sup>

No entanto, nessa mesma categoria, outros autores estudam empiricamente o funcionamento diário das organizações, sob um ângulo etnográfico. Esses autores problematizam bastante a passagem da descrição para a prescrição, sob o argumento da neutralidade axiológica, para evitar produzir enunciados com carácter normativo.<sup>2</sup> Esses dois tipos de trabalho, agrupados na mesma categoria, uma vez que abrangem o mesmo campo (neste caso, a “organização”), baseiam-se, no entanto, em posturas muito contrastantes. Ao generalizar esse exemplo, que é válido para todos os estudos mencionados, é preciso dizer que essas quatro categorias não são homogêneas em todos os níveis, e que dentro desses agrupamentos coexistem uma grande gama de métodos, modelos, situações de pesquisa e finalidades.

A fim de fornecer os meios para manter as nuances mínimas necessárias, propõe-se a seguinte cartografia (Figura 4.1). Baseia-se na distinção entre:

- 1) o carácter descritivo ou normativo dos trabalhos;
- 2) o estudo no dia a dia ou pós-acidente;
- 3) o posicionamento dos estudos, entre os níveis micro-meso ou macro, distinguindo entre:
  - a) abordagens que procuram ligar níveis de análise;
  - b) abordagens que se situam mais no mesmo nível de análise.

O primeiro critério retoma uma distinção clássica entre os posicionamentos descritivo e normativo. Essa distinção é importante em um campo de pesquisa em que a procura de soluções, ou seja, uma abordagem normativa, é muito forte por parte das empresas e autoridades envolvidas na gestão de riscos.

O segundo critério retoma uma distinção igualmente clássica entre o estudo dos sistemas no dia a dia e o estudo de acidentes. Esses dois tipos de posturas empíricas são encontrados nas quatro categorias introduzidas na visão geral, mas têm sido particularmente debatidos no campo dos estudos sobre os erros, mas também sobre as organizações, como já vimos. Apresentados graficamente, esses dois primeiros critérios delimitam quatro espaços resumidos com as seguintes fórmulas: “deveria ter sido” (normativo após acidente), “foi” (descrição após acidente), “é” (descrição no dia a dia) e “deveria ser” (normativo do dia a dia).

Por fim, o último critério retoma uma distinção também clássica entre níveis de estudo micro, meso e macro. O micro refere-se a estudos localizados das situações de trabalho o mais próximo possível das situações de risco, bem como dos coletivos implicados. O meso diz respeito a um nível de estudo mais organizacional, com uma empresa, por exemplo, enquanto o macro se abre a outros horizontes, entre os quais a regulamentação ou as políticas públicas. No encontro desses critérios estão localizados diferentes autores, pertencentes a diferentes tradições.

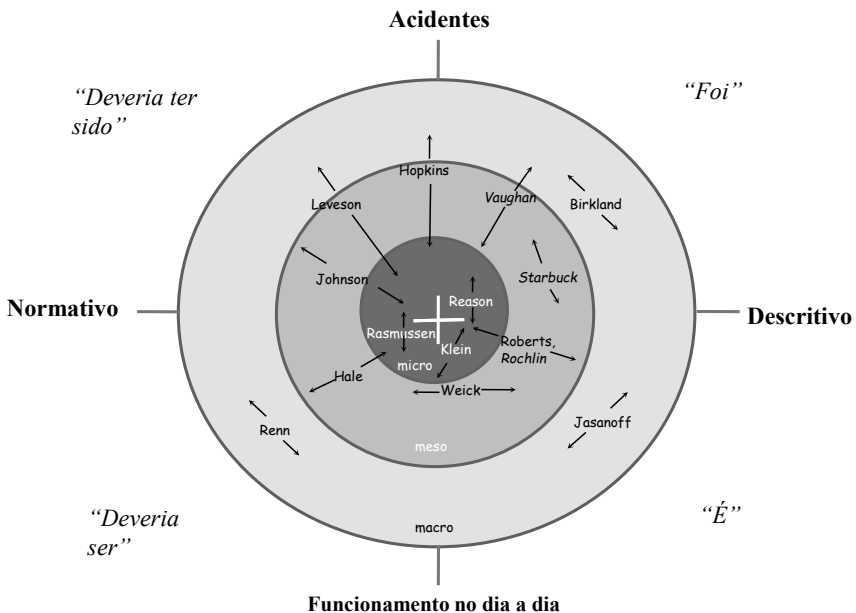
Por exemplo, os trabalhos de Jens Rasmussen no campo da engenharia cognitiva têm por objetivo produzir recomendações de caráter normativo para o *design* de interfaces homem-máquina.<sup>3</sup> Para tal, utiliza estudos empíricos de natureza descritiva, em situações reais mais do que laboratoriais. Em relação à representação proposta, seu objetivo é normativo, especialmente para o funcionamento no dia a dia (desenvolvimento de princípios de *design*), e isso em nível micro. Ele estuda os operadores e produz, com base nas possibilidades oferecidas pela informática, prescrições para a criação e especificações de interfaces. As contribuições de Gary Klein, pelo contrário, são pouco prescritivas, uma vez que ele procura definir melhor os processos de tomada de decisão em operadores que enfrentam situações complexas e dinâmicas (por exemplo, bombeiros, enfermeiros, militares), embora sempre, como Jens Rasmussen, em nível micro.

Tomemos outro exemplo. As investigações de acidentes de Andrew Hopkins são descritivas, mas também têm um caráter normativo quando ele propõe comparar as práticas encontradas em diversos setores industriais a fim de fornecer soluções às empresas com base nas suas conclusões.<sup>4</sup> O seu nível



de análise situa-se entre o micro e o meso, levando em conta em algumas investigações as autoridades de controle a nível macro.<sup>5</sup> Portanto, posiciona-se na cartografia a meio caminho entre o descritivo e o normativo, e as duas setas associadas indicam que procura captar as ligações micro, meso e macro (quando essas setas estão localizadas em um único círculo, o correspondente autor favorece um único nível de análise). Diane Vaughan, ao contrário de Andrew Hopkins, não propõe vias normativas, nem faz uma comparação com as práticas de prevenção de outros sistemas para oferecer vias de melhoria para aNasa.<sup>6</sup> Situa-se, portanto, no domínio descritivo, pós-acidente, com um trabalho empírico que liga os níveis micro-meso-macro.

Aplicando esse princípio a vários autores selecionados na retrospectiva para fins ilustrativos, obtém-se a seguinte figura (Figura 4.1). Evidentemente, trata-se de uma representação um tanto simplista, permitindo destacar apenas parte do que caracteriza essa diversidade, deixando em segundo plano, por exemplo, os setores industriais envolvidos nos estudos desses autores. No entanto, seu objetivo é dar uma resposta inicial a uma objeção que uma leitura panorâmica pode inspirar à primeira vista, sobre o risco de um sincretismo que nivelaria a diversidade dos estudos citados.



**Figura 4.1** Cartografia (em forma de alvo) mostrando a grande heterogeneidade dos trabalhos

Essa cartografia ajuda a nos mantermos cientes que uma abordagem não mais disciplinar ou multidisciplinar, mas interdisciplinar, só pode ser feita a partir de uma boa compreensão da particularidade da orientação de cada um desses trabalhos. Para além de uma simples enumeração, só pode tratar-se de uma abordagem que identifique as compatibilidades e incompatibilidades das diferentes contribuições.

## Uma estratégia de religação ou convergência

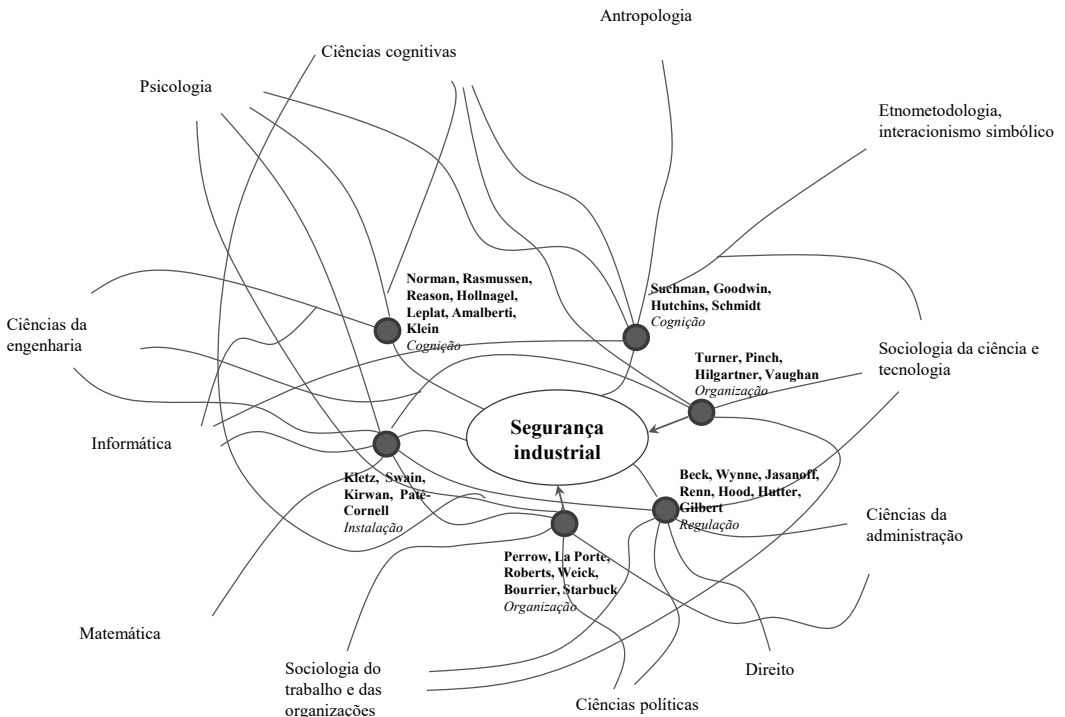
Em segundo lugar, ao contrário da Figura 2.2 no Capítulo 2, que insiste graficamente na autonomização das disciplinas ou tradições de pesquisa e sua relativa independência (uso de linhas paralelas que não se cruzam no desenho), as Figuras 4.2 e 4.3 sugerem visualmente a direção que foi seguida e será mantida. Essas figuras não procuram ser exaustivas, o que seria muito difícil, e sim indicar grupos bastante homogêneos em torno das categorias propostas (instalação, cognição, organização, regulação), sugerindo ao mesmo tempo que se comuniquem mais.

Em vez de se deter na constatação de uma profusão de disciplinas e tradições de pesquisa que pouco falam umas com as outras, a iniciativa consiste em mostrar como cada uma delas lança uma luz diferente sobre a problemática da segurança industrial. Estão unidas, portanto, pelo interesse no tema da segurança industrial (simbolizado pelo oval numa posição central nas Figuras 4.2 e 4.3), porém tendo diferentes pontos de partida (as disciplinas no limite do desenho da Figura 4.2) e de chegada, embora todos os trabalhos tratem da segurança industrial (Figura 4.3).

Essas ilustrações e a ambição de reunir disciplinas e tradições de pesquisa inspiram-se na noção de convergência proposta por Mario Bunge, filósofo da ciência apresentado no capítulo anterior por suas críticas ao reducionismo e aos reducionismos. Se ignorarmos as diferenças de pano de fundo filosófico, nomeadamente sobre a questão do realismo, esse termo de convergência é quase equivalente ao princípio de religação de Edgar Morin, mas talvez sugira ainda mais a ideia de orientação para um objeto ou projeto.

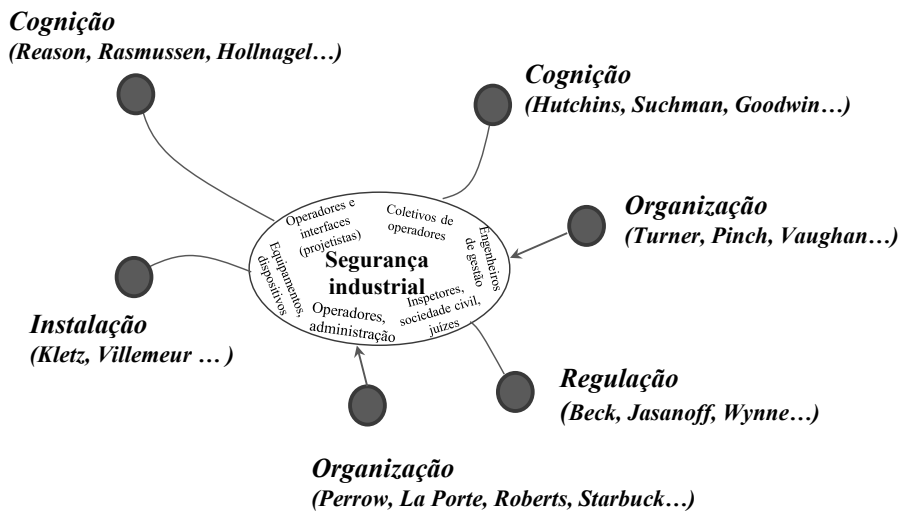
Os pontos azuis, acompanhados na Figura 4.2 por alguns nomes, indicam os autores fundadores apresentados no capítulo anterior que contribuíram para forjar *insights* específicos dentro de disciplinas ou tradições de pesquisa sobre segurança industrial, agrupados nas quatro categorias. Como já foi sugerido nesta obra em vários lugares (final do Capítulo 1, final do Capítulo 2), uma

primeira estratégia apropriada de convergência ou religação consiste em sublinhar que esses autores se interessam por atores, situações e artefatos relativamente seletivos.



**Figura 4.2** Convergência ou religação de disciplinas ou tradições de pesquisa, primeira vista

No entanto, todos esses atores, situações e artefatos estão envolvidos, em diferentes graus, na segurança industrial. Isso é o que a Figura 4.3 procura representar. A ideia aqui não é tentar seguir todos os vínculos sugeridos linha a linha, e sim mostrar que as disciplinas e tradições apresentam um conjunto bastante complexo de influências cruzadas (circulação de conceitos discutidos no Capítulo 2, Figura 2.2) e que isso, de fato, as conduz a se interessar na segurança industrial através de ângulos, atores, situações e artefatos específicos.



**Figura 4.3** Convergência ou religação de disciplinas (tradições de pesquisa), segunda vista

No campo da engenharia cognitiva ou do trabalho cooperativo assistido por computador (agrupados na categoria “cognição”, mas distinguidos nas Figuras 4.3 e 4.4 para ter em conta suas diferentes origens), os operadores e designers são, de fato, simultaneamente estudados e visados pelas prescrições produzidas nesses trabalhos. No campo dos estudos sobre decisões estratégicas nas ciências da administração (categoria “organização”), são sobretudo os gestores e cargos de responsabilidade nas empresas os que entram na análise dos pesquisadores, enquanto nos trabalhos de sociologia da ciência e da tecnologia (categoria “organização”) são sobretudo os engenheiros ativos, lidando com as incertezas dos seus artefatos, que são objeto de descrição e teorização.

No caso dos fiscais das autoridades de controle, especialistas ou atores da sociedade civil, bem como juizes que interagem com atores do Estado ou da indústria, eles são estudados em trabalhos de ciências políticas e sociologia da ação pública ou do direito (categoria “regulação”), enquanto os chefes de departamentos, líderes de equipe e operadores tendem a ser estudados pela sociologia do trabalho ou das organizações (categoria “organização”). Esses poucos exemplos não pretendem, evidentemente, sintetizar a contribuição dessas disciplinas ou tradições de pesquisa. Os focos de interesse delas, em certos atores, situações e artefatos, são bastante indicativos, mas nunca exclusivos, não envolvendo delimitações muito rigorosas. Na Figura 4.3, esses focos de

interesses são representados por linhas em torno da “segurança industrial” no oval central. Os atores, situações e artefatos associados são indicados no oval.

Assim, ao especificar essas tendências e focos dominantes, ou seja, os atores, situações e artefatos mais visados e estudados, começam a surgir complementaridades por trás da diversidade de tradições de pesquisa. É essa estratégia de convergência ou religação que deve permitir fomentar o diálogo e a articulação interdisciplinar. Esse trabalho continua na próxima seção.

## A construção da segurança, um tema transversal

Embora seja múltiplo o campo dos estudos sobre segurança industrial, como acaba de ser mostrado, e por isso seja preciso avançar cautelosamente em uma abordagem que investiga as articulações, existe, no entanto, uma postura ou tema particularmente favorecido e transversal: a proposta de que a segurança é uma construção. Esse tema construtivista é de fato visível em muitos dos autores citados. Como resultado, muitos objetos relacionados com a segurança industrial foram e são analisados como construções, cognitivas ou sociais, mas também artefatos. É o caso da análise de risco, confiabilidade organizacional, erros e redes sociotécnicas. Vamos ilustrar isso por meio de alguns dos autores identificados na retrospectiva, e, em seguida, voltaremos brevemente aos antecedentes que influenciaram a formulação dessas perspectivas.

Sobre métodos de análise de risco, Sheila Jasanoff escreveu que “o risco é um constructo que projetamos, dentro dos limites da nossa imaginação, no mundo à nossa volta”.<sup>7</sup> Karl Weick tem comentários parecidos para outro objeto de estudo, olhando para outra situação, no campo da confiabilidade organizacional:

Os controladores de tráfego aéreo também podem manter os aviões no solo, atrasá-los, acelerá-los, fazê-los girar antes, alinhá-los antes, empilhá-los, ou recusar-se a fazê-lo, tudo para construir um entorno em que a confiabilidade seja maior [...] quando os indivíduos constroem o seu entorno, criam problemas e soluções.<sup>8</sup>

Mathilde Bourrier tem uma posição semelhante: “uma vez que a confiabilidade organizacional é construída socialmente, mantenho que a sua inteligibilidade não pode prescindir de um estudo aprofundado das interações sociais e da identificação das estratégias dos atores”.<sup>9</sup>

O estudo dos erros está, também ele, atingido por um padrão construtivista, e Sidney Dekker é quem o formula: “A realidade de um ‘erro de procedimento’, em outras palavras, é construída socialmente. Ela é elaborada e dependente de modelos e paradigmas que têm evoluído por meio do consenso dentro das comunidades”.<sup>10</sup> Quanto aos sistemas ou redes sociotécnicas, Stephen Hilgartner elabora o argumento de que “As lutas em torno da construção e controle de objetos de risco são fundamentalmente lutas relativas às redes sociotécnicas e sua configuração futura [...] Os riscos são constantemente construídos à medida que as redes sociotécnicas evoluem”.<sup>11</sup>

Outros autores poderiam ter sido trazidos à tona no contexto da retrospectiva, mas essas poucas citações são suficientes para sustentar a importância da leitura construtivista da segurança industrial e dos acidentes. As escolhas de citações decorrem principalmente dos diferentes objetos abordados sob o ângulo da construção da segurança, tanto no campo das chamadas ciências “duras” (análise de risco, tecnologia) como das ciências “moles” (erros, confiabilidade organizacional), e abrangem as diferentes categorias incluídas nesta obra. Todos esses autores extraem seus argumentos de um vasto conjunto de influências construtivistas que surgiram no final dos anos 1960 e novamente nos anos 1970 e 1980. Esses estudos se interessam por um grande número de temáticas.

## A diversidade de genealogias construtivistas

Essas genealogias foram iniciadas por várias obras e autores de referência, como os sociólogos Peter Berger e Thomas Luckmann,<sup>12</sup> o psicólogo do desenvolvimento e epistemólogo Jean Piaget,<sup>13</sup> o físico e ciberneticista Heinz von Foerster,<sup>14</sup> o psicossociólogo Karl Weick,<sup>15</sup> os sociólogos organizacionais Michel Crozier e Erhard Friedberg,<sup>16</sup> os sociólogos e antropólogos da ciência Bruno Latour e Steve Woolgar,<sup>17</sup> o historiador da tecnologia Thomas Hughes<sup>18</sup> ou ainda o psicólogo cognitivo Ulrich Neisser.<sup>19</sup> Dadas todas essas fontes, é difícil reunir tantas sensibilidades sob a mesma bandeira de forma não qualificada. Retomemos e explicitemos muito brevemente, sem ir muito longe, algumas dessas diferentes posições, a fim de criar um espaço que nos permita delimitar uma postura no que diz respeito à ideia de construção da segurança.

Peter Berger e Thomas Luckmann, sociólogos do conhecimento, baseiam o construtivismo social na combinação de duas ideias. A primeira é a distinção entre natureza e cultura; a construção social indica essa esfera que separa,

nomeadamente por meio da linguagem, o reino animal do reino humano, o que mina qualquer fundamento de causalidade biológica que explicaria a possibilidade de leis “naturais” que se aplicariam no domínio social. A realidade é, nesse sentido, construída socialmente, ou seja, não determinada pela natureza. A segunda ideia é a de uma realidade subjetiva (cognitiva) construída pelos homens nas suas interações, realidade que se institucionaliza para se tornar, em sentido inverso, em um movimento de natureza dialética, uma restrição social e objetiva da ação desses mesmos homens. A questão do poder e da crítica é assim central na medida em que a construção dos marcos que constroem o social não é dada, mas é o produto contingente de momentos e dinâmicas históricas, relacionando várias visões do mundo que estão potencialmente em competição.

Ulrich Neisser, um psicólogo cognitivo, usa a noção de construtivismo de outro psicólogo, Frederic Bartlett,<sup>20</sup> para corroborar o papel ativo desempenhado pela cognição humana na percepção do ambiente. Ao contrário do paradigma behaviorista, mas também informacional, os estímulos não são recebidos passivamente, e sim ativamente selecionados com base em esquemas ou roteiros que mobilizam experiências passadas. Mais tarde ele se volta para os chamados trabalhos de psicologia ecológica impulsionada pelo psicólogo James Gibson para apoiar uma alternativa ao paradigma cognitivista informacional, ancorando-a no binômio cognição direta/ambiente, na *affordance*, não mediada por símbolos.

Para Jean Piaget, biólogo, psicólogo do desenvolvimento e filósofo, bem como para Heinz von Foerster, físico, ciberneta e filósofo, o construtivismo designa uma teoria epistemológica para a qual o conhecimento deve ser considerado como uma construção da realidade em uma relação circular entre o sujeito e o objeto. O conhecimento corresponde a uma estabilização temporária entre a nossa ação sobre mundo e os reajustes em função dos nossos objetivos, uma leitura a partir da qual Ernst von Glasersfeld, psicólogo e epistemólogo, desenvolveu um construtivismo radical,<sup>21</sup> bem como uma leitura que pode também ser considerada a de Edgar Morin,<sup>22</sup> ou de um ecoconstrutivismo segundo seus próprios termos.

Para Bruno Latour e Steve Woolgar, sociólogos, a ciência em construção, a ciência como construção social, resulta da circulação de inscrições e práticas experimentais em laboratórios, mobilizando uma série de técnicas, tecnologias e instrumentos. Essas experiências são objeto de controvérsia por meio de publicações científicas, que permitem a estabilização da sua interpretação do que é a “natureza”. A linha divisória entre os esquecidos na história da ciência

e aqueles que triunfaram sobre os segredos da natureza não indica uma maior racionalidade dos segundos em relação aos primeiros. Mais do que isso, é uma oportunidade para apreender melhor as dimensões materiais e sociais que jogaram a favor de uma versão dos fatos em vez de outra. A racionalidade não é pura, o acesso à realidade por meio da ciência não é fruto de uma projeção de uma mente racional e isolada sobre o mundo exterior, e sim de uma realidade científica socialmente construída, por meio de objetos e controvérsias, dentro de redes fora das quais a ciência não existe. O estudo da ciência no processo de construção evita assim o viés retrospectivo do historiador da ciência e respeita o que é definido pela sociologia construtivista como um princípio da simetria.<sup>23</sup>

Bruno Latour acrescenta a esse primeiro princípio de simetria um segundo princípio, que consiste em colocar os seres humanos e não humanos no mesmo nível, em um projeto de superação dos dualismos natureza/cultura e sujeito/objeto.<sup>24</sup> Participou então em uma nova orientação do campo do estudo das ciências (mas também do social) pelas ciências sociais, elaborando a noção de redes e de ator-rede (ou ainda uma sociologia da tradução).<sup>25</sup> Essa nova proposta de leitura do “social” baseia-se na descrição de associações entre entidades heterogêneas que formam redes mais ou menos estabilizadas. O poder já não é uma propriedade do “social”, mas de associações entre atores humanos e não humanos.

Essa proposta é de grande importância para as ciências sociais, que até agora não deram muito espaço aos objetos, artefatos<sup>26</sup> e, mais genericamente, à materialidade e natureza.<sup>27</sup> A parte do “social” na construção “social”, no sentido de uma restrição externa exercida sobre os sujeitos (em particular pelas estruturas que caracterizam a presença objetiva da “sociedade”, uma certa leitura do “macro”), é assim, nessa nova perspectiva, abandonada (ou pelo menos largamente questionada como princípio explicativo fundamental). Os avanços científicos, mas também a tecnologia (e, em geral, o “social”) são de fato construções, mas construções descritas por meio de associações de entidades heterogêneas dentro de redes.

Por fim, o construtivismo de Karl Weick, psicossociólogo e filósofo, desenvolve-se no universo das ciências da administração e no estudo das organizações, favorecendo uma abordagem interacionista. Na leitura que ele propõe, os indivíduos, nas suas interações, contribuem para a criação de universos que, por sua vez, os limitam. Em uma causalidade circular de criação de sentido, que parte de uma leitura retrospectiva do engajamento ou ação dos indivíduos no seu mundo, Karl Weick fornece ideias particularmente novas no campo das organizações e das ciências da administração. Ele põe em questão tanto a



abordagem clássica de tomada de decisões como a busca objetivista de leis que possam ser aplicadas, a partir de um mimetismo com as ciências da natureza.<sup>28</sup>

No campo da sociologia das organizações, vale a pena notar a compatibilidade da noção de “constructo social” de Michel Crozier e Erhard Friedberg,<sup>29</sup> sociólogos organizacionais, com uma ancoragem mais próxima do individualismo metodológico, que também se enquadra bem na noção de contingência, de situações historicamente situadas, não determinadas e na mobilização da causalidade circular, sistêmica, a fim de compreender a utilização pelos atores do poder que detêm nas zonas de incerteza, a fim de elaborar margens de manobra em relação às suas estratégias. Essas situações de interações circulares entre atores formam sistemas de ação concretos. O radicalismo do construtivismo de Karl Weick é, no entanto, uma diferença em relação aos dois sociólogos.

Como podemos ver, essa variedade de construtivismos pode ser bastante desconcertante. Existem de fato alguns construtivismos mais radicais do que outros, quer cognitiva, quer socialmente. Em particular, alguns construtivismos representam fortes críticas à pretensão da ciência de dizer o verdadeiro, mas também representam propostas alternativas sobre o lugar dos artefatos ou objetos na constituição do cognitivo ou do social, em direção a pensamentos “ecologizados”. Essa heterogeneidade dos construtivismos levou o filósofo da ciência Ian Hacking a fazer a pergunta de “a construção social de quê?”,<sup>30</sup> estabelecendo em particular uma distinção entre fenômenos sociais e não sociais, sendo os primeiros capazes de reagir aos constructos a que estão sujeitos, os segundos não. Por outro lado, o sociólogo Razmig Keucheyan chega a se perguntar “Como se pode ser construtivista?”, não para rejeitar essa postura, senão para mostrar a grande variedade dessas correntes nas ciências sociais.<sup>31</sup>

É evidente que todos esses construtivismos estão no centro de muitas tensões cognitivas, sociológicas e filosóficas, como nas questões de realismo e antirrealismo, de autonomia do social em relação ao biológico, do estatuto a ser concedido a entidades não humanas, o lugar do sujeito na sociedade, ou ainda o lugar da crítica e do poder. Alguns autores, incluindo Sergio Sismondo, filósofo e sociólogo da ciência e tecnologia, propõem aceitar e conviver com a heterogeneidade de olhares (socio)construtivistas disponíveis, a diversidade dos objetos considerados e sua forma de abordá-los, que podem ser humanos, materiais (não humanos) ou conceituais.<sup>32</sup> É essa opção que aqui se propõe, embora com alguns esclarecimentos.

## Um construtivismo “aberto e composto”

Como vemos, entrar no universo do construtivismo leva a se fazer perguntas sobre a figura do indivíduo, do sujeito ou do ator nas suas relações com o mundo, não apenas social, mas também biológico, ecológico, material e tecnológico, envolvendo os repertórios de leitura utilizados nas ciências sociais. Aproveitando a virtude da bricolagem, comparada ao “pensamento complexo” em uma obra coletiva dirigida pelos sociólogos Florence Odin e Christian Thudéroz<sup>33</sup> em homenagem a Claude Lévi-Strauss, proponho arranjar uma postura construtivista que combine várias sensibilidades com base em algumas adaptações conceituais, no que chamarei “construtivismo aberto e composto”. Uma primeira contribuição-chave dos estudos construtivistas é a proposta de Thomas Luckmann e Peter Berger de um encaixe dinâmico entre indivíduos e sociedades, também teorizado por Anthony Giddens<sup>34</sup> com a noção de estruturação, relacionado com as ideias de auto-organização no plano do acoplamento micro-macrossocial e com as habilidades cognitivas dos atores<sup>35</sup> (atualizadas em particular pela etnometodologia e pelo interacionismo simbólico).<sup>36</sup>

Essas leituras do social deixam espaço para a questão do poder e da crítica dos arcabouços que restringem a ação social. Não manejam argumentos antirrealistas ou relativistas, como fazem os sociólogos construtivistas da ciência, mas deixam espaço para a reflexividade do pesquisador e sua interação com o mundo social externo (especialmente em Anthony Giddens, que descreveu esse aspecto como uma “dupla hermenêutica”). Podemos considerar associadas às contribuições de Michel Crozier e Karl Weick, com diferenças já introduzidas anteriormente.

Em segundo lugar, podemos considerar que uma das contribuições essenciais desses estudos construtivistas, sob o impulso de Bruno Latour em particular, é o novo lugar atribuído às inscrições, objetos, instrumentos ou entidades em nossa relação com o mundo, por meio de redes constituídas por entidades heterogêneas, humanas e não humanas, em uma rejeição dos dualismos natureza/cultura e sujeito/objeto, fazendo um esforço cuidadoso para se desfazer das distinções entre ciências “duras” e “moles”, em benefício das humanidades científicas. Uma terceira contribuição construtivista é a combinação de um laço circular, auto-organizacional ou de desenvolvimento, extraída das propostas de Jean Piaget ou Heinz von Foerster, teorizada antropológica e filosoficamente na forma do *loop* de Edgar Morin (Figura 3.3, Capítulo 3).

Um *loop* circular, como se viu, ligando natureza/cultura e sujeito/objeto permite-lhe pensar em relações ecoconstrutivistas entre natureza, homem,

ciência e sociedade sobre as bases da complexidade. Encontramos, portanto, a causalidade circular de natureza auto-organizativa entre indivíduos e sociedades, porém em uma perspectiva ecologizada e não objetivista, no sentido de uma impossível separação do sujeito e do objeto, dos fatos e dos valores, no ato de conhecimento. De acordo com essa postura, cada ponto de vista revela concepções filosóficas mais ou menos explícitas sobre os fenômenos, das quais não poderíamos nos desfazer para alcançar objetivamente as coisas.

No entanto, cada uma dessas três contribuições tomadas de forma independente é insuficiente à sua maneira para chegar a um construtivismo capaz de capturar a diversidade de objetos que podem enquadrar-se no tema da construção da segurança industrial, daí a necessidade de bricolagem, comparando os diferentes construtivismos, escolhendo certas opções e combinando-as. Assim, com Bruno Latour, as redes que nos permitem pensar as associações heterogêneas estão lá, mas o sujeito (com suas habilidades) é deixado em segundo plano e as causalidades circulares e auto-organizacionais não são mobilizadas. Com Peter Berger e Thomas Luckmann (e depois Anthony Giddens), encontramos novamente a circularidade da auto-organização e um lugar essencial atribuído à atividade cognitiva dos indivíduos (aos sujeitos) bem como a problemática do poder, mas, dessa vez, sem ancoragens biológicas e ecológicas de fundo (pelo enraizamento no vivente ou por intermédio de entidades heterogêneas, estando esses autores mais situados na herança das ciências sociais que distinguem entre natureza e cultura). O mesmo se aplica a Michel Crozier e Erhard Friedberg.

Com Karl Weick, temos sujeitos lidando com o mundo por meio da criação de sentido e suas interações simbólicas recíprocas, mas as estruturas no sentido de instituições e de socialização desaparecem, os objetos (não humanos) estão quase ausentes e a questão do poder fica em segundo plano. Finalmente, com Edgar Morin, temos uma forma de pensar que nos ancora na natureza, ao mesmo tempo que ressitua a especificidade do homem como sujeito-indivíduo (enraizado na biologia),<sup>37</sup> e não negligencia um olhar crítico sobre a sociedade, com seus conflitos e poder. No entanto, ficam ausentes os objetos e inscrições que permitem a criação de associações de entidades heterogêneas para (re) pensar o social e ecologizar a nossa relação com o mundo.<sup>38</sup>

É tentador operar e combinar várias dessas facetas para tirar partido da panóplia de olhares construtivistas sobre segurança. De fato, os exemplos escolhidos anteriormente, ou seja, as análises de risco de Sheila Jasanoff, redes sociotécnicas de Stephen Hilgartner, erros de Sidney Dekker ou confiabilidade organizacional de Karl Weick ou Mathilde Bourrier, remetem a algumas das

dimensões aqui selecionadas, porém sempre de forma limitada em relação à gama de universos construtivistas indicados.

Uma citação pode ajudar a se orientar e esclarecer a bricolagem aqui proposta. Em um determinado momento em que o antropólogo e filósofo da ciência Bruno Latour tentava situar sua própria contribuição no campo das ciências sociais e demarcar o seu programa de “não modernidade”, ele utilizou algumas palavras-chave que lhe permitiam se orientar e posicionar no espaço da teorização social: “mais flexível que a noção de sistema, mais histórica que a de estrutura, mais empírica que a de complexidade, a rede é o fio de Ariadne dessas histórias misturadas”.<sup>39</sup> Nessa citação, podemos razoavelmente supor que ele está se referindo, respectivamente, às contribuições de Michel Crozier (sistema), Pierre Bourdieu (estrutura) e Edgar Morin (complexidade).

O que se propõe aqui é recomençar a partir dessa citação, porém questionando as exclusões que ela implica. É certamente possível pensar que tal esforço de demarcação por parte de Bruno Latour é de alguma forma necessário para destacar a originalidade do discurso e não ser assimilado por correntes existentes. No entanto, essa estratégia também tem suas limitações. Em particular, parece excluir a possibilidade de compatibilidades ou pontes entre as teorizações sociais por ele indicadas (teorizações, por outro lado, consideravelmente debatidas e modificadas desde então). Por conseguinte, em vez de seguir Bruno Latour, em sua tentativa que opta por limitar ao conceito de rede<sup>40</sup> as possibilidades de interpretação da profusa realidade empírica dos fenômenos, a bricolagem aqui proposta consiste, pelo contrário, em:

- manter o lugar das socializações na trajetória dos indivíduos, e manejar a crítica quando pareça necessária (sem determinismo sociológico, nem chance de observação sobressalente, supostamente neutra e objetiva em relação ao social);
- manter a figura dos atores estratégicos (competentes, portanto, mas de racionalidade limitada) e as zonas de incerteza que são capazes de apreender para aproveitar ao máximo tanto os recursos quanto as limitações, o poder, de que dispõem nas suas negociações (o ator estrategista não sendo utilitarista, e sim aberto, por exemplo, a dar);
- manter a emergência e a existência irreduzível de um indivíduo-sujeito por meio de um enraizamento bioantropológico (que exige a manutenção, hoje, de uma troca com os desenvolvimentos contemporâneos das ciências) dentro de uma teia de interações causais circulares e (hiper)

complexas ecológicas, não determinística, criando incerteza, com potencialidade de eventos, ligando natureza e cultura, sujeito e objeto.

Para resumir, portanto, neste construtivismo aberto e composto, trata-se de:

- pensar a interação dos indivíduos-sujeitos com suas competências (cognitivas e sociais) e possibilidades de diferentes formas de ação, sem deixar de
- considerar seu enraizamento em uma abordagem ecológica das ciências humanas e sociais que reconheça:
  - a interação (desenvolvimental) dos componentes genéticos, neurológicos, práxicos, simbólicos e culturais dentro de ecossistemas constituídos e de
  - entidades heterogêneas, incluindo inscrições ou artefatos, e isso sem ocultar,
- nem as influências exercidas por socializações ou instituições;
- nem as fontes de poder que permitem, mas também limitam, a ação dos atores, enquanto
- se preserva a fecundidade heurística da causalidade circular e complexa entre essas múltiplas dimensões para pensar a imprevisibilidade, o evento e o contingente da dinâmica resultante,
- em uma postura que reconheça que o homem e a sociedade estão, de fato, enraizados na natureza com a impossibilidade, em termos de conhecimento, de alcançar cognitivamente ou socialmente uma realidade externa que seria dada, ou seja,
- mantendo, sim, o projeto das posturas antidualistas sobre natureza e cultura, bem como sujeito e objeto, a nível antropológico e filosófico, e isso, portanto,
- sem conceder um *status* de observadores externos e neutros aos cientistas que procuram dar razão empiricamente dessas realidades.

Essa bricolagem não deve surpreender nem confundir. Outros autores foram e são levados a proceder assim e achar a forma de se adaptar à complexidade da realidade. Como disse Dominique Pestre:

O risco é, verdadeiramente, de fragmentação, de perda da (sacrossanta) coerência. Mas virar as costas à complexidade intrínseca do mundo não

é a solução, todos concordamos – e talvez seja preferível uma gama de imagens construídas e pressupostos que permitem uma melhor apreensão, a um esboço metodologicamente impecável, porém enviesado e infiel demais à variedade de situações e valores.<sup>41</sup>

Proponho aqui alguns exemplos de autores, sem pretensão de exaustividade nem organização particular, que, a meu ver, se situam nesse tipo de “construtivismo aberto e composto”. O conceito de “sujeito distribuído-centrado” desenvolvido pela filósofa e socióloga Hélène Mialet sobre casos empíricos, incluindo o físico Stephen Hawking, é um bom exemplo de combinação de abordagens construtivistas para pensar de uma forma composta a criatividade de um sujeito e suas ligações sociais e materiais.<sup>42</sup>

Embora a criatividade seja frequentemente vista como o resultado de um ato cognitivo de um sujeito isolado, ela mostra como é possível, pelo contrário, atestar por meio de estudo empírico como esse ato pode ser reintegrado em uma ecologia corporal, material e social mais ampla.

Que tipo de sujeito será constituído em um contexto de conhecimento onde o conhecimento é ação e não mais contemplação [...] Um sujeito mais próximo da ação sem sujeito do estruturalismo do que do humanismo clássico [...] mais próximo do ator-rede do que do sujeito do estruturalismo [...] mais próximo do ator da psicologia [...] do que do ator-rede, uma espécie de figura cubista [...] Eu o nomeei como ator distribuído-centrado.<sup>43</sup>

O trabalho de Peter Galison na história da ciência sobre Albert Einstein e Henri Poincaré é também particularmente aberto e composto.<sup>44</sup> Nesse estudo, o historiador mostra como os dois cientistas se inscrevem no seu século, com questionamentos industriais e tecnológicos da época ligados ao desenvolvimento das redes ferroviárias, bem como dos cabos submarinos entre os continentes. Esses desenvolvimentos tecnológicos implicam novas questões sobre o tempo, particularmente em relação à sincronização dos relógios quando se trata de ter em conta o tempo de transmissão do sinal elétrico entre locais geograficamente distantes. Mas os contextos institucionais, nacionais, bem como as experiências, socializações e personalidades dos dois cientistas, também contribuem para forjar estilos de prática científica específicos. Todos esses elementos permitem compreender melhor as contribuições dos cientistas para a reconsideração do tempo. É Bruno Latour quem nos dá uma descrição sucinta delas, em uma entrevista com o sociólogo François Ewald.

Entre a história da física de Bachelard e os grandes aceleradores da física de partículas de Galison, famoso historiador da ciência, a diferença de tom é imensa. Este último estudará os instrumentos, as lutas de poder entre pesquisadores, as práticas na produção de algoritmos e na escritura de equações, mas também as máquinas, a ideologia, a infância dos pesquisadores etc. Uma gama muito maior e heterogênea de seres irá povoar essa história em comparação com as narrativas ou ideias científicas dos historiadores.<sup>45</sup>

Isso não deve surpreender, uma vez que, segundo Bruno Latour, “pilhagem e bricolagem” são “as duas mamãs do trabalho intelectual”.<sup>46</sup> Por outro lado, Peter Galison também ofereceu análises de relatórios de acidentes do National Transportation Safety Board (NTSB, a agência americana de investigação na área de transporte) nas quais assinala que “encontramos nas análises de sistemas ou de redes uma compreensão da natureza interligada de instituições, indivíduos, filosofias, cultura profissional e objetos”.<sup>47</sup>

O campo dos *workplace studies* é também um caldeirão de culturas, tanto empírico como teórico, que mobilizou várias contribuições construtivistas de uma forma combinada, dando espaço aos artefatos mas também aos sujeitos em suas múltiplas interações. Nessa ocasião, várias facetas tratadas por diferentes correntes são conservadas e relacionadas.<sup>48</sup> Outro exemplo é Andrew Pickering, um sociólogo da ciência, que propõe uma aproximação das perspectivas construtivistas iniciadas pela sociologia da ciência e das técnicas do ator-rede com as ciências cognitivas baseadas em paradigmas alternativos ao processamento da informação dos primórdios da inteligência artificial, com Ross Ashby, nomeadamente, mas também, em segundo plano, a abordagem da enação e construtivista de Francisco Varela.<sup>49</sup> Poderíamos citar Andy Clark, cujos trabalhos são de uma sensibilidade bastante próxima, em última análise, por seu seguimento das orientações de Francisco Varela,<sup>50</sup> mas sem mobilizar as sociologias da ciência. Nas ciências cognitivas ele é um dos arquitetos da cognição ampliada (*extended mind*), ou seja, uma cognição que leva em consideração as interações e retroalimentações (*feedbacks*) de caráter desenvolvimental e complexo entre o corpo, os artefatos externos (materiais e simbólicos, incluindo a linguagem) e a mente.<sup>51</sup> O seu trabalho é relacionado frequentemente com a cognição distribuída, cujas filiações já foram introduzidas (no Capítulo 2, categoria “cognição”).

É nessa perspectiva que se deve compreender o construtivismo aberto e composto que estamos armando aqui. Serve de apoio a uma versão fundamentada

da noção de construção da segurança, em que se podem encontrar entidades heterogêneas dentro das redes (por exemplo, Stephen Hilgartner e sua abordagem sociotécnica do risco), constructos institucionalizados que geram restrições sobre o real (como no tratamento dos erros humanos instituído por modelos e métodos produzidos por psicólogos, descrito por Sidney Dekker), sujeitos que são especialistas (operadores ou engenheiros) na sua área de competência e lidam com artefatos (controladores de tráfego aéreo com seus aviões, para Karl Weick), com as análises de risco (engenheiros e especialistas de Sheila Jasanoff), com as estratégias de outros atores dentro de constructos sociais (operadores e criadores de regras de Mathilde Bourrier), e, claro, a normalização do desvio, de Diane Vaughan, que veremos com mais detalhe no próximo capítulo. A partir dessa base vamos reter, portanto, a noção de “atores, situações e artefatos” como unidade de análise empírica e de conceituação.

## Em resumo

Este capítulo tinha por objetivo continuar avançando na ambição interdisciplinar, especificando como o conjunto de materiais, organizado inicialmente de forma temporal e em quatro categorias no Capítulo 2, poderia ser trabalhado para melhor delimitar o terreno. Em primeiro lugar, é necessário resgatar a diversidade de posturas, projetos e níveis de análise que todas as pesquisas agrupadas proporcionam dentro e entre as quatro categorias propostas. Esse primeiro ponto evita a armadilha de uma indiferenciação dos aportes que contribuiria para esmagar as nuances, as quais devem evidentemente ser mantidas em nossa mente para não cair no sincretismo (Figura 4.1).

Em segundo lugar, a estratégia proposta de convergência ou de religação consiste em destacar os atores, situações e artefatos privilegiados pelas diferentes disciplinas e tradições de pesquisa. Essa convergência permite mostrar que, para a segurança industrial e os acidentes, estão disponíveis várias fontes de dados empíricos e teóricos em relação ao trabalho e situação dos fiscais das autoridades de controle, gestores, operadores, projetistas ou mesmo engenheiros (Figuras 4.2 e 4.3).

Em terceiro lugar, o tema da construção da segurança é transversal às diferentes categorias e baseia-se em diferentes concepções que podem ser agrupadas em um construtivismo aberto e composto que foi discutido. Com essas três etapas, a temática da segurança industrial alcança um grau de autonomia superior ao que tinha até agora, correspondente ao panorama do Capítulo 2.



Mas é preciso ir mais longe ainda para dotarmos dos meios para coordenar os pontos de vista heterogêneos no que diz respeito ao objeto da segurança industrial e seu projeto de avaliação. Para tanto, precisamos nos interrogar sobre os modelos.

## Notas

1. W.G. Johnson (1973); N. Leveson et al. (2005).
2. G.I. Rochlin (2011).
3. J. Rasmussen (1980, 1986).
4. A. Hopkins (2000, 2008).
5. As distinções micro/meso/macro utilizadas nesse esquema indicam principalmente os atores, situações e artefatos estudados pelas diferentes disciplinas e tradições de pesquisa. Não se referem à problemática micro/macro da sociologia, que é introduzida e discutida mais adiante neste capítulo.
6. D. Vaughan (1996, 2005).
7. S. Jasanoff (1993, p. 124).
8. K.E. Weick (1987, p. 138).
9. M. Bourrier (1999b, p. 45).
10. S. Dekker (2004, p. 52).
11. S. Hilgartner (1992, p. 54).
12. P.L. Berger & T. Luckman (1966).
13. J. Piaget (1967).
14. H. von Foerster (1973).
15. K.E. Weick (1969).
16. M. Crozier & E. Friedberg (1977); E. Friedberg (1993).
17. B. Latour & S. Woolgar (1978).
18. T. Hughes (1989).
19. U. Neisser (1967, 1976).
20. F.C. Bartlett (1932).
21. E. von Glasersfeld (1995).
22. J.-L. Le Moigne (2007).
23. Para uma apresentação desses princípios, ver D. Pestre (2006).
24. B. Latour (1991). Essa nova orientação tem sido o foco de debates ou comentários no campo dos S&TS (Schaffer & Latour, 1991; Collins & Yearley, 1992; Callon & Latour, 1992; Bloor, 1999; Latour, 1999a).
25. B. Latour (1984, 1987).
26. O número especial de *Raisons Pratiques* em 1993 atesta esse ponto de virada na França nas ciências cognitivas e sociais.
27. Ele então se junta, mas de forma diferente, ao esforço de Edgar Morin para fornecer princípios de um pensamento ecologizado, ou ainda o de Michel Serres, a quem está mais

- próximo (Serres & Latour, 1992). Enquanto Edgar Morin revela um ponto cego no pensamento sociológico, voltando a inscrever o homem e a sociedade em uma leitura cosmo-bio-antropológica, Bruno Latour indica um segundo ponto cego sociológico, desta vez a respeito da materialidade.
28. Essa postura não deixou de atrair críticas dentro das ciências da administração. L. Donaldson (1992).
  29. M. Crozier & E. Friedberg (1977); E. Friedberg (1993).
  30. I. Hacking (1999).
  31. R. Keucheyan (2012).
  32. S. Sismondo (1996, 2008).
  33. F. Odin & C. Thuderoy (2010).
  34. A. Giddens (1987).
  35. Philippe Corcuff agrupou a sociologia de Peter Berger e Thomas Luckmann com a de Anthony Giddens, mas também a de Pierre Bourdieu ou ainda a de Norbert Elias, sob a terminologia de “sociologias construtivistas”. O que elas têm em comum, apesar das muitas nuances que o autor indica, é que procuram encontrar vias antidualistas entre o individual e o coletivo, o subjetivo e o objetivo, o micro e o macro (Corcuff, 2004). Ele apresenta outros autores que se posicionam nesse espaço, Alfred Schütz, Aaron Cicourel, Erving Goffman, Luc Boltanski, mas também Michel Callon e Bruno Latour, sem, contudo, considerar o dualismo natureza/cultura que os dois últimos problematizam e que constitui uma importante ruptura com todos os outros autores reunidos na sua síntese. Uma obra clássica sobre o tema micro/macro é a de Karin Knorr-Cetina e Aaron Victor Cicourel (Knorr-Cetina & Cicourel, 1981).
  36. H. Blumer (1969).
  37. A filosofia de Edgar Morin também pode ser pensada como uma defesa do “sujeito” por meio de uma ancoragem cosmo-bio-antropológica, um eixo que se aproximaria, em nível sociológico, do pensamento de Alain Touraine (Touraine, 2005).
  38. A esse respeito, pode-se dizer que o movimento do “pensamento complexo” iniciado por Edgar Morin e que parece ter tido impulso nas décadas de 1960 e 1970, não faz parte, em termos da sua abordagem tanto cognitiva como social, da viragem que representa a atenção dada aos objetos, artefatos, escritos e inscrições. É de fato nos anos 1970 e 1980 que essa mudança ocorreu em diferentes campos (por exemplo, antropologia, história, ciências cognitivas, antropologia e sociologia da ciência; ver D.R. Olson, 2010). Está assim, por exemplo, bem integrada por Merlin Donald na sua teorização em três fases da evolução das capacidades cognitivas humanas ao longo da hominização (Donald, 1993), que, por conseguinte, adota e aprofunda, sob um ângulo cognitivo, as propostas de uma interação combinada do biológico e do social, da natureza e da cultura, como teorizou Edgar Morin (1973). Além disso, ao *homo faber* de Karl Marx ou Henri Bergson, Edgar Morin enfatizou a importância de contrapor o *homo mythologicus* ou homem produtor de mitos, em uma dimensão antropológica profunda que nunca deixou a sua obra e se reflete, nomeadamente, na centralidade que ele atribui ao imaginário.
  39. B. Latour (1991).
  40. Enquanto aguardamos as repercussões empíricas e heurísticas do uso dessas noções em uma gama mais ampla de temas, B. Latour (2012).
  41. D. Pestre (2003).
  42. H. Mialet (2008, 2009, 2012).
  43. H. Mialet (2009, p. 138-139).
  44. P. Galison (2005).

45. B. Latour & F. Ewald (2003, p. 18).
46. B. Latour (1984, p. 25).
47. P. Galison (2000, p. 35).
48. C. Heath, H. Knoblauch & P. Luff (2000). Para uma introdução a esses trabalhos e aos debates conceituais associados no campo da sociologia do trabalho, bem como da ergonomia na França, ver, por exemplo, B. Conein & E. Jacopin (1994); M. Grosjean (2004); C. Licoppe (2008); A. Bidet (2011).
49. A. Pickering (2010).
50. F. Varela et al. (1991).
51. A. Clark (1997, 2008).



## 5. Revisitando os modelos de segurança: complexidade, redes e construtivismo

Compreendemos agora que o campo é muito amplo. Por conseguinte, o caráter multidimensional e ocorrencial do acidente maior pode causar uma certa perplexidade. São inúmeras as possibilidades de lançar luz sobre a segurança industrial reivindicadas por várias disciplinas e tradições de pesquisa, e são até mesmo desejáveis. No entanto, ao multiplicar essas contribuições potenciais, surge também a sensação de que podemos de alguma forma perder o objeto e, conseqüentemente, o projeto de avaliação. Os esforços anteriores para matizar as contribuições dentro das quatro categorias propostas (Figura 4.1), a sugestão de identificar possibilidades de convergência e religação por meio dos atores, situações e artefatos (Figuras 4.2 e 4.3) ou ainda a identificação de um tema comum em torno da “construção da segurança” são alguns dos primeiros passos. Mas ainda não está necessariamente claro onde tudo isso vai chegar. Como fazer para que o especialista em políticas públicas, o sociólogo organizacional, o ergonomista ou o engenheiro possam se entender quando cada um deles traz consigo seus próprios conceitos, estudos de caso, experiências ou métodos?

Pode-se pensar que o que está na interseção de tantas disciplinas, cada uma com seus próprios princípios, seja no mínimo difícil de contemplar e descrever, uma vez que essa interseção não pode ser comum a tantas pesquisas e autores variados. Tem importância esse questionamento pois implica investigar a possibilidade da compreensão complexa de um objeto ou projeto que não pode ser reduzida à contribuição de um único ponto de vista. De fato, essa interseção no domínio da segurança industrial nunca se viu tão bem materializada como pelos esforços de sua construção gráfica em apoio de textos inovadores. A história da segurança industrial como campo de investigação mais ou menos autônomo em relação a campos preexistentes não se desenvolve com base em

saberes estabelecidos, e sim em inovações de autores que se afastaram da sua especialidade ao se interessarem por esse objeto nos anos 1980.

Algumas dessas inovações foram particularmente gráficas. No campo da segurança, tais contribuições são descritas como modelos, *safety models* ou *accident models*, que mobilizam numerosas analogias ou metáforas. Também podem ser consideradas, graças aos trabalhos em antropologia e sociologia da ciência, como inscrições assim como objetos de fronteira (de caráter performativo). Veremos isso um pouco mais adiante, após a apresentação de três modelos dos mais emblemáticos na primeira parte do capítulo. Contudo, a necessidade de novos modelos para enquadrar os dados melhor que os três modelos que vamos apresentar surgiu do meu enfrentamento de longo prazo com o desafio da transição da investigação de acidentes para a avaliação.

Por um lado, ao participar em investigações diversas em sua configuração (individual ou coletiva) e contexto (auditoria, pesquisa, perícia, inquérito de incidente ou acidente) em interação com vários perfis (investigador, doutorando, perito ou consultor em CHS, ou engenheiro), foi ficando claro que os múltiplos pontos de vista fornecem retalhos que nunca estão bem ligados mesmo entre si a respeito da questão da construção da segurança, ou ainda da avaliação. Por outro lado, nenhum dos modelos então disponíveis permitia visualizar todas as dimensões que interagem de maneira particularmente complexa naquelas muitas e variadas experiências de investigação.

Eles não explicam bem o que se deve exatamente observar e tentar compreender no funcionamento cotidiano da empresa. Precisamos ver como funcionam as oficinas? Os “erros” dos operadores? As telas dos computadores? A aplicação de procedimentos? A fiscalização e teste de válvulas ou sensores de pressão? A interação entre os serviços de manutenção e segurança? Os laboratórios de testes das novas reações químicas? O processo decisório da direção no plano estratégico? O lugar da segurança nas arbitragens do comitê gestor? A frequência das fiscalizações pelas autoridades de controle e o impacto nos investimentos em segurança? Todos esses pontos ao mesmo tempo? E assim por diante. Em relação a essas interrogações e aos pontos fracos identificados nos modelos disponíveis, o capítulo propõe, na segunda parte, dois modelos alternativos aos existentes na literatura. Esses modelos alternativos procuram integrar os desenvolvimentos dos capítulos anteriores.

## Modelos de segurança

Os modelos que favoreceram e encarnaram a cristalização de um questionamento específico sobre o tema da segurança industrial e dos acidentes podem ser reconhecidos a partir de oito critérios:

- 1) a inovação que trouxeram no momento da sua publicação em relação aos outros modelos então disponíveis;
- 2) a força e legitimidade dos seus antecedentes empíricos e conceituais;
- 3) sua ambição genérica (ou geral), para além das disciplinas científicas e setores industriais, oferecendo de forma específica uma visão combinada das dimensões tecnológicas e sociais da segurança industrial;
- 4) sua dimensão normativa, fornecendo princípios para a avaliação prospectiva ou retrospectiva de sistemas de risco;
- 5) a simplicidade e clareza dos princípios básicos de seu pano de fundo conceitual;
- 6) sua capacidade de traduzir esses princípios em representações gráficas, úteis para conceber de forma visual e sugestiva a segurança (ou acidentes);
- 7) sua popularidade e capacidade de atrair, em medida diversa, atores tanto de pesquisa quanto profissionais desses sistemas de risco;
- 8) a força e influência de uma rede de promotores, incluindo cientistas, consultores e especialistas da indústria, bem como autoridades ou associações profissionais.

Esses critérios levam-me a selecionar três modelos de segurança industrial (ou acidentes), embora isso obviamente não signifique que o campo da segurança industrial se limite ao trabalho desses autores, como foi demonstrado na retrospectiva no Capítulo 2. Esses três modelos são os seguintes:

- o modelo de barreiras de defesa em profundidade de James Reason;<sup>1</sup>
- o modelo da “migração” de Jens Rasmussen;<sup>2</sup>
- o modelo de Karl Weick, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld.<sup>3</sup>

As seções seguintes estão organizadas da seguinte forma: uma pequena biografia do pesquisador que promoveu o modelo, seguida dos princípios do modelo, seus pontos fortes e fracos e, finalmente, uma discussão sobre o

modelo no contexto histórico de sua produção.<sup>4</sup> As críticas aos modelos provêm da minha experiência como usuário deles ao longo dos últimos dez anos, bem como da sua análise à luz da literatura.

## Modelo de James Reason

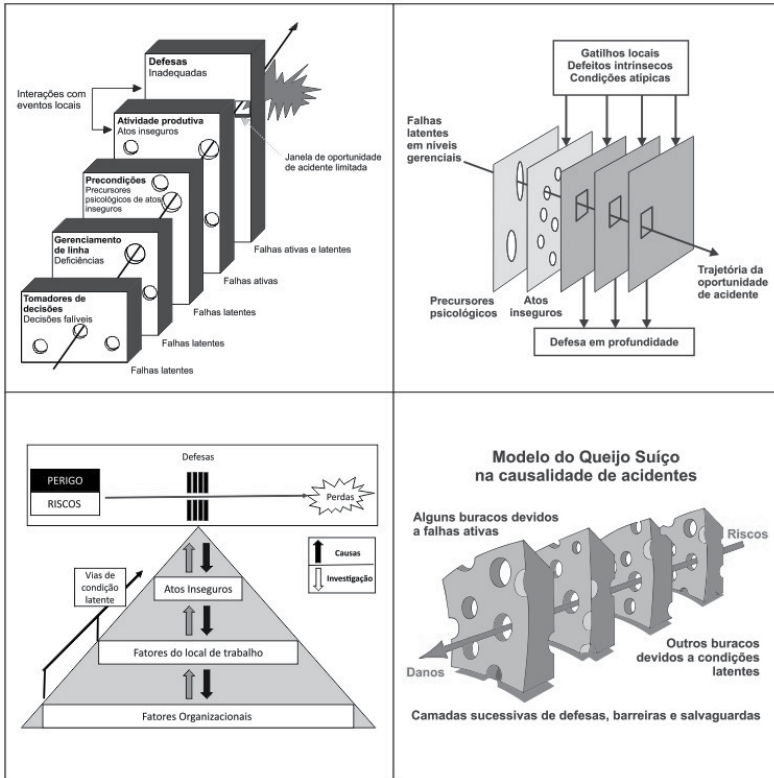
James Reason, tal como visto no Capítulo 2, na categoria “cognição”, é um psicólogo que trabalhou com o erro humano antes de se interessar por uma visão, em seus próprios termos, mais sistêmica da segurança industrial. Inicialmente centrado em questões de caráter psicológico, explorou sucessivamente vários temas ao longo de um período de dez anos: ergonomia das cabines de comando das aeronaves (militares), desorientações e desconfortos causados pelo movimento (1964-1974, sistemas de transporte, Nasa), erros e falhas (1974-1984), a segurança e os erros de gestão (1984-1994, várias indústrias de alto risco) e, em seguida, questões culturais e organizacionais (em especial no campo médico, 1994-2014). A sua proposta para um modelo de segurança data dos anos 1980 e 1990, decorrendo inicialmente do estudo de relatórios de investigação de acidentes, nomeadamente os da estação ferroviária de King’s Cross e do navio *Herald of Free Enterprise* nos anos 1980. De acordo com a terminologia do autor, o modelo que ele desenvolve baseia-se em uma metáfora e uma teoria mais aplicável. Os relatórios permitem-lhe distinguir entre “falhas ativas” e “falhas latentes”. Para ele, “as falhas latentes têm a sua principal origem nos erros dos gestores de alto nível”.<sup>5</sup> A metáfora médica proposta é que “as falhas latentes são análogas aos patógenos residentes no corpo humano, que se combinam com fatores externos (estresse, agentes tóxicos etc.) para provocar a doença”.<sup>6</sup>

A teoria aplicável, que vai além da metáfora, consiste em uma série de elementos básicos: tomadores de decisão, gerenciamento de linha, condições prévias, atividades produtivas e, finalmente, defesas. Tudo isso representa uma série de “planos”, em que “vários fatores são necessários para criar uma trajetória de oportunidade através dessas múltiplas defesas”.<sup>7</sup> Essa contribuição inicial teve depois muitas variações, incluindo uma que permaneceu, conhecida como a metáfora do “queijo suíço”, uma série de fatias de queijo com buracos que permitem a passagem de uma sequência acidental (Quadro 5.1). Essas modificações, e em particular esta última versão, não são obra de James Reason, mas dos usuários do modelo, o que é uma indicação interessante da sua

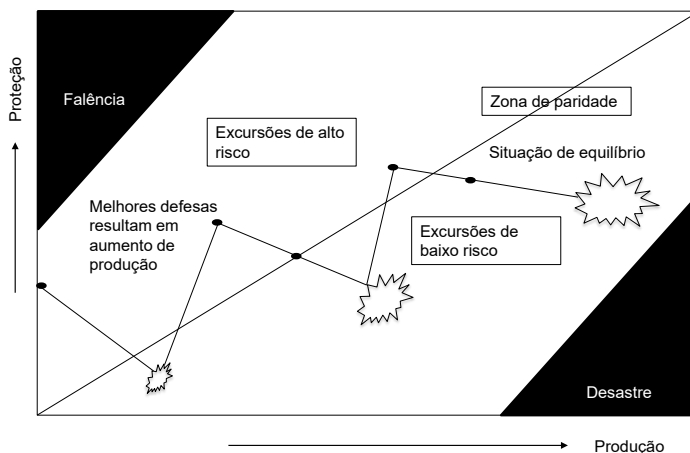


apropriação, mas também da trajetória e das traduções a que se submetido o objeto uma vez que um modelo escapa de seu autor.

**Quadro 5.1** Várias versões do modelo de James Reason (1990/1997)



Diversas representações adicionais foram produzidas por James Reason, que acompanham e aprofundam algumas ideias esclarecedoras das contribuições iniciais. Várias dessas representações tentam captar a problemática do equilíbrio entre as necessidades de produção e de segurança dos sistemas de risco. Por exemplo, o esquema seguinte (Figura 5.1) indica uma dinâmica para as empresas, que consiste em navegar entre os polos “desastre” e “falência” ou “perdas”. Quando a proteção é aumentada (seta vertical), a empresa aproxima-se da falência ou de grandes perdas porque já não assume mais nenhum risco, e quando a dinâmica de produção é aumentada (seta horizontal) o risco de acidentes aumenta proporcionalmente, ocorre um incidente, e um novo ciclo é iniciado.



**Figura 5.1** A segurança como solução de compromisso cíclica (1997)

James Reason deixa claro, portanto, que seus modelos são sistêmicos no sentido de considerar menos os operadores do que a dimensão organizacional. No entanto, esse conhecimento aprofundado que o tornou um autor essencial no estudo dos erros permitiu-lhe ter uma visão especialmente apurada da dimensão cognitiva daquilo que ele chama “falhas ativas”. Ele visa os operadores mais próximos do risco, aqueles que, com suas ações, desencadeiam os acidentes. Na sua taxonomia de erros, sua classificação de “violações necessárias” dos procedimentos é uma via de acesso às problemáticas organizacionais.

Realmente, nesse tipo de erro, a prática dos operadores constitui uma adaptação provocada pelo contexto organizacional e de produção em que trabalham. Não se trata de um “erro” isolado, e sim, pelo contrário, um resultado do contexto. Com base nessa breve introdução, bem como na utilização desse modelo e nas análises críticas feitas por outros autores,<sup>8</sup> eis alguns pontos fortes e fracos que podem ser associados a esse modelo e à sua utilização:

- o modelo provoca uma compreensão intuitiva e imediata, bem como uma proximidade com o mundo da tecnologia das “defesas em profundidade”, que transita metaforicamente muito bem do tecnológico para o organizacional;
- exprime e simplifica a complexidade do problema do acidente, indicando os potenciais alinhamentos (azarados, na visão do autor) de buracos que caracterizam um cenário específico;

- permite imaginar que recomendações práticas possam ser consideradas com base no modelo, visando e melhorando as defesas do sistema, vedando os “buracos”;
- indica uma distância em relação aos alvos (ou danos), de tal forma que os incidentes possam ser expressos em termos de distância do desastre, tendo o modelo, assim, um caráter normativo, oferecendo em princípio uma possibilidade de avaliação;
- distingue entre atores de primeiro nível e atores distantes, que desempenham papéis diferentes na gênese dos acidentes, e é assim, de um certo ponto de vista, mais sistêmico do que individual, com a seta indicando um impulso vindo de “de cima” para “baixo”.

Pode-se considerar, porém, que essas grandes qualidades, que tornaram esse modelo tão bem-sucedido, apresentam uma série de limitações:

- o modelo não explica claramente o que são os furos na realidade, os usuários estão livres para fazer a própria interpretação; o modelo é mais sugestivo do que analítico nesse ponto;
- não explica como os buracos podem se alinhar, apesar dos acréscimos de James Reason, que tentou explicar visualmente a solução de compromisso entre produção e segurança (Figura 5.1), mas forneceu apenas um princípio vago, pouco aplicável;
- baseia-se em uma filosofia de erros e falhas (ativas ou latentes), introduzindo a noção de falta no nível dos operadores, gestores ou decisores;
- não é muito explícito ou insuficientemente específico sobre os “planos” (ou defesas) que podem ter relação com diferentes disciplinas (psicologia, sociologia etc.);
- não introduz especificamente atividades de gestão da segurança (análise de risco, retorno de experiência, gestão das mudanças) em relação aos planos, embora os sistemas de gestão da segurança sejam as abordagens mais difundidas nas empresas;
- deixa, portanto, muita margem de manobra para decidir o que as barreiras representam no funcionamento do sistema (funções, atores, procedimentos)<sup>9</sup> e o quanto elas devem anteceder no tempo e no espaço;
- oferece uma visão sequencial e linear das “causalidades” acidentais por meio de uma trajetória, uma flecha que cruza sucessivamente as defe-

sas, e não pode dar conta de causalidades circulares com temporalidades independentes.

É claro que nenhum modelo é perfeito ou pode ter a pretensão de não ter limitações, as quais, além de tudo, também dependem dos usuários. Mas, sobretudo, essas limitações refletem o momento histórico, a ancoragem disciplinar e a experiência do autor que propôs esse modelo, no caso, a aviação e a psicologia cognitiva para James Reason, nos anos 1980. Recentemente, o próprio autor do modelo tem se interrogado sobre suas limitações, perguntando-se se o modelo não estaria ultrapassado,<sup>10</sup> diante das críticas formuladas por alguns peritos nas investigações de acidentes aéreos.<sup>11</sup> Em sua resposta, propôs distinguir as diferentes finalidades que um modelo de acidente pode ter, de comunicação, investigação (retrospectiva) ou avaliação (prospectiva).

Da análise do modelo, ele conclui que

o modelo do queijo suíço tem um valor comunicativo indiscutível, de heurística explicativa [...] ele não fornece um modelo de acidente detalhado ou uma teoria detalhada de como uma multiplicidade de funções e entidades em um sistema sociotécnico complexo interagem e dependem umas das outras, e poder-se-ia alegar que o sucesso popular de um modelo se deve principalmente à sua capacidade de captar algo da complexidade da segurança e dos acidentes de forma muito comunicativa.

Assim, as críticas que foram feitas ao modelo o teriam “culpado por sua incapacidade de alcançar um objetivo que nunca teve”. Essa defesa do modelo e interpretação não são plenamente admissíveis, pois James Reason nunca disse em escritos anteriores que o modelo tivesse um escopo apenas comunicativo. De fato, as críticas recentes devem ser vistas em termos da diferença entre aquilo que o modelo permite analisar e o avanço do conhecimento disponível hoje no campo. Esse ponto será novamente levantado mais tarde, uma vez que se trata de uma crítica geral a esses modelos nascidos das pesquisas dos anos 1980 e 1990, como no caso das contribuições do segundo autor aqui introduzido, Jens Rasmussen.

## Modelos de Jens Rasmussen

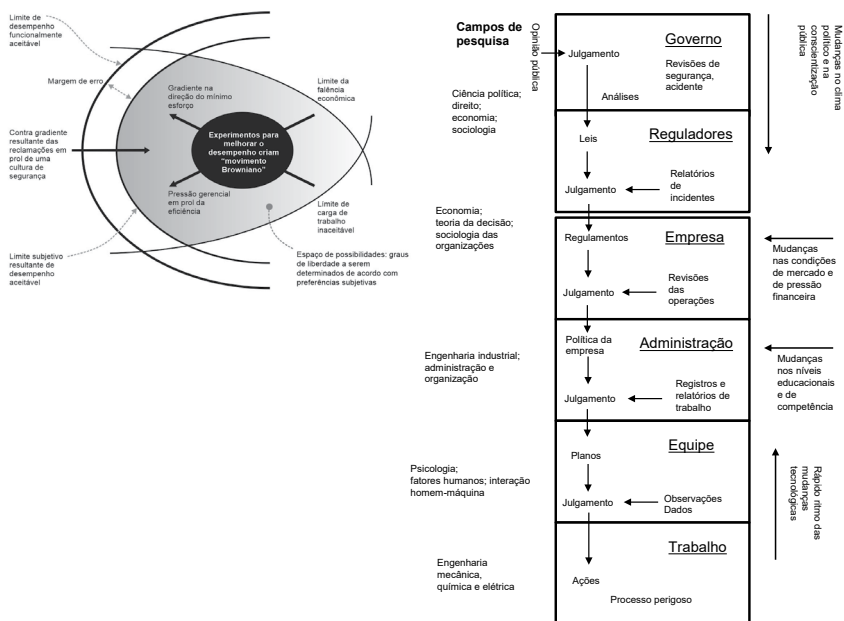
Originalmente formado como engenheiro, Jens Rasmussen tinha trabalhado com cálculos probabilísticos até os anos 1960. Voltou-se então para as problemáticas de segurança (não apenas material) no setor nuclear, do ponto de vista das interfaces homem-máquina, no Instituto Risø, criado pela Dinamarca para acompanhar os processos de escolha na introdução da energia nuclear nesse país.<sup>12</sup> Um dos temas centrais nos esforços do pesquisador na época foi a reflexão sobre recomendações para os projetos de interfaces homem-máquina. Esse período corresponde à introdução de computadores em indústrias de alto risco. Os operadores iam então estar encarregados de monitorar os processos indiretamente, por meio de informações nas telas dos computadores, situação inédita no âmbito do desenvolvimento nuclear (mas afinal, a Dinamarca não seguiu esse caminho, e o Instituto Risø teve que evoluir, orientando-se, por exemplo, para o desenvolvimento de um laboratório de engenharia cognitiva).

Assim como James Reason, Jens Rasmussen investigou uma ampla gama de temas ao longo de quarenta anos, incluindo confiabilidade e segurança das instalações, *design* das interfaces homem-máquina (ele é um dos fundadores da engenharia cognitiva), modelagem da cognição, definição de erro e confiabilidade humana, investigação de acidentes e modelagem de sistemas sociotécnicos. Simplificando um pouco, podemos distinguir três períodos: os anos 1960, voltados para cálculos de confiabilidade/segurança, os anos 1970 e 1980, com foco nas problemáticas “micro” dos sistemas sociotécnicos, e os anos 1990, dedicados a aspectos mais “macro”.

Apesar de uma abundante produção intelectual em modelos e desenvolvimentos metodológicos (por exemplo, no campo da análise da atividade cognitiva) que se tornaram referências em muitos campos, são os modelos do período “macro” que mais me interessam (pois oferecem o nível de especificação esperado para o exercício de avaliação), e em particular dois deles (Quadro 5.2). Esses dois modelos gráficos, combinados, estão entre os mais influentes na segurança industrial, contribuindo até hoje para delinear os desafios empíricos e teóricos nesse campo. O primeiro é o chamado modelo da migração para as fronteiras do funcionamento seguro. O seu desenvolvimento é baseado em vários princípios. O primeiro deles é a passagem de uma abordagem micro para uma macro. Em nível micro, as estratégias cognitivas dos operadores observados no trabalho mostram-lhe que, em qualquer situação, existe um certo grau de liberdade apesar das restrições existentes.<sup>13</sup> A problemática do erro, então, só pode ser apreendida levando em consideração as situações reais em que os

operadores estão imersos, nas quais eles aplicam estratégias de adaptação e descoberta específicas e contextuais em cada ocasião.

**Quadro 5.2** Principais modelos de Jens Rasmussen (1997) – modelo da migração (esquerda) e visão do sistema sociotécnico (direita)



É, de fato, muito difícil definir estruturas normativas infalíveis em universos onde a incerteza existe e são enfrentados imprevistos, sendo então o desvio não mais um problema, e sim, pelo contrário, uma necessidade de adaptação, ou mesmo de improvisação. Desse ponto de vista, o erro (ou desvio) é intrínseco à atividade cognitiva dos operadores, uma vez que é o resultado de processos de aprendizagem, adaptação e descoberta em universos incertos, onde se enfrentam acasos. No entanto, muitas vezes nas empresas, como Jens Rasmussen assinala, “se um atalho funciona, a pessoa é inteligente, caso contrário, é um erro, e ela é punida”.<sup>14</sup> É necessário, portanto, no plano da prevenção, levar em consideração essa complexa realidade cognitiva, esses processos de exploração e adaptação intrínsecos no universo dos sistemas de risco. De forma geral, sem erros não há aprendizado.<sup>15</sup> Assim, em vez de uma estrutura normativa fixa, é

mais pertinente do ponto de vista da segurança procurar especificar o envelope\* dentro do qual interessa permanecer, a fim de evitar incidentes graves.

É essa ideia que é transposta para o nível macro por Jens Rasmussen. Essa mudança tem base no seguinte raciocínio. Os sistemas de risco são compostos por um número muito grande de atores que, nos espaços de liberdade de que dispõem, se adaptam às restrições locais que encontram no decorrer de suas atividades. Esses atores são tanto os operadores como os gestores, a diferença está nas características dos seus ambientes. A agregação dos comportamentos desses atores, usando cada um do grau de liberdade de que dispõe, é a questão central da segurança industrial. Ela é o resultado de um processo de auto-organização, princípio emprestado por Jens Rasmussen do ciberneta Ross Ashby.

Ele então usa a analogia do movimento browniano (agitação aleatória de uma partícula grande em um fluido) e retoma a estratégia de defesa em profundidade usada por James Reason (Quadro 5.1), porém fazendo sua própria interpretação. Ele considera que existe uma “*ilusão de defesa em profundidade*”: “*O problema central é que, em tal sistema com barreiras de defesa redundantes, uma violação de uma das defesas não tem efeito imediato ou visível, e pode não ser notada durante o curso da ação. Nessa situação, a segurança do comportamento de um ator depende de outras violações potenciais por outros atores*”.<sup>16</sup> Acidentes podem ocorrer quando entra em jogo essa dinâmica, com a agregação de comportamentos minando e acabando por anular os efeitos pretendidos da defesa em profundidade.<sup>17</sup>

A esse primeiro modelo acrescenta um segundo, complementar, que é uma visão do sistema sociotécnico (STS, à direita, Quadro 5.2). Essa visão do STS é vertical, inspirada em seu fundo cibernético e de teoria de controle, e representa um sistema de circulação de informações ascendente e descendente entre diferentes níveis. Esses níveis interagem hierarquicamente em um ambiente com restrições de mercado, mudanças nas preocupações sociais ou ainda mudanças tecnológicas. Cada nível está ligado a uma disciplina científica, desde as ciências da engenharia até o direito, passando pela psicologia. Os níveis podem ser estudados horizontal ou verticalmente, mas o desafio é procurar a dinâmica global, o que implica um trabalho interdisciplinar e vertical. Essa é uma das questões-chave na segurança industrial para Jens Rasmussen. É esse modelo que foi posteriormente ampliado para usos de análise e comunicação nas

---

\* O termo envelope, usado às vezes para se referir aos limites operacionais de segurança de qualquer sistema tecnológico, originou-se na expressão envelope de voo (*flight envelope*). [N.T.]

investigações de acidentes, AcciMap, junto com o pesquisador Inge Svedung (Figura 1.2, Capítulo 1).

Mais uma vez, como nos modelos de James Reason, é necessário destacar não só a força, mas também a fraqueza da combinação desses dois modelos, começando pelas suas vantagens:

- mostram a importância de uma abordagem interdisciplinar e “vertical” das questões de segurança industrial;
- caracterizam as noções de variabilidade e adaptação de uma empresa dentro de um ambiente complexo de mudanças tecnológicas, econômicas e sociais, em relação à ideia de exploração nas fronteiras do funcionamento seguro;
- mostram, portanto, que os sistemas sociotécnicos são de fato dinâmicos, mudam e se adaptam a esses ambientes e que esse aspecto é essencial;
- substituem as noções de erro e falha pelas de variabilidade e adaptação dos operadores e gestores (os acidentes podem ser considerados como “normais” dada a natureza exploratória do comportamento global que resulta da agregação dos atores);
- introduzem a noção de auto-organização, que permite apreender melhor como surgem situações de agregação sem terem sido planejadas centralmente por um centro de tomadas de decisão;
- permitem mostrar a natureza distribuída do problema da segurança industrial, indicando a multiplicidade de atores nas suas múltiplas localizações temporais e geográficas (em particular por meio dos gráficos de análises de acidentes);
- oferecem uma transposição particularmente intuitiva e convincente da cognição para a organização.

É claro que, em relação à lista anterior (não exaustiva) das grandes qualidades desses modelos, também interessa mencionar algumas limitações:

- implicam uma visão hierárquica do sistema sociotécnico, com o governo e as autoridades no topo, que parecem estar numa posição de controle, o que obviamente é problemático diante da realidade;
- sugerem que o fluxo de informação é de natureza cibernética e sequencial, em primeiro lugar, ao não indicar a inexistência de comunicação



direta entre níveis separados e, em segundo lugar, ao não indicar os filtros existentes entre os níveis;

- permitem imaginar que existem limites que poderiam, em princípio e na realidade, ser identificados e definidos, como indicado pelas linhas, mas não sabemos, de fato, se essas linhas podem ser definidas antecipadamente (isso continua sendo uma hipótese);
- não indicam como as disciplinas científicas comunicam entre si, como interagem, como uma disciplina pode ou não ser reduzida por outra;
- não fornecem nenhuma informação sobre sistemas de gestão da segurança, o que pode ser difícil quando se trata de introduzir esses esquemas em uma leitura mais industrial da segurança;
- sugerem mais do que indicam com precisão as dimensões que devem ser monitoradas ou observadas na exploração dos sistemas sociotécnicos no seu ambiente.

Ao contrário de James Reason, não há muitas críticas aos modelos de Rasmussen na literatura sobre segurança industrial, que poderiam complementar ou reforçar os pontos fortes e fracos expostos aqui. Os seus modelos são frequentemente considerados como clássicos do campo, cuja influência ainda é forte, com trabalhos dos últimos anos confirmando a relevância das abordagens oferecidas. Por um lado, sua abordagem ecológica dos erros é hoje complementada pela noção de resiliência e, por outro lado, sua utilização das ideias sobre auto-organização, emprestadas de Ross Ashby, antecipa os desenvolvimentos contemporâneos em torno das ciências da complexidade. Contudo, tanto para Jens Rasmussen como para James Reason, essas propostas permanecem ancoradas nas disciplinas de origem desses autores, próximas das ciências da engenharia, psicologia e ergonomia, mas também das interpretações que oferecem dos relatórios das comissões de inquérito da época, nos anos 1980 e 1990, nomeadamente Chernobyl, Challenger ou mesmo Piper Alpha ou Clapham Junction.

Esses modelos são, portanto, produtos do seu tempo. Assim, ambos estão ancorados em uma perspectiva de erro humano, embora os dois autores se distanciem de forma diferente da noção de erro. James Reason introduz a distinção entre erro ativo e erro latente, enquanto leva para uma abordagem chamada sistêmica, na medida em que o foco é mais amplo do que a estação de trabalho. Jens Rasmussen aponta o caminho para uma abordagem ecológica da cognição, em que a busca do erro já não é o ponto de partida. Para uma perspectiva

diferente, devemos olhar para os Estados Unidos, na linha dos trabalhos HRO, com influências de disciplinas como a psicologia organizacional, as ciências políticas e a psicossociologia. É nessa tradição de pesquisa que Karl Weick, junto com dois colegas, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld, propôs um modelo que fez sucesso, como os dois modelos antes descritos, tanto entre os pesquisadores quanto os atores das indústrias de risco.

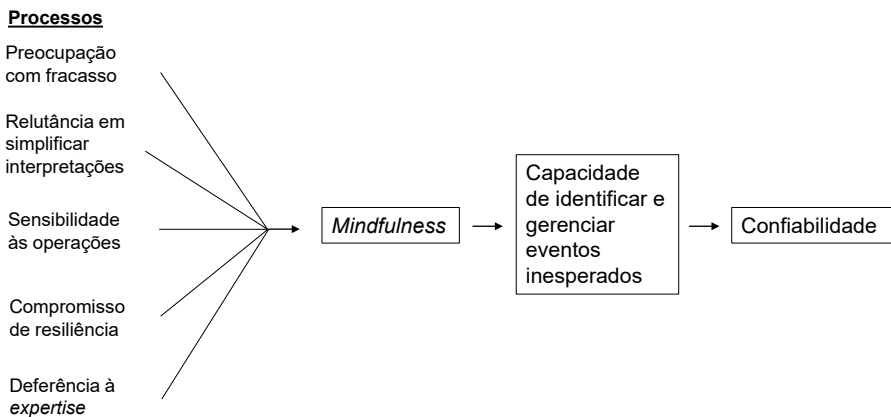
## Modelo de Karl Weick

Karl Weick é um psicossociólogo que renovou a forma de olhar as organizações ao longo de quarenta anos de produção científica desde o final dos anos 1960, com a proposta de um arcabouço teórico<sup>18</sup> que ele tem continuamente desenvolvido, expandido e aplicado em muitos temas desde então,<sup>19</sup> tornando-se um autor especial, fonte de inspiração para muitos pesquisadores.<sup>20</sup> Entre as principais contribuições desse autor estão os conceitos de *enactment*, de criação de sentido (*sensemaking*) ou ainda de *equivocality* (sendo esses conceitos difíceis de traduzir). A partir de várias contribuições, com uma influência pragmatista muito forte (William James, Herbert Mead) que o aproxima do interacionismo simbólico,<sup>21</sup> seu olhar baseia-se nos processos de interação, nos processos e construção dinâmica da realidade, em constante movimento, no seio dos universos administrativos e organizacionais, mas também, por conseguinte, dos universos de risco. Karl Weick é, de fato, um protagonista do programa das HRO, que iluminará com suas próprias ferramentas intelectuais, sozinho<sup>22</sup> ou em colaboração com diversos autores.<sup>23</sup>

O sucesso do modelo de *collective mindfulness*, produzido em colaboração com Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld, provavelmente reside no fato de ser o primeiro a sintetizar em um modelo genérico de orientação normativa, as realizações da tradição de investigação HRO, associando-o a uma representação gráfica. Esse modelo, de fato, deriva em grande parte dos estudos empíricos de pesquisadores como Karlene Roberts, Todd La Porte e Gene Rochlin, e vai mais longe ao combinar contribuições das ciências da administração, ergonomia cognitiva, sociologia e antropologia, bem como o retorno de experiência de acidentes maiores. O motor para os autores é a constatação de que “os trabalhos HRO existentes continuam sendo, até agora, mais descritivos do que teóricos” e que “os principais processos HRO permaneceram inarticulados”.

Para esses autores, esses processos são: 1) uma preocupação particular do coletivo em relação às falhas; 2) uma vontade coletiva de não simplificar as

representações; 3) uma sensibilidade particular em relação às atividades; 4) um envolvimento na resiliência; 5) um lugar central dedicado à competência (Figura 5.2). A particularidade desse modelo é sua sustentação pelo universo intelectual de Karl Weick, que os autores recordam ao afirmar que “a vigilância está menos ligada à tomada de decisões, um foco tradicional no campo da teoria organizacional e da prevenção de acidentes, e mais ligada ao processo de investigação e interpretação ancorado nas capacidades de ação”.<sup>24</sup> As empresas que mantêm esses processos estão em uma boa posição para evitar que os sinais de alerta sejam ignorados e materializem o potencial de desastre.



**Figura 5.2** Modelo da “vigilância coletiva” (Weick et al., 1999)

Como se pode ver, esse modelo já não está orientado e baseado em uma conceituação do erro humano em uma perspectiva próxima de James Reason ou Jens Rasmussen, e sim nos processos interacionistas e na construção tanto do sentido como dos ambientes pelos atores, que os criam e são retroalimentados por eles. Os cinco processos que os autores concebem com base na sua revisão bibliográfica devem, assim, ser considerados como componentes dinâmicos em interação contínua. No entanto, interessa prestar atenção novamente nos pontos fortes e fracos desse modelo, a fim de preparar o terreno para alternativas. O interesse do modelo de *atenção plena coletiva* (*collective mindfulness*) é, portanto:

- fornecer uma estrutura normativa e teórica para o trabalho descritivo dos estudos HRO que possa oferecer uma interface entre pesquisadores e profissionais em função das suas implicações em termos de avaliação;

- combinar explicitamente as contribuições de duas abordagens no campo, que foram por vezes opostas (em especial com os debates entre HRO e acidente normal), entre funcionamento quotidiano e estudos retrospectivos de acidentes;
- considerar a interação dos indivíduos como uma chave de acesso decisiva para compreender os mecanismos da segurança em vez de uma abordagem centrada na cognição individual, o que tende a promover uma passagem do psicológico ou cognitivo para o sociológico;<sup>25</sup>
- apoiar-se em uma abordagem positiva das interações, evitando as armadilhas de uma abordagem essencialmente centrada na identificação de erros, em detrimento dos princípios de resiliência;
- combinar várias fontes disciplinares (ciências da administração, ergonomia, sociologia, antropologia, psicossociologia) dentro de uma estrutura coerente de carácter genérico;
- encaixar-se no universo intelectual de Karl Weick, construtivista, questionando os postulados objetivistas dominantes nas ciências cognitivas e nas ciências da administração.

Claro que, mais uma vez, esse modelo não está livre de certas limitações e debilidades, que podem ser agrupadas na lista a seguir:

- o modelo gráfico apenas retoma e destaca de forma relativamente limitada os princípios que são, por outro lado, conceitualmente desenvolvidos pelos autores, esquema esse que parece estático em relação à dinâmica envolvida em particular;
- não inclui os ciclos de retroalimentação que podem ser encontrados no pano de fundo conceitual da vigilância coletiva, baseada nas noções de *sense-making* ou de *enactment* de Karl Weick, conceitos que são particularmente interativos e de causalidade circular;
- o modelo não distingue bem as diferentes categorias de pessoal encontradas nos sistemas de risco (engenheiros, gestores, operadores etc.);
- por conseguinte, não é fácil compreender como se aplicam todas essas dimensões de forma específica a essas diferentes categorias, e não se propõe distinção nenhuma de natureza micro/macro, por exemplo;
- o modelo não se baseia em estudos empíricos dos autores, e sim em uma combinação de pontos de vista em vários setores industriais, o que tende a dar ao modelo um carácter artificial em comparação com modelos base-

ados em estudos de caso, e comporta também um aspecto de modelo ideal difícil de imaginar na realidade (embora o modelo se torne uma referência normativa para as empresas tentarem seguir);

- o modelo considera as dimensões materiais e tecnológicas como externas aos processos cognitivos e não estão integradas conceitualmente no que caracteriza a “vigilância coletiva”, o que tende a sugerir que a segurança industrial só depende dos atores, sem considerar as outras entidades contribuintes;
- apesar do caráter muito interdisciplinar do modelo, os princípios de seleção dos estudos e disciplinas articulados não se explicitam, mesmo que se possa inferir (por meio de uma análise de fontes bibliográficas) um certo número de princípios com base nos estudos selecionados para o modelo.

Uma vez mais com esse modelo, o exercício dos “pontos fortes e fracos” mostra que qualquer tentativa desse tipo é limitada, uma vez que a complexidade da realidade ultrapassa qualquer esforço de racionalização.

## O que é um modelo?

Agora fica evidente que esses modelos foram produzidos com diferentes panos de fundo intelectuais e contêm diferentes analogias e metáforas. Embora não seja a intenção aqui decidir qual desses três modelos é o melhor, pode ser interessante fornecer alguns elementos de análise e perspectiva. Para tal, devemos primeiro perguntar “o que é um modelo?” Poderíamos começar por discutir a relação entre modelo e teoria. O que é um modelo em relação a uma teoria? Poderíamos também propor posicionar o modelo em função da sua relação com a indução, dedução ou experimentação, mas também de acordo com o objetivo do modelador. Podemos considerar, simplesmente, que um modelo é uma construção simbólica, matemática, literal, gráfica ou ainda computacional para descrever, explicar ou compreender e prever o comportamento de um fenômeno.<sup>26</sup>

Quanto à questão da relação entre modelo e teoria, o modelo pode ser distinguido desta última pela sua menor ambição, pela sua dimensão talvez mais local, sem que tal proposta seja inteiramente satisfatória. Quanto ao papel da indução, dedução, abdução (baseada no raciocínio analógico) ou experimentação na elaboração de modelos, pode-se considerar que depende muito

do campo estudado, desde as ciências naturais até a biologia, passando pelas ciências humanas e sociais, mas retornaremos a esse ponto mais adiante, na seção dedicada às analogias e metáforas. No que diz respeito à finalidade dos modelos, essa questão é aqui central, pois um modelo não pode ser dissociado da finalidade do seu autor, e esse aspecto está no cerne da construção do objeto e do exercício de avaliação da segurança industrial.

### “Descritivo e local” versus “normativo e genérico”

Tal como referido na retrospectiva, existe, de fato, uma rica tradição de modelagem no campo da ergonomia (psicológica ou cognitiva),<sup>27</sup> e em particular no campo da segurança (especialmente, como discutido, em relação à questão dos “erros”). Alguns autores discutiram várias distinções características. Entre elas, a distinção relativa à diferença entre modelo local e genérico é importante. James Reason comenta isso desta forma:

Para que a psicologia cognitiva essencialmente acadêmica dos anos 1960 e 1970 avançasse, era necessário realizar experimentos para comparar e tentar ver qual era a melhor de duas ou mais (mas geralmente duas) teorias em voga na época, dentro de um paradigma bem estabelecido. O resultado dessa abordagem “binarista” foi “uma base de dados quantitativos muito elaborada sobre uma grande quantidade de fenômenos, graças a numerosas teorias locais” (Card et al., 1983). [...] durante estes últimos anos, um pequeno número de psicólogos cognitivos, bem como uma linhagem mais recente de autores que se definem como pesquisadores e engenheiros cognitivos, iniciaram uma tentativa de produzir modelos da atividade “global”. Esses modelos traçam as grandes linhas das propriedades essenciais do sistema humano de processamento da informação, em termos deliberadamente gerais. Por simplicidade, vamos distinguir esses modelos chamando-os de gerais ou locais.<sup>28</sup>

O modelo de Jens Rasmussen, conhecido como SRK (*skill rule knowledge*; ver a Figura 5.3) é o arquétipo do tipo geral. Objetiva captar a cognição levando em consideração um grande número de dimensões, geralmente tratadas separadamente em campos especializados da psicologia, acrescentando um requisito adicional às tradições experimentais, nomeadamente o estudo de situações da vida real. Jens Rasmussen descreveu perfeitamente essa postura: “Um modelo

do comportamento do operador em relação à confiabilidade e segurança das instalações não pode ser obtido pela soma de resultados isolados da psicologia experimental. Deve basear-se no estudo do desempenho durante a atividade em situação real”.<sup>29</sup> A Figura 5.3 mostra essa representação, que foi brevemente discutida no segundo capítulo. Esse modelo mostra que, para uma descrição da cognição, existem vários níveis de atividade, baseados na internalização de modos automáticos (não conscientes) que interagem com modos reflexivos, que supõem uma consciência do sujeito. É nesse sentido que ele é geral, pois considera a cognição como um todo, sem focalizar a percepção, a memória ou os padrões. Ele é determinante para o desenvolvimento de James Reason, sendo com base nisso que ele concebe sua taxonomia dos “erros”.

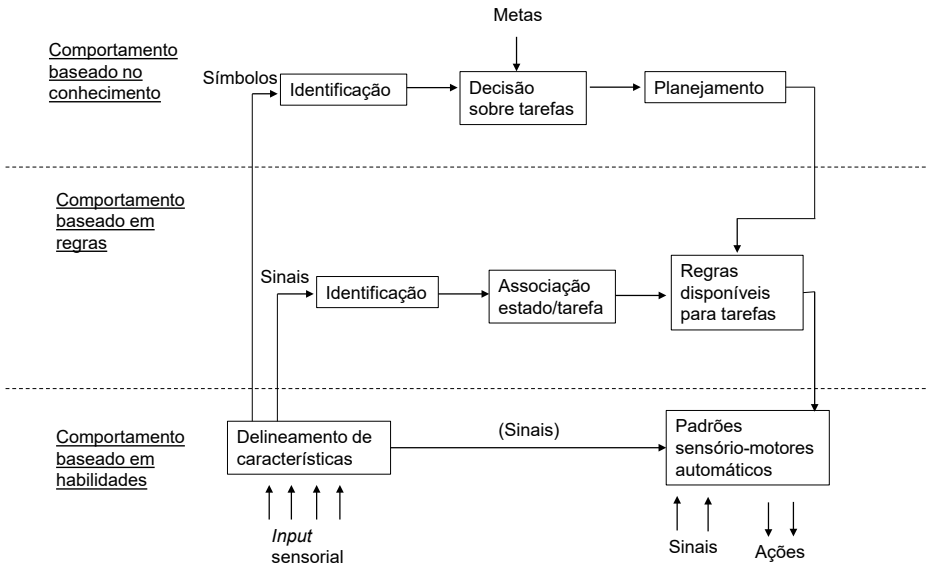


Figura 5.3 Modelo geral de Jens Rasmussen (1983)

René Amalberti retomará essa distinção em suas próprias considerações:

Esses modelos de caráter local contrapõem-se ao que Reason (1988) chama modelos universais, que são mais descritivos, mais sintéticos, mais paradigmáticos também, e que se inspiram em vários modelos locais para modelar um fenômeno cognitivo global, a produção de erros, por exemplo, mas sem retomar todos os pormenores ou toda a formulação desses

modelos locais, nem sua orientação à possibilidade real de validação experimental. O objetivo desses modelos universais é duplo:

- heurístico, por um lado, porque servem para suscitar outras pesquisas, outras reflexões;
- universo de referência, por outro lado, pois, embora distintos dos modelos locais, esses modelos universais são paradoxalmente indispensáveis como base para a interpretação dos resultados.<sup>30</sup>

Essa separação permite que esses trabalhos promovam um tipo de abordagem baseada em uma compreensão global da cognição, na perspectiva de uma avaliação de riscos em termos de “erros” (ou da dinâmica da sua gestão pelos indivíduos), não por partes, mas pela articulação de várias das suas dimensões constitutivas. Para James Reason (1988), essas dimensões envolvem, entre outros aspectos, em relação à cognição:

- a memória (longo prazo, curto prazo);
- a arquitetura cognitiva das decisões (centralizada, descentralizada, em série ou em paralelo);
- a representação do conhecimento (esquemas, *scripts*, *frames* etc.);
- os modos de controle (automático ou atencional);
- ou ainda o tamanho do espaço de trabalho (e tipo de memória).

James Reason considerava seu artigo como um “guia do usuário” em relação a várias contribuições de autores e suas preferências sobre essas dimensões então identificadas. Afinal, ele irá propor um modelo cuja gênese relata na sua obra,<sup>31</sup> amplamente inspirado na proposta de Jens Rasmussen, pioneiro da engenharia cognitiva, que introduziu um segundo aspecto da problemática da modelagem.

De fato, além dessa primeira distinção entre modelo “local” e “geral” (ou “genérico”), a distinção entre descritivo e normativo é também frequentemente encontrada. Prosseguindo com o exemplo da ergonomia, dado que a sua razão de ser é a adaptação do trabalho ao homem, e de forma mais específica no campo dos riscos, a gestão ou redução dos erros para manter a segurança, a ergonomia e a engenharia cognitiva distinguem-se do resto pelo seu projeto, mais do que pelo seu objeto. O projeto delas é agir, e não apenas “saber por saber”. Alguns descreveram a ergonomia como uma arte, mais do que uma ciência (o que levanta a questão da definição de ciência).<sup>32</sup>



Esse propósito condiciona os modelos produzidos, pois a representação tem que servir tanto para fins de avaliação quanto de ação. Jens Rasmussen, em seus trabalhos seminais de engenharia cognitiva no início da década de 1980, introduziu restrições específicas: “Considerando o homem como um processador de dados e como uma parte do sistema, é necessário descrever os processos mentais em um quadro de referência que seja compatível com as decisões que serão tomadas pelo idealizador de interfaces homem-máquina”.<sup>33</sup>

A fronteira entre “saber por saber” e “saber para agir” não é, portanto, tão evidente. Segundo René Amalberti,

houve o perigo, por um momento, de separar modelos para compreensão e modelos para ação. Bisseret enfatiza quão estéril foi esse debate e conclui que as duas abordagens não devem ser separadas, sendo necessário praticar uma psicologia para compreender, com um mínimo de precauções para que ela possa ser aplicada.<sup>34</sup>

É um ponto-chave esse princípio, segundo o qual é necessário manter tanto os objetivos de compreensão, descrição ou explicação quanto os objetivos de avaliação e ação.

É partilhado por muitos pesquisadores com ancoragens disciplinares variadas, seja no campo das ciências da engenharia, psicologia, ergonomia, ciências da administração, sociologia ou ciência política. Não obstante, essa tensão é problematizada de forma diferente em todos esses campos, em função das suas histórias, suas diferenciações em múltiplas correntes e seus próprios desenvolvimentos empíricos e teóricos. No entanto, todos eles enfrentaram esses problemas em um momento ou outro.

Voltando à ergonomia cognitiva (ou psicológica) ou à engenharia cognitiva, que servem como exemplos, foi procurando tanto um caráter genérico (ou geral) quanto normativo que essas disciplinas puderam fornecer modelos que têm servido de referência à prática, bem como aos desenvolvimentos mais conceituais. Essa reflexão permite também iluminar as contribuições de James Reason e Jens Rasmussen para a segurança industrial em níveis mais macrocópicos, orientados para uma abordagem sistêmica. Esses dois autores encontraram-se a meio caminho, nos anos 1980, entre a ergonomia, a psicologia, as ciências da engenharia e a segurança industrial e os relatórios de acidentes.

Os modelos de segurança que propõem apenas ampliam, então, esse posicionamento característico da ergonomia e da engenharia cognitivas, mas desta vez para uma maior conceituação e autonomização da segurança industrial.

Habitados a produzir modelos nesse campo ergonômico em pleno desenvolvimento nos anos 1980 (engenharia cognitiva), a mudança para posturas mais macroscópicas, para além das situações de trabalho dos operadores, parece ao todo, em retrospectiva, natural.

A trajetória de Karl Weick e dos seus colegas é, desse ponto de vista, um pouco diferente, mas próxima. Pertencendo ao campo das ciências da administração e da teoria organizacional, eles também estão voltados a produzir modelos genéricos e um tanto normativos. De fato, os estudos HRO em que se inspiram envolvem inerentemente a tensão entre o descritivo e o normativo (ver a Figura 4.1). Ao estudar organizações que esses estudos qualificam como confiáveis e seguras, ou seja, capazes de conciliar as exigências de produção e de segurança, fornecem descrições que comportam um caráter normativo. Foi aliás essa circunstância que fez Andrew Hopkins destacar a sua atração para as outras organizações como ponto de referência na orientação de seus esforços para progredir na segurança.<sup>35</sup>

## Metáforas

Para além dessas duas fontes de tensão (local/geral, descritivo/normativo), os modelos de segurança aqui apresentados caracterizam-se também por empréstimos analógicos e metafóricos que determinam seu caráter nomeadamente inovador e intuitivo. Contrariamente ao que se pensa, a linguagem metafórica e o uso de analogias não se restringem à linguagem natural, mas são também intrínsecas à dinâmica da ciência. A gênese dos momentos criativos que caracterizam os avanços científicos são momentos em que, por meio de analogias ou metáforas, os conceitos circulam e iluminam campos de conhecimento. Evidentemente, no campo das ciências sociais essa dimensão parece bem estabelecida e óbvia, uma vez que fazem uso da linguagem natural, como mostra a evolução das noções de complexidade ou de rede na literatura. Temos o exemplo da ideia de modernidade “líquida” introduzida pelo sociólogo Zygmunt Bauman.<sup>36</sup>

Um bom exemplo do uso de analogia ou metáfora nas ciências “duras” é o conceito de “programa genético” nas ciências da vida. De forma convincente, o biólogo David Noble explica e critica o uso que se faz da expressão: “O genoma é às vezes descrito como um programa que dirige a criação e o comportamento de todos os outros processos biológicos dentro de um organismo.

Mas isso não é da ordem dos fatos. É uma metáfora. Além disso, é irrealista e pouco apropriada”.<sup>37</sup>

Esse exemplo nos remete à separação entre contextos de descoberta e justificação. Com isso voltamos à epistemologia e à filosofia da ciência, distinguindo, por um lado, o momento histórico, social e também, por conseguinte, individual e criativo da ciência, e, por outro, a coerência e validade do raciocínio. O contexto da descoberta não era tratado como um campo legítimo de investigação. Esse exemplo, no entanto, mostra a migração das noções cibernéticas de programa e de informação, do mundo da tecnologia e da sociedade, para o mundo da biologia, em uma época, nos anos 1950 e 1960, em que esses conceitos estavam em pleno desenvolvimento.

Com a flexibilização das doutrinas positivistas, a assunção dos princípios do raciocínio abduutivo, bem como a constatação que as teorias científicas evoluem e comportam de fato um caráter construtivista (ou seja, uma natureza criativa e ativa em relação ao ato de conhecimento, que não se baseia em uma relação de caráter empírico e ingênuo aos dados e experiências), torna-se inescapável a consideração das analogias e metáforas para o exercício de uma certa reflexividade. David Noble, por sua vez, conclui que

as metáforas estão muito mais ancoradas em nossas linguagens e processos de pensamento do que estamos preparados para reconhecer. Não há, de fato, muito de profundo que se possa dizer sem metáfora. Isso, que é obviamente verdade para a poesia e qualquer forma de produção literária, também é verdade para a linguagem científica.<sup>38</sup>

Voltando aos modelos de segurança que acabamos de apresentar, não é difícil constatar a mobilização de numerosas metáforas e analogias. No modelo de James Reason se combinam as barreiras de defesa em profundidade, a flecha que atravessa buracos, os patógenos residentes emprestados do campo médico e o processamento de informações no que diz respeito à cognição (analogia com computadores). Para Jens Rasmussen, são as metáforas do movimento browniano, do envelope de segurança e seus limites, e ainda da auto-organização, na analogia entre cognição e organização, bem como do processamento de informações, para cognição, que são utilizadas e articuladas para produzir seu modelo de segurança (em particular o modelo da migração, Quadro 5.2, à esquerda). Com Karl Weick e seus colegas, a metáfora da caixa-preta está presente no seu desenho, bem como uma analogia entre o nível cognitivo e o nível coletivo.

## Inscrição

Mas é preciso continuar ainda com os modelos, pois essas investigações realizadas sobre as tensões que os atravessam (entre dimensão local e geral, descritiva e normativa) e sobre seu caráter metafórico podem ser ampliadas questionando sua dimensão gráfica. E isso nos leva ao conceito de inscrição. Um dos resultados importantes das investigações empíricas da sociologia e da antropologia da ciência, especialmente sobre a atividade laboratorial, é, de fato, a centralidade dos registros escritos. Quando os cientistas são estudados em seu dia a dia no laboratório, constata-se que suas observações e experimentos sempre são atividades “mediadas” (executadas) por meios técnicos ou tecnológicos. Esses meios vão dos mais simples, como a tomada sistemática de notas com lápis e papel (por vezes utilizando uma codificação), até as tecnologias mais sofisticadas, com instrumentos que produzem dados e registros, como um espectrômetro de massas ou microscópio eletrônico.

Em ambos os casos, os dados gerados por esses instrumentos (prolongando os sentidos humanos) são traduzidos pelos cientistas na forma de gráficos, diagramas, curvas ou ainda traçados. Essa produção e utilização de inscrições serve de base para fazer comparações, para sobrepô-las e assim desenvolver um conhecimento. Foi Bruno Latour quem insistiu bastante nessa dimensão do trabalho científico.<sup>39</sup> Segundo esse autor, a atividade intelectual do cientista não constitui uma forma particular de racionalidade que o distinga de outras racionalidades não científicas, ou ainda do senso comum, senão um uso particular e constante de todas essas formas de inscrição, ou ainda, portanto, de um certo modo de ver. Sobrestimar o que se passa na “mente” do cientista, em detrimento de uma melhor compreensão da importância de todas essas inscrições no dia a dia para a visão científica, nos afasta do que significa na prática “fazer ciência”. Produzir ciência consiste, em boa parte, em passar por inscrições para poder enxergar, mas também em reduzir ou simplificar assim a realidade acessada.<sup>40</sup>

Os bilhões de galáxias, quando o astrônomo fala sobre elas com autoridade, nunca ocupam mais espaço do que o mapa do genoma de *Escherichia coli* na fala do biólogo com seus colegas; as tabelas de insumo-produto industrial ocupam mais ou menos o mesmo espaço das tabelas de partículas elementares; a maquete de uma refinaria nunca excede em muito o tamanho de um modelo plástico da molécula de hemoglobina.<sup>41</sup>

Poderíamos acrescentar que a segurança industrial no discurso dos pesquisadores e industriais, apoiando-se nos modelos de James Reason ou Jens Rasmussen, não ultrapassa uma folha A4. A segurança industrial em toda sua complexidade pode ser inteiramente contida em um desenho ou inscrição. Tal como acontece com as galáxias, o genoma de *E. coli* ou as partículas elementares, o trabalho se reduz por meio de um desenho que vai simplificar os milhares ou milhões de interações entre operadores, válvulas, interfaces, engenheiros, produtos químicos, gestores, sensores, fiscais, *software*, computadores, ferramentas e instrumentos necessários para manter a segurança (ou, pelo contrário, provocar um acidente).

É, portanto, de inscrições e suas propriedades visuais, se aceitarmos essa definição, que tratamos neste capítulo. Estas últimas materializam ou concretizam por meio do desenho um desenvolvimento que precisa ser descrito com algum texto, como um artigo ou livro (que são outras formas de inscrição). Embora os desenhos não sejam tudo e exijam o apoio de textos explicativos, o fato é que se tornaram pontos de referência essenciais e contribuíram para uma real autonomia do campo da segurança industrial, graças a seu caráter visual e gráfico. Assim, contribuíram para a interação entre diferentes comunidades de atores, com a identificação e reconhecimento por elas de um objeto e projeto comum nesses desenhos e textos associados. Desse ponto de vista, também funcionaram como objetos de fronteira.

## Objetos de fronteira

Após o destaque da importância das inscrições pela sociologia e antropologia da ciência, a noção de objeto de fronteira surgiu a partir de um artigo dos sociólogos Susan Leigh Star e Jim Griesemer em 1989.<sup>42</sup> O sucesso dessa noção foi particularmente importante, e propagou-se por numerosos campos, como os sociólogos Dominique Vinck e Pascale Trompette indicam em um artigo que revê os vários usos da noção.<sup>43</sup> Susan Leigh Star também examinou a trajetória desse conceito, esclarecendo seus contornos vinte anos depois de propor suas primeiras bases. A partir de trabalhos empíricos, a socióloga da ciência específica que “os objetos de fronteira são um arranjo que permite a grupos diferentes trabalharem juntos sem consenso prévio”.

Como acabamos de dizer, é preciso insistir no caráter empírico da noção, decorrente de uma postura interacionista em sociologia, preocupada com uma descrição detalhada das modalidades de interação entre atores de diferentes

grupos ou mundos sociais. A noção de objeto de fronteira revela todo o seu interesse quando se presta atenção especialmente às negociações e intercâmbios entre atores no contexto de ações conjuntas específicas. Não se trata, porém, de empreender tal estudo nesta revisão dos modelos de segurança, senão de indicar algumas vias para iluminar e compreender as razões da sua popularidade graças a essa noção. Na ausência de estudo empírico, é preciso mesmo assim reconhecer que os modelos de segurança e de acidentes aqui selecionados têm certas características que os aproximam da noção de objetos de fronteira, pelo importante papel que desempenharam na interface de muitas comunidades, embora provavelmente nunca tenha havido um acordo estável nem universalmente compartilhado sobre o que é a segurança industrial.

Como indicado nas listas propostas de pontos fortes e fracos, há sempre uma margem de flexibilidade interpretativa para os usuários. Essa dimensão é um dos pontos-chave da definição do objeto de fronteira.<sup>44</sup> Por exemplo, pode-se notar que os buracos nas barreiras do modelo de “queijo suíço” de James Reason não permitem dizer exatamente do que se trata. Esses buracos representam problemas procedimentais? Mas, então, de quais problemas estamos falando? Pode se tratar de falta de informação, falta de atualização, problemas na relação entre redação e execução, ou ainda de exaustividade etc. Nem o “queijo” das fatias fica claro, pois não corresponde necessariamente aos procedimentos. Estamos lidando com funções, decisões, atores ou atividades? Poderíamos questionar do mesmo jeito muitos dos pontos levantados nas listas estabelecidas previamente, para cada um dos modelos.

No entanto, apesar das muitas ambiguidades que contêm, esses modelos serviram de ponto de referência, tanto na pesquisa como na indústria. Eles estão de fato entre os modelos que são reivindicados por todas as disciplinas e tradições de pesquisa. Contudo, sem fazer as mesmas interpretações necessariamente, como ilustra muito bem o exemplo das fatias e buracos no “queijo suíço”. Esse modelo, aliás, foi o adotado oficialmente para investigações após incidentes ou acidentes na aviação (pela Organização da Aviação Civil Internacional – OIAC, para a Organização Internacional da Aviação Civil), mesmo contendo tantas ambiguidades. Serve tanto na pesquisa quanto na prática, como um objeto de fronteira, e isso também é verdade até certo ponto para os outros modelos introduzidos. Sobre este último ponto, interessa destacar igualmente o caráter performativo de todos esses modelos. Eles levam à transformação das representações e, por meio disso, também das práticas, decisões e modos de interação.

## Síntese

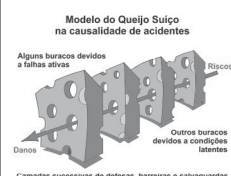

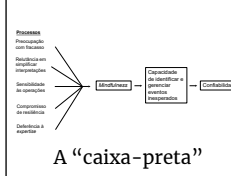
Tensão entre ambição genérica e validade local, tensão entre descrição e normatividade, metáforas, inscrições e objetos de fronteira, bem como performatividade, são aspectos dos modelos que acabam de ser discutidos que correspondem em grande parte aos oito critérios retidos na introdução deste capítulo para a seleção de modelos. A proposta é retomar esses critérios para sintetizar todos os pontos que foram vistos e discutidos (Quadro 5.3).

**Quadro 5.3** Síntese e comparação dos modelos de segurança introduzidos

	<b>Modelo de James Reason</b>	<b>Modelos de Jens Rasmussen</b>	<b>Modelo de Karl Weick, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld</b>
Inovação que traz o novo modelo quando se publica, em comparação com os modelos então disponíveis	Introdução de barreiras como princípio central para representar a segurança, emparelhada às falhas ativas e latentes. As trajetórias das setas visualizam a segurança industrial.	Introdução do princípio da “ilusão de defesa em profundidade”, auto-organização e comportamentos adaptativos explorando margens de liberdade em uma migração para além das fronteiras do funcionamento seguro. O envelope é então uma visualização da segurança.	Introdução de um arcabouço teórico em uma tradição de pesquisa que permaneceu inarticulada. Cinco processos estão religados e caracterizam propriedades cognitivas e coletivas. A “caixa-preta” de entrada-saída visualiza a segurança.

	<b>Modelo de James Reason</b>	<b>Modelos de Jens Rasmussen</b>	<b>Modelo de Karl Weick, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld</b>
Força e legitimidade de sua base empírica e conceitual	James Reason publicou uma tipologia do erro humano, incluindo as violações necessárias em relação às conclusões de relatórios de acidentes. A combinação de seus avanços no campo da psicologia cognitiva e uma abordagem sistêmica ajudaram a estabelecer a legitimidade do modelo.	Jens Rasmussen é o pioneiro de uma abordagem ecológica da cognição baseada em estudos de campo, caminhando para uma visão positiva da cognição dos operadores. Sua interpretação dos relatórios de acidentes, com o apoio de analogias para a passagem da cognição à organização, deu certa legitimidade às suas propostas.	Karl Weick fez uma contribuição inovadora em seu campo. Seu uso, junto com Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld, de seus próprios trabalhos, bem como de outras fontes em diferentes disciplinas, deu autêntica legitimidade ao modelo.
Ambição genérica (ou geral), além das disciplinas científicas e setores industriais, propondo especificamente uma visão combinada das dimensões tecnológica e social da segurança industrial	As fatias incluem as dimensões tecnológica, humana e organizacional, visualizam todos os fatores associados à segurança. As fatias não são limitadas, elas podem, em princípio, representar qualquer dimensão considerada relevante pelo usuário.	A visão conceitual do STS indica a distinção entre leitura horizontal e vertical, assim como a variedade de disciplinas, que vão das ciências da engenharia ao direito. O modelo da migração captura a dinâmica geral, combinando graficamente tecnologia, cognição e organização.	A estratégia interdisciplinar dos autores traz uma variedade de perspectivas interpretativas, incluindo a cognição de operadores e gestores. O <i>status</i> da tecnologia é pouco especificado, embora faça parte do ambiente dos processos selecionados e combinados.



	<b>Modelo de James Reason</b>	<b>Modelos de Jens Rasmussen</b>	<b>Modelo de Karl Weick, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld</b>
Dimensão normativa, fornecendo princípios para a avaliação prospectiva ou retrospectiva de sistemas de risco	Quanto mais fatias uma trajetória de acidente passar, menos segurança existe, e vários buracos indicam problemáticas sistêmicas que podem enfraquecer o conjunto e causar um acidente mais grave em um dado momento. A prevenção baseia-se no monitoramento do estado das fatias ou barreiras.	As pressões externas se traduzem em migrações mais fortes em direção aos limites da operação segura. Portanto, uma estratégia de vigilância das pressões sobre o comportamento distribuído dos atores é uma estratégia essencial de prevenção.	A ideia é que uma discrepância entre o que se espera dos cinco processos e o que pode ser observado na realidade é problemática e indicativa do nível de segurança. A estratégia de prevenção decorrente é comparar as práticas e o modelo para reduzir a diferença.
Simplicidade e clareza dos princípios básicos de sua base conceitual	Um acidente corresponde à trajetória de uma flecha em um alinhamento de buracos. A segurança corresponde à ausência (ou falta de alinhamento) dos buracos nas barreiras defensivas.	A segurança ou acidente resultam da capacidade do STS de permanecer dentro dos limites da operação segura, apesar das múltiplas pressões e margens de liberdade dos indivíduos para se adaptar às restrições.	Um certo número de processos cognitivos coletivos é necessário para produzir com segurança. A ausência desses processos aumenta a probabilidade de acidente.
Capacidade de traduzir esses princípios em representações gráficas, úteis para conceber de forma gráfica e sugestiva a segurança (ou acidentes)	 <p><b>Modelo do Queijo Suíço na causalidade de acidentes</b></p> <p>Alguns buracos devidos a falhas ativas</p> <p>Outros buracos devidos a condições latentes</p> <p>Danos</p> <p>Camadas sucessivas de defesas, barreiras e salvaguardas</p> <p><b>Modelo do “queijo suíço”</b></p>	 <p><b>Modelo da migração (+STS)</b></p>	 <p><b>A “caixa-preta” (entrada-saída) da vigilância coletiva</b></p>

	<b>Modelo de James Reason</b>	<b>Modelos de Jens Rasmussen</b>	<b>Modelo de Karl Weick, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld</b>
Popularidade e capacidade de atrair (em diversa medida) atores tanto da pesquisa quanto profissionais desses sistemas	O modelo do “queijo suíço” fez muito sucesso com os profissionais (especialmente em investigações profissionais no setor do transporte) e foi muito bem recebido pelos pesquisadores, tornando-se o modelo mais estabelecido no campo. Qualquer pesquisa realizada nessa área é levada a se posicionar em relação a esse modelo.	A visão do STS e o modelo da migração tiveram sucesso acadêmico e prático. Do ponto de vista prático, o uso de AcciMaps derivado da visão do STS é provavelmente o exemplo mais visível desse sucesso. Em nível acadêmico, a influência desses modelos tem sido muito importante; eles foram muito difundidos e servem de referência em muitas publicações.	O modelo da vigilância coletiva tem sido utilizado por empresas para ajustar melhor sua abordagem de segurança, mas também tem sido muito bem recebido no mundo acadêmico como representante da contribuição das ciências sociais ligado à corrente HRO.
Força e influência de uma rede de promotores, incluindo cientistas, consultores e especialistas da indústria, bem como autoridades ou associações profissionais	O modelo do “queijo suíço” foi adotado por muitos investigadores nas áreas da aviação e ferroviária, bem como na área da saúde.	Os modelos da migração e STS, dos quais derivam as abordagens de investigação AcciMap, foram amplamente aclamados por pesquisadores e profissionais (alguns dos quais ampliaram e esclareceram seu uso para acidentes por meio de guias de aplicação).	O modelo da “vigilância coletiva” está no centro de uma rede de promotores que inclui um site dedicado às HRO, bem como empresas que o utilizaram para esclarecer sua estratégia de segurança.

## Dois novos modelos

O que se propõe agora é avançar para novos modelos a fim de, por um lado, explicar algumas das evoluções dos últimos dez anos no domínio da segurança industrial (apresentadas no Capítulo 2), e, por outro lado, valorizar certos aspectos comentados nos capítulos anteriores, incluindo a complexidade, o

construtivismo e as redes (Capítulos 3 e 4). Para tanto, avançarei em duas etapas. Um primeiro modelo traz as dimensões gerencial, sociológica e política da segurança industrial e dos acidentes mais explicitamente do que os modelos apresentados para o objetivo de avaliação. Em seguida, propõe-se uma nova abordagem da visão de Jens Rasmussen sobre o sistema sociotécnico (Quadro 5.2), que constitui o segundo modelo, inspirado por considerações de fundo, de natureza mais epistemológica e filosófica.

As discussões anteriores mostraram bem como certos autores procuraram visualizar graficamente o momento da cristalização do evento que caracteriza o acidente maior e o desafio de predição a ele associado. Para James Reason, é o alinhamento de buracos nas barreiras que visualiza esse momento. Para Jens Rasmussen, é uma auto-organização que faz com que o sistema saia do envelope definido pelos limites de funcionamento seguro. Existem outros modelos e metáforas, que não foram aqui introduzidos, mas que ampliam e iluminam a caracterização do evento de diferentes formas. Erik Hollnagel propôs uma “ressonância” emprestada dos fenômenos de frequência e oscilação na física, enquanto Diane Vaughan utilizou uma metáfora mais ancorada na experiência cotidiana, com a “ladeira escorregadia” (*slippery slope*).<sup>45</sup>

Para todas essas metáforas e modelos, o desafio é identificar melhor e visualizar as dinâmicas que estão por trás desses eventos, para compreendê-los *a posteriori*, por um lado, mas também para contribuir para melhor preveni-los *a priori*. Contudo, como ilustrado pelo esquema na Figura 5.4, enquanto o retorno de experiência e a investigação de acidentes se beneficiam de um olhar retrospectivo (posição 1 do presente para o passado), onde o fim da história é conhecido e constitui o ponto de partida (como ilustrado no Capítulo 1), a postura prospectiva de avaliação (2) constitui uma situação completamente diferente.<sup>46</sup> Por um lado, o futuro é incerto e, por outro lado, as causalidades circulares e não lineares desempenham todo o seu papel de embaçamento dos nexos causais, que desejaríamos que fossem mais lineares. Causalidades simples ou lineares permitiriam deduzir o comportamento global dos sistemas e redes sociotecnológicas, mas, como disse Boris Cyrulnik, “as causalidades lineares são parcialmente verdadeiras e totalmente falsas”.<sup>47</sup> Por outro lado, a multiplicidade de objetos e fenômenos a serem levados em consideração ou extraídos da realidade é, *a priori*, ilimitada, infinita.

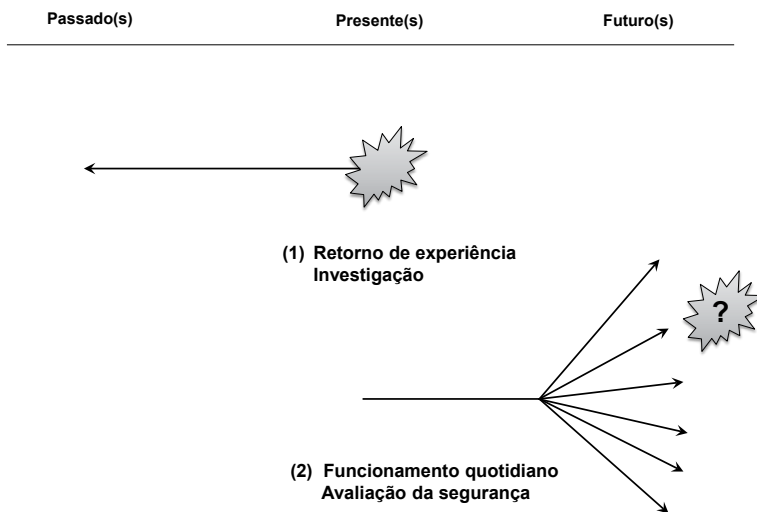


Figura 5.4 Duas posturas, retrospectiva e prospectiva

Para o exercício de avaliação, são necessárias algumas indicações de base para considerar as opções de olhar para este ou aquele aspecto de um sistema ou rede sociotecnológica. Hervé Laroche, especialista em administração, e Mathilde Bourrier, socióloga organizacional, colocaram o problema da segurança industrial nos termos seguintes, sob o ângulo dos “fatores organizacionais”:

*Aí você tem que decidir onde olhar [...]. É difícil estudar todo o funcionamento de uma organização ou sistema de organizações. É necessário, de alguma forma, fazer escolhas e decidir abordar a realidade do funcionamento da organização por meio de uma série de cortes, sondagens e ângulos de observação.*<sup>48</sup>

### Primeiro modelo: modelo sistêmico e dinâmico de construção da segurança (MSDCS)

Desse ponto de vista, antes de mais nada, devemos partir da constatação decorrente da revisão dos modelos que acaba de ser feita, de que os principais modelos de segurança industrial surgiram todos nos anos 1980 e 1990, desenvolvidos por autores que eram engenheiros, psicólogos, ergonomistas ou psicossociólogos. Os pontos fracos enumerados constituem pontos de partida

para novas propostas. Por exemplo, em relação ao modelo de Karl Weick e colegas, notou-se que o modelo não foi baseado em estudos empíricos dos autores, senão em uma combinação de vários pontos de vista disciplinares de diferentes setores industriais, o que tende a dar ao modelo um caráter artificial em comparação com modelos desenvolvidos a partir de estudos de caso realizados pelos autores, e comporta um aspecto de modelo ideal, difícil de imaginar na prática.

Sobre os modelos de Jens Rasmussen, foi observado que não especificam nem sugerem as dimensões a serem descritas ou examinadas ao analisar sistemas sociotécnicos no seu ambiente. Finalmente, foi apontado que o modelo de James Reason não introduz especificamente atividades de gestão da segurança (análise de risco, retorno de experiência, gestão das mudanças) em relação aos planos, embora os sistemas de gestão da segurança sejam as abordagens mais difundidas nas empresas. Todos esses pontos fracos devem servir de trampolim para imaginar e construir algo novo.

Contudo, são muitas as fontes disponíveis para desenvolver modelos de segurança, especialmente desde perspectivas mais sociológicas, ou ainda de administração e políticas, que permitem superar as insuficiências desses modelos e dos seus fundamentos. No entanto, a fim de orientar a produção de tal modelo, é necessário especificar suas características ou princípios de desenvolvimento essenciais em relação aos objetivos. Esses princípios podem ser pensados com base nas dimensões identificadas na análise anterior:

- 1) Em primeiro lugar, é necessário um modelo genérico ou geral, ou seja, um modelo que não se limite a um único caso, mas que tenha potencial para ser aplicado a diferentes tipos de sistemas sociotecnológicos.
- 2) Em segundo lugar, deve-se procurar uma postura a meio caminho entre descritividade e normatividade, a fim de manter o objetivo da avaliação, o que implica pensar nas metáforas ou analogias que contribuirão para esse objetivo.
- 3) Em terceiro lugar, é necessário resgatar as contribuições das ciências sociais, em particular da administração, sociologia e política, sobre as dinâmicas acidentais que se trata de identificar e prevenir, indicando a problemática micro/meso/macro que permite prever a interação de diferentes níveis de análise.
- 4) Em quarto lugar, deve ser produzido um modelo que não seja muito simples nem muito complicado, a fim de desempenhar seu papel como

inscrição e objeto de fronteira performativo na interface de diversas comunidades de pesquisadores e profissionais.

Com base nesses quatro critérios para elaborar um novo modelo, dois empréstimos da literatura sobre segurança industrial são articulados. A identificação desses dois modelos foi possível por meio de uma abordagem bibliográfica abrangente, que foi apresentada e organizada nos Capítulos 2 e 4. Em particular, a representação em forma de alvo (Figura 4.1), distinguindo entre posturas normativas ou descritivas, os níveis de análise micro/meso/macro, e também os momentos (depois ou antes de um evento), mostra claramente as particularidades das abordagens e, portanto, também sua sinergia potencial. Esses modelos pertencem à categoria “organização” (Capítulo 2). Trata-se da abordagem de Andrew Hale, dos princípios dos sistemas de gestão da segurança, e da proposta de Diane Vaughan de generalizar o conceito de “normalização do desvio” a partir de seus estudos de caso. A razão de sua compatibilidade e o interesse de combiná-los de acordo com os princípios de desenvolvimento adotados ficarão explícitos a seguir.

## Exemplo de modelo genérico e de orientação prescritiva (Hale, 2003)

### *Princípios genéricos*

Andrew Hale,<sup>49</sup> psicólogo e pioneiro da pesquisa em segurança nos anos 1970, 1980 e 1990, propôs, entre outros modelos sobre aspectos complementares (por exemplo, ciclos de vida de uma instalação, barreiras) ou diferentes setores industriais (como transporte ferroviário, aéreo ou indústria química), o seguinte modelo genérico, que tem sido levemente adaptado (Figura 5.5). Ele articula uma série de atividades dos sistemas de gestão da segurança. O ponto de partida são as situações de risco – os processos, (1) – e a análise de risco desses processos (2). Essa atividade deve permitir a definição dos meios de prevenção e proteção necessários (barreiras de defesa), tanto técnicos quanto individuais ou coletivos (3, 4) para implementar a estratégia de gestão de riscos.

Estes estarão sujeitos a fiscalizações, manutenção (5) e auditorias (6) que serão objeto de avaliação (7). No dia a dia das operações, as interações entre processos, equipamentos e profissionais envolvidos produzem eventos (incidentes, acidentes) que serão objeto de retorno de experiência (8). Nos retornos

de experiência se questionarão os conhecimentos sobre os riscos. Desse ponto de vista, ou os riscos (ou cenários) são conhecidos (9) ou não são (10) e serão objeto de uma reavaliação (por exemplo dos processos envolvidos no caso, ou processos ou instalações idênticos dentro da mesma empresa) (11). As informações coletadas pelas auditorias (5), fiscalizações, manutenção (6) e retornos de experiência (8) fornecem os indicadores para a gestão da segurança (12).

As mudanças, tanto técnicas quanto organizacionais (13), são avaliadas em termos do seu impacto potencial nas medidas de defesa do sistema e são sujeitas a auditorias e retorno de experiência. A condução do sistema de gestão é assegurada pelo monitoramento de indicadores que centralizam as informações sobre a operação do sistema (14). Pode ser introduzida também uma função de auditoria do conjunto das atividades, mas não está aqui representada por motivos de clareza (pois teria setas partindo da função de auditoria para todas as outras caixas). Esse sistema deve produzir um ciclo que permita retroalimentação dinâmica (*feedback*), bem como capacidades de antecipação com análise de risco, gestão das mudanças (pré-alimentação ou *feedforward*).

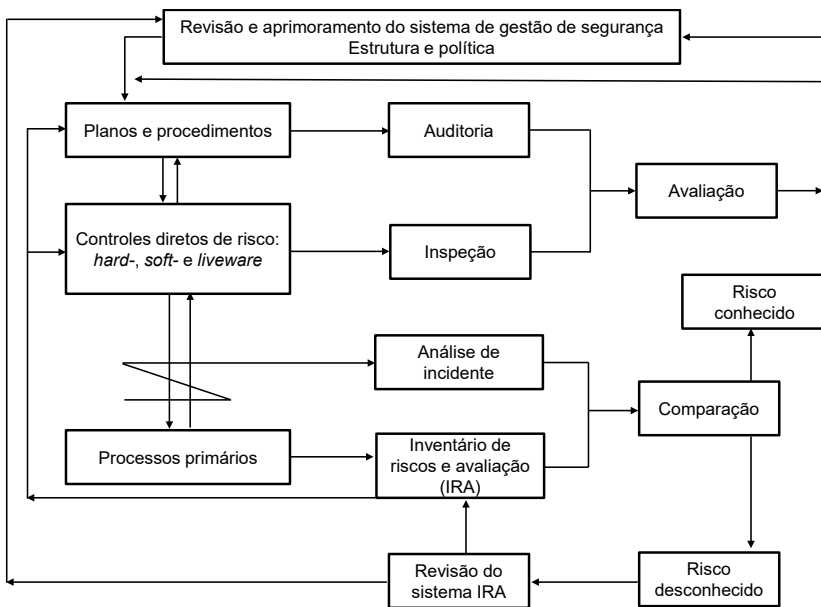


Figura 5.5 Modelo de gestão da segurança. Adaptado de Hale (2003)

### *Versão específica e prescritiva*

Todas essas atividades são configuradas especificamente e são objeto da aplicação de instrumentos, ferramentas ou dispositivos gerenciais<sup>50</sup> específicos das indústrias envolvidas.<sup>51</sup> O saber-fazer (*know-how*), por vezes bem documentado em guias profissionais, se encontra no mercado de consultoria ou desenvolvido dentro das empresas (sem necessariamente ser divulgado), em praticamente todas essas atividades de gestão da segurança. Essa dimensão prescritiva do modelo permite associar os meios de implementação às atividades. Por exemplo, métodos de análise de risco, bem como os métodos de retorno de experiência, existem há muitos anos dentro das grandes empresas. Baseiam-se em princípios metodológicos (como FMECA, Hazop, análise das causas profundas, árvore das causas etc.) implementados em configurações mais ou menos especificadas (presença de engenheiros, operadores, um facilitador para garantir o método etc.).

Técnicas de auditoria, princípios de fiscalização e princípios de desenvolvimento de procedimentos são igualmente produzidos. Evidentemente, todas essas ferramentas ou instrumentos estão em constante evolução e as inovações de caráter gerencial facilitam avanços em todas as áreas da gestão da segurança, tanto em termos técnicos (ou seja, abordagens por barreiras) ou ergonômicos do ponto de vista dos fatores humanos (ou seja, consideração do fator humano no desenho de produto ou nas barreiras de segurança) quanto de fatores organizacionais. No entanto, nem todos os setores industriais alcançaram o mesmo ponto nesses âmbitos, por razões ligadas à sua própria história. Apesar de ainda termos poucos dados comparativos, verificam-se diferenças entre os setores aeronáutico, nuclear e químico, para citar apenas três indústrias de risco.

Esse tipo de abordagem, baseada em um modelo genérico que tem uma expressão específica e prescritiva pela introdução de ferramentas ou instrumentos, é interessante pois permite obter rapidamente uma visão geral de uma organização e identificar as diferentes alavancas de gestão em que esta se apoia para gerir a segurança industrial. Efetivamente, *a priori*, análises de risco mais numerosas e mais profundas correspondem a maior segurança. Mais retorno de experiência com mais profundidade nas análises também leva, *a priori*, a um melhor conhecimento dos riscos, e assim por diante. Outra vantagem desse modelo é que, ao mostrar as dimensões importantes para a segurança, pode ser útil em auditorias, mas também para identificar quais atividades contribuíram para a gênese de incidentes ou acidentes.



Assim, após o acidente na refinaria BP Texas City em 2005, o *Baker Panel*<sup>52</sup> dedicou uma grande parte da sua análise aprofundada das refinarias da BP nos Estados Unidos (5 refinarias, mais de 700 entrevistas e cerca de 7.500 questionários) à identificação, ponto por ponto, das funções principais do sistema de gestão da segurança dos procedimentos da BP, para atestar as insuficiências encontradas em cada uma dessas atividades (não com base no modelo de Andrew Hale, mas nos temas habitualmente abordados). O relatório mostra que os indicadores de monitoramento eram inadequados para a segurança dos procedimentos (estando orientados à segurança no trabalho), que os resultados das auditorias e investigações pós-incidente não eram sistematicamente levados em consideração, que as análises dos incidentes não remontavam até suas causas profundas etc. De fato, como mostram as análises de acidentes maiores, todos esses princípios teóricos, todas essas atividades baseadas em instrumentos e ferramentas de gestão são raramente aplicadas de acordo com os princípios previstos.

### *Limitações*

Encontramos aqui uma das constatações das pesquisas sobre ferramentas e instrumentos em administração, fora do campo da segurança:

Quer as críticas sejam feitas por sociólogos, economistas, sistemistas, ou mesmo pelos próprios especialistas em administração, elas constituem um julgamento global muito sério. Ferramentas atropeladas pela lógica do poder, mal adaptadas a certas formas de cultura, com lacunas, incompletas, sem coerência com a organização existente, porém suficientemente estruturantes para levar a comportamentos coletivos contraintuitivos etc., eis uma “invenção” na qual foram depositadas muitas esperanças e que se revelou particularmente decepcionante.<sup>53</sup>

Portanto, tais limitações da abordagem genérica e prescritiva pelos sistemas de gestão da segurança, na forma de instrumentos ou ferramentas para cada uma das atividades identificadas, podem ser criticadas com muita razão do ponto de vista sociológico.

Para Mathilde Bourrier, socióloga organizacional,

é ilusório pensar na segurança de uma organização e estabelecer seus princípios antes de compreender seus modos de funcionamento. Os sistemas

de gestão da segurança (SGS) não terão qualquer efeito se não forem mais do que uma colcha de retalhos de doutrinas sobre o funcionamento das organizações, cujo *modus operandi* não é objetivado.<sup>54</sup>

Aliás, fora do campo da segurança, desenvolveu-se uma abordagem sociológica complementar em torno de um melhor conhecimento da implementação efetiva de ferramentas, dispositivos ou instrumentos.<sup>55</sup>

Globalmente, uma crítica que pode ser feita a esse tipo de modelo genérico e de orientação prescritiva é, certamente, que não fornece as formas de interpretação para perfilar o problema da implementação efetiva de instrumentos ou ferramentas, e cria uma imagem excessivamente “mecanicista” da organização, muito distante da realidade. Assim, fica demasiado superficial quanto à compreensão dos fenômenos políticos, econômicos e sociais que animam a vida das empresas, os quais condicionam e transformam os instrumentos ou ferramentas propostos, seja por apropriação, adaptação ou rejeição. Em resumo, poder-se-ia dizer que, apesar da sua ancoragem empírica indiscutível, o modelo de Andrew Hale desenvolve uma visão baseada nas atividades e instrumentos, mais do que nos atores.

## Exemplo de modelo genérico e de orientação descritiva (Vaughan, 1999)

### *O caso Challenger*

A socióloga americana Diane Vaughan tem uma abordagem bastante diferente de modelagem. Sua abordagem, sociológica e etnográfica, consiste em se manter o mais próximo possível dos dados de um fenômeno, em uma perspectiva de ação situada, com uma orientação descritiva em vez de prescritiva. A sua abordagem é a do estudo de caso,<sup>56</sup> que ilustrou anteriormente em monografias sobre diferentes assuntos, como faltas profissionais<sup>57</sup> ou o casal,<sup>58</sup> ancorada em uma tradição sociológica de pesquisa empírica qualitativa.<sup>59</sup> A sua perspectiva sobre o acidente do Challenger tornou-se uma referência essencial para a compreensão organizacional e sociotecnológica de acidentes maiores. Segue um resumo dela, em complemento às informações já fornecidas na parte histórica sobre o fenômeno da normalização do desvio.

A sua análise detalhada demonstra um processo histórico (normalização do desvio) envolvendo múltiplas decisões tomadas ao longo do funcionamento

da agência espacial (Nasa) que nos levam ao cerne das práticas e interações entre tecnologia e artefatos, gestores, cientistas e engenheiros da Nasa e suas prestadoras de serviços, bem como políticos no Congresso que submetiam a organização a uma pressão orçamentária muito grande e à assunção de objetivos dificilmente compatíveis com o lado experimental do desenvolvimento do ônibus espacial.

No seu trabalho interagem vários grandes temas: estrutura organizacional, poder e cultura, o poder do Congresso para impor fortes restrições orçamentárias que devem ser implementadas pelos gestores da Nasa, e a produção de uma cultura dentro da Nasa, ancorada nos sucessos passados de engenharia do programa Apollo. A sua descrição das relações de poder revela a falta de poder do departamento de segurança e qualidade, que se torna incapaz de lançar uma visão externa sobre as atividades de análise de risco e de retorno de experiência dos engenheiros. Ela também estuda como se cria a cultura de produção dos engenheiros na sua socialização acadêmica e profissional, para integrar os imperativos de produção e na procura de soluções tecnológicas.

Ela mostra o poder dos gestores da Nasa, exercendo pressão sobre os subcontratados envolvidos nas discussões sobre a decisão de lançamento do ônibus espacial. Analisa como a cultura profissional dos gestores entra em conflito com a dos engenheiros. Estes últimos, diante das incertezas, querem mais informações para formar uma ideia do nível de segurança, enquanto os gestores vêm os sucessos passados como uma confirmação da segurança e invertem a lógica dos engenheiros, pedindo-lhes para demonstrar que não é seguro. O resultado é que “pessoas bem-intencionadas em diferentes lugares de uma organização podem ver o mesmo estímulo de forma diferente”<sup>60</sup> (citando uma análise do caso Columbia, que tem semelhanças com o Challenger). Os efeitos da estrutura organizacional afetam, por meio do “segredo estrutural”, a capacidade da organização de integrar o todo, por causa das diferentes posições, as especializações e o afastamento geográfico, bem como as dependências em termos de informações que as estruturas geram entre os diferentes atores e serviços.

### *Generalização do modelo*

Além dessa interpretação específica do caso Challenger, ela tentou estabelecer uma generalização<sup>61</sup> do que descreve como o *dark side* (lado escuro) das organizações, ou seja, os desvios organizacionais, abrangendo não apenas a questão dos desastres, mas também os erros (*mistakes*) e faltas profissionais

(*misconducts*). Esse modelo genérico e descritivo baseia-se no princípio de uma leitura do fenômeno organizacional de acordo com uma perspectiva micro/meso/macro ancorada na sua abordagem empírica e conceitual na interpretação do caso Challenger e na herança da tradição sociológica.<sup>62</sup>

O nível macro corresponde nesse modelo ao ambiente da organização, que inclui dimensões como a demografia, cultura (por meio de instituições, mas também da organização), tecnologia, o mercado, a política, os regulamentos ou ainda a rede de relações interorganizacionais (ou seja, a subcontratação). O nível meso corresponde à organização com uma divisão em estrutura (tamanho, complexidade, especialização de funções, distribuição geográfica), processos (poder, aprendizagem organizacional, socialização) e tarefas (correspondente à interface das atividades com a tecnologia). Finalmente, o nível micro introduz as dimensões individuais ligadas aos aspectos cognitivos e culturais das interpretações feitas pelos atores. É na consideração sistêmica da articulação desses três níveis de análise e das suas dimensões associadas que é possível uma compreensão adequada dos acidentes maiores.<sup>63</sup>

Trata-se de uma abordagem por meio dos atores em vez dos instrumentos. Enquanto a orientação do primeiro modelo é mais gerencial e à procura de uma representação gráfica para apoiar o esforço de modelagem (no espírito “boxológico”,<sup>64</sup> Andrew Hale tendo inicialmente uma orientação psicológica),<sup>65</sup> o segundo modelo é sociológico e literal na orientação. O último acrescenta dimensões que faltam no primeiro. A importância de levar em consideração a relação entre o ambiente, a organização e os indivíduos reflete bem a natureza dinâmica, sistêmica e construída dos acidentes. Compreender o entrelaçamento desses três níveis de análise requer ter em conta a construção de fenômenos políticos, econômicos, interorganizacionais, estruturais, culturais e cognitivos, bem como de poder. A aplicação subsequente desse modelo ao caso do acidente do Columbia fornece mais informações sobre a sua implementação.<sup>66</sup>

Por outro lado, como se vê, esse modelo é um exemplo de bricolagem que levará em consideração múltiplas fontes construtivistas. A construção social pelo processo de institucionalização, nomeadamente as socializações secundárias, no sentido de Peter Berger e Thomas Luckmann, é mobilizada para introduzir as restrições cognitivas exercidas pela socialização dos engenheiros da Nasa em seus processos de tomada de decisão.

A construção pelos engenheiros de modelos interpretativos que enfrentam as incertezas tecnológicas no sentido em que estas são estudadas pela nova sociologia construtivista da ciência, com Bruno Latour ou Brian Wynne, é também utilizada por Diane Vaughan para lançar luz sobre as discussões e

atividades dos engenheiros em torno do comportamento dos anéis de vedação do ônibus espacial. A construção de sentido, segundo Karl Weick, em relação às situações de interação entre engenheiros e gestores é também usada para mostrar como duas categorias de atores são levados a interagir em situações com ambiguidades, incertezas, e como essas situações são então enquadradas e inscritas em lógicas de compromisso. Esse construtivismo aberto e combinado permite a interação de vários registros de sensibilidades um tanto diferentes, como descreveu Peter Galison em relação às investigações de acidentes: “encontramos nas análises de sistemas ou redes uma compreensão da natureza interligada das instituições, indivíduos, filosofias, culturas profissionais e objetos”.<sup>67</sup>

### *Limitações*

Entretanto, esse modelo não está, obviamente, livre de limitações em relação ao objetivo dessa reflexão, orientada para a avaliação e elaboração de modelos visuais. Assim, vemos que essa proposta está muito ligada à experiência da autora com o caso específico da explosão do Challenger, colocando o foco na tomada de decisão coletiva de prosseguir ou não com o lançamento e, portanto, nas populações de engenheiros e gestores. Essa experiência também diz respeito a uma organização única, a Nasa, que não pode ser comparada sem especial cautela com outros sistemas industriais de risco, como refinarias (cuja tecnologia não se compara com um ônibus espacial) ou aeronaves (cujo *status* de operação comercial está bem estabelecido). Portanto, ficaram em segundo plano problemáticas como as atividades de manutenção, a implementação de barreiras técnicas de defesa ou a automação (que traz interfaces homem-máquina).

Entretanto, elas são sistematicamente encontradas em muitas análises de acidentes em outros sistemas de risco. Toda a literatura em psicologia cognitiva ou ergonomia, por exemplo, fornece inúmeros modelos com o objetivo de compreender melhor os erros (ou a resiliência) dos pilotos, motoristas ou operadores em relação à automação, uma literatura que Diane Vaughan não usa devido à natureza do acidente que está estudando (categoria “cognição” do Capítulo 2). Por outro lado, sua orientação descritiva a priva de um posicionamento sobre as soluções gerenciais que seria desejável implementar,<sup>68</sup> com base, por exemplo, em um modelo mais normativo, questionando o desvio respeito dele e a qualidade da condução esperada por meio de ciclos de reajuste entre as atividades de gestão de riscos (presentes no modelo de Hale).

## Modelo genérico de avaliação

A tentativa ora apresentada aproveita esses dois modelos genéricos (e suas respectivas limitações) para propor um modelo genérico e normativo (de avaliação) de segurança industrial de uma perspectiva sociotecnológica. Do primeiro modelo, mantenho a ideia central de um ajuste dinâmico entre atividades de gestão: a análise de risco (no projeto ou após modificações técnicas ou organizacionais) leva à implementação de barreiras de segurança humanas e técnicas e, em seguida, à sua manutenção (e ao treinamento de operadores, engenheiros e gestores). O retorno de experiência, as fiscalizações e auditorias se traduzem em indicadores para a avaliação e melhoria do sistema. Essa abordagem pela gestão da segurança confere uma dimensão normativa.

Combino esses elementos do primeiro modelo com a perspectiva sistêmica macro/meso/micro (ambiente-organização-indivíduos) do segundo, cuja inteligibilidade decorre especialmente da introdução das dimensões política, econômica, cultural (institucional) e interorganizacional, estrutural (tamanho, complexidade, especialização das funções e distribuição geográfica), cognitiva e do poder, ausentes (ou não explícitas) no primeiro modelo (na versão um tanto simplificada aqui apresentada). Essa entrada por meio de uma abordagem de orientação sociológica traz o toque descritivo do modelo. A articulação desses dois modelos permite a elaboração de um novo modelo de construção da segurança, genérico e orientado à avaliação (sustentando assim um caráter normativo). Esse modelo é baseado em seis dimensões (Quadro 5.4), explicitadas por meio dos casos, ora do Challenger, ora do Columbia.

**Quadro 5.4** Dimensões do modelo genérico e normativo proposto e relações com os dois modelos de origem

Relação com os modelos de origem		Modelo proposto
Andrew Hale “Sistema de gestão da segurança”	Diane Vaughan “Lado escuro das organizações”	
Avaliação do sistema Indicadores	Contexto econômico, político, cultural (institucional), demográfico e de subcontratação da Nasa	Estratégia da empresa em seu ambiente (econômico, humano e social, tecnológico, regulamentar, contratual)

Relação com os modelos de origem		Modelo proposto
Andrew Hale “Sistema de gestão da segurança”	Diane Vaughan “Lado escuro das organizações”	
Gestão de mudanças	Histórico de mudanças organizacionais na Nasa e como elas se refletem no rumo das decisões	Impacto das mudanças tecnológicas e organizacionais na segurança e capacidade de percepção pela empresa
Auditoria	Comitês de auditoria criados (em resposta ou não a problemas, incidentes ou acidentes sofridos pela agência)	Qualidade dos olhares externos (incluindo autoridades de controle) e internos sobre aspectos técnicos e organizacionais da segurança, bem como capacidade e possibilidade de a empresa levá-los em consideração
Análise de risco, gestão de mudanças, retorno de experiência, auditoria	Independência, recursos e competência do departamento de qualidade e segurança nos acidentes dos ônibus espaciais Challenger e Columbia	Posicionamento e influência da função de segurança nas decisões em fase de projeto, no dia a dia e após eventos
Retorno de experiência	Influência da experiência na tomada de decisões coletivas, problemática da normalização dos desvios	Reflexividade da organização após análises de incidentes ou acidentes, sensibilidade a sinais fracos
Barreiras técnicas e humanas	Tecnologias, regras e dispositivos gerenciais estabelecidos na fase de projeto para garantir a segurança do ônibus espacial	Condição operacional das barreiras de segurança técnicas e humanas implementadas pelos operadores e equipes de trabalho

### *Estratégia da empresa em seu ambiente*

Um dos elementos-chave da interpretação de Diane Vaughan consiste em mostrar que os fatores ambientais econômicos e políticos da agência contribuíram para mantê-la em condições de operação difíceis, em uma situação mais delicada do que no passado (especialmente pela evolução geopolítica que diminui a importância estratégica nacional da agência). A estratégia de aumentar a frequência de lançamento com vistas à exploração comercial do ônibus espacial ilustra a procura de financiamento externo perante a diminuição dos recursos internos. A operação comercial permitia à agência, aumentando o lucro, garantir entradas de dinheiro alternativas ao erário público (por exemplo, por meio da assinatura de contratos com as Forças Armadas para o lançamento de satélites).

Entretanto, o ônibus espacial é uma inovação tecnológica com um retorno de experiência limitado e uma natureza de pesquisa e desenvolvimento que dificilmente se adapta a um regime de operação comercial, com seus prazos e pressões. Esse contexto econômico, político e tecnológico se viu acompanhado por uma configuração particular de recursos humanos, em grande parte subcontratados e terceirizados. O resultado foi bem demonstrado por Vaughan no caso da Nasa, combinando a dependência contratual criadora de uma assimetria de poder (podendo gerar situações de competição e exigências excessivas) e um aumento, no caso da Nasa, de trabalho burocrático dos engenheiros provocado pelas necessidades de rastreabilidade da coordenação (origem de certas transformações de perfis e identidades profissionais). Portanto, é essencial que uma empresa (especialmente seus dirigentes) faça a avaliação dos seus recursos e fatores limitantes em sua estratégia de adaptação ao ambiente, e que a faça levando em conta sua relação com a segurança. Essa avaliação exige levar em conta, como um grande tema em si, a questão das mudanças e evoluções.

### *Mudanças tecnológicas e organizacionais (positivas/negativas)*

Assim, a política do *better, cheaper, faster* (melhor, mais barato, mais rápido) foi muito comentada após o acidente do Columbia,<sup>69</sup> por seu descabimento nas atividades da agência. Diane Vaughan demonstrou como as estratégias gerenciais atingem os níveis inferiores da organização por um efeito de cascata (*trickle-down effect*).<sup>70</sup> A estratégia do *better, cheaper, faster* objetivava garantir a sobrevivência da agência no novo contexto em que ela se encontrava. Entretanto, também se pode considerar que essa estratégia mostrou suas limitações



antes que fossem feitos ajustes suficientes. Mas esse ajuste é problemático, pois muitas vezes leva tempo e nexos causais complexos antes de ficar explícita uma correlação entre várias mudanças e seus impactos, sendo o acidente maior uma manifestação extrema disso. A organização deve, portanto, ser muito sensível aos efeitos das mudanças nas práticas e profissionais em termos de segurança. Esse ponto é central na condução da organização e tange mesmo à gestão dos seus movimentos, tanto tecnológicos quanto organizacionais e sociais.

### *Olhares externos*

Diante dessas dificuldades de avaliação do impacto das mudanças, a qualidade e frequência de olhares externos e a atenção dada a eles pela empresa constituem um eixo importante na capacidade de manter a segurança. Entretanto, nem sempre é fácil para a empresa abrir-se às visões externas (auditores internos ou externos, autoridades de controle), como nem sempre vai ser relevante para a empresa a “*expertise*” externa oferecida quando, às vezes, opera em nichos tecnológicos que ninguém domina fora dela. Na interpretação do acidente do Challenger, Diane Vaughan destacou a dificuldade para que uma visão externa fosse tecnicamente relevante, dada a complexidade tecnológica do ônibus espacial. O olhar das autoridades de controle sofre também certas limitações, por exemplo, relativas ao acesso pelo regulador a todos os dados relevantes, em função do interesse e possibilidade para a empresa de comunicar ou não ao regulador todos os seus problemas e incidentes,<sup>71</sup> sem falar no fenômeno de “captura do regulador” (*regulatory capture*; quando o regulador se torna permissivo). Uma via de interpretação no caso do Challenger foi, portanto, para Vaughan, a questão da autonomia ou dependência entre regulador e regulado.<sup>72</sup>

Por outro lado, algumas recomendações externas podem não ser possíveis para as empresas, dadas as competências e recursos disponíveis, não sendo identificadas tais dificuldades pela entidade externa. Assim, as recomendações da comissão de inquérito no acidente do Columbia foram implementadas apenas parcialmente pela Nasa. A comissão de inquérito não tinha mesmo explicitado como implementar suas recomendações, enquanto os engenheiros e gestores da agência estavam familiarizados com abordagens com foco nos indivíduos ou nas dimensões estruturais das organizações, não nas dimensões sistêmicas e culturais apontadas pela comissão.<sup>73</sup> Nesse modelo, a qualidade dos olhares externos e a possibilidade de a empresa levá-los em conta é,

portanto, um parâmetro essencial. Eles determinam a contribuição da função definida como auditoria para a condução do sistema.

### *Influência da função\* de segurança*

A visão externa, no entanto, é apenas um complemento da visão interna da função especializada em segurança, envolvida em todas as atividades de gestão de riscos (retorno de experiência, análise de risco, gestão de mudanças, auditorias etc.). É claro que a eficácia é variável dependendo da posição, ou seja, do poder, mas também da proficiência técnica e regulamentar, bem como das capacidades relacionais e disponibilidade do departamento de segurança ao meio de universos que se contradizem frequentemente (entre fins de segurança, ambientais, de qualidade, de produção e de clima social). Uma das conclusões dos acidentes do Challenger e do Columbia foi que a falta de independência, autoridade e centralização de uma função especializada em segurança contribuiu para a gênese dos eventos. Como se mobiliza o conhecimento especializado em segurança nas atividades do dia a dia da empresa é um fator-chave. Isso depende da capacidade da função de segurança de oferecer um ponto de vista relevante, apesar dos níveis de diferenciação de funções e de complexidade organizacional, gerados pelo tamanho e especialização das atividades (incluindo a subcontratação), o que pode gerar o “segredo estrutural” de Vaughan. Esse fenômeno, identificado por Diane Vaughan, leva as informações a não circularem adequadamente e, sobretudo, impede o exercício de uma capacidade crítica da segurança a respeito de desenvolvimentos tecnológicos que se tornam excessivamente complexos. A influência dessa função é, portanto, um parâmetro central na manutenção da segurança, por meio de todas as atividades de segurança (auditoria, análise de risco, retorno de experiência).

### *Reflexividade após incidentes e sensibilidade a sinais fracos*

Os sucessivos acidentes da Nasa, em 1986 e 2003, contribuíram para trazer à tona, em especial com os trabalhos de Diane Vaughan (e inicialmente Barry Turner; ver o Capítulo 2), os tópicos do questionamento e dos sinais fracos por meio da situação na tomada de decisão coletiva sobre o lançamento do ônibus espacial Challenger (ou do retorno do ônibus espacial Columbia) e da

---

\* Em francês, *fonction* é a terminologia para cada tipo essencial de atividade nas empresas. Foi Henri Fayol (1841-1925) quem estabeleceu as seis funções essenciais dentro das empresas: técnica, comercial, financeira, administrativa, de segurança e contábil. [N.T.]

interpretação do comportamento dos anéis de vedação em relação ao frio (ou do escudo térmico em relação a reentrada na atmosfera do Columbia). Nessas análises, a ideia de sinais fracos comporta um caráter retrospectivo e relativo. Retrospectivo na medida em que “o precursor, como diz Canguilhem, é aquele sobre quem só se pode saber depois que veio antes” (ver a citação de Edgar Morin no Capítulo 3), e relativo porque sempre deve ser considerado de um certo ponto de vista e não de forma absoluta. Assim, como indicado na seção histórica, as opiniões se dividem entre aqueles que pensam que os sinais poderiam ter sido captados e aqueles que pensam que a posição onisciente retrospectiva distorce o julgamento. A qualidade de escuta da *expertise* interna, técnica e organizacional de membros da organização (ou externa, de indivíduos ou olhares alheios à organização) é uma indicação da sensibilidade aos sinais.

Em tais momentos, faz parte da construção da segurança estabelecer um equilíbrio de poder entre as diferentes racionalidades (ou “culturas”) da empresa (incluindo a função de segurança) e, portanto, estabelecer uma facilitação que permita um concerto e gestão das controvérsias, adaptados àquilo em jogo. No caso de incidentes confirmados e bem identificados pela empresa, as possibilidades de ajuste se constroem sobre a capacidade de questionar a organização e intensidade de sua resposta depois de analisadas (além do foco em explicações individuais e erros). Esses aspectos e problemáticas são todos envolvidos no retorno de experiência, identificado como atividade específica da gestão da segurança.

### *Elaboração e implementação de barreiras técnicas e humanas de segurança*

Entretanto, analisar situações incidentais ou sinais fracos a fim de fornecer um retorno de experiência e exercer uma reflexividade requer uma compreensão da tecnologia, artefatos, inscrições e situações de trabalho, tarefas e atividades, subjacentes aos problemas encontrados. Levar em conta as condições reais das interações dentro dos coletivos, das regulações em torno das regras entre a administração e os operadores, entre operadores e supervisores, entre departamentos, não apenas permite que os objetivos sejam alcançados apesar das variabilidades e imprevistos diários, como também facilita o objetivo de análise dos incidentes. Os “erros” sempre fazem mais sentido quando considerados na perspectiva do seu contexto de trabalho (tecnologia, coletivo, prescrições). Esse contexto permite levantar o problema dos tipos de regras e da variabilidade em torno da implementação de barreiras de segurança. A fim

de evitar riscos, um certo número de dispositivos, técnicos, humanos ou organizacionais é estabelecido para limitar a ocorrência de cenários identificados pelas análises de risco. Por exemplo, no caso da Nasa estudado por Vaughan, o dispositivo de concerto e tomada de decisão, escalonado em vários níveis, pode ser considerado como uma forma de barreira.

A prática de testar os anéis de vedação antes de cada lançamento do ônibus espacial poderia também ser considerada uma barreira, bem como a redundância deles, o que constitui um elemento técnico em termos de barreira. Assim associadas, essas barreiras constituem a arquitetura de defesa do sistema. A pertinência de uma arquitetura se baseia em princípios como os de independência e redundância, que são fundamentais e reduzem a probabilidade de ocorrência e gravidade dos acidentes. Porém, paradoxalmente, segundo Vaughan, foi a confiança nessa arquitetura (particularmente a redundância das juntas) e na conformidade com as regras, bem como no respeito do enquadramento formal, prescrito, da tomada de decisão, que orientou a infeliz escolha dos engenheiros. Paradoxalmente, sim, pois a lição de muitos acidentes, assim como dos estudos no funcionamento normal, mostra que é mais frequentemente nas adaptações em torno das regras que se esconde o potencial para incidentes.

Essas margens adaptativas são espaços de autonomia onde a *expertise* e o saber-fazer individuais e coletivos dos operadores são expressos em relação aos esforços de racionalização dos engenheiros e idealizadores. Essa expressão também é necessária para levar em conta os imprevistos e variabilidade nas condições de execução reais das atividades. Esse paradoxo entre conformidade e não conformidade como fonte de risco em caso de novidade em relação às regras (para gerir variações, desvios e surpresas) indica a ambiguidade e complexidade do problema, especialmente diante de situações novas. Por um lado, as regras permitem lidar com o esperado, por outro, podem inibir e restringir a criatividade necessária para lidar com o inesperado.

Portanto, em vez de defender um ilusório respeito estrito aos procedimentos (com suas limitações inevitáveis), precisamos abordar o problema em termos de acertar a perspectiva sobre essas margens adaptativas em relação ao conjunto de barreiras. O paradoxo também indica a importância da robustez do coletivo na hora de lidar com tais ambiguidades. Esse coletivo é formado por indivíduos cuja regulação depende de muitos parâmetros, incluindo as faixas etárias, perfis profissionais e *expertises*, níveis e relações hierárquicas, vínculos contratuais (subcontratação), natureza das tarefas etc., que, por sua vez, condicionam a coordenação, comunicação e cooperação que garantem sua robustez. Assim, condições degradadas da arquitetura de segurança (insuficiente

manutenção dos dispositivos técnicos, falta de pessoal nos coletivos), associadas a restrições (econômicas, de recursos humanos etc.) da organização no seu ambiente, contribuem, por exemplo, para enfraquecer a robustez. Essa dimensão ilustra a problemática enfrentada na implementação de barreiras técnicas e humanas de segurança. Desse ponto de vista, o estado de funcionamento da arquitetura de segurança é um elemento central.

### Um modelo simples para uma dinâmica complexa

O modelo de segurança industrial obtido, baseado nos princípios definidos anteriormente, é representado graficamente na Figura 5.6. Tal modelo é particularmente complexo, pois requer a consideração simultânea de vários níveis de análise. É por isso que é essencial um esforço visual, gráfico ou de inscrição.

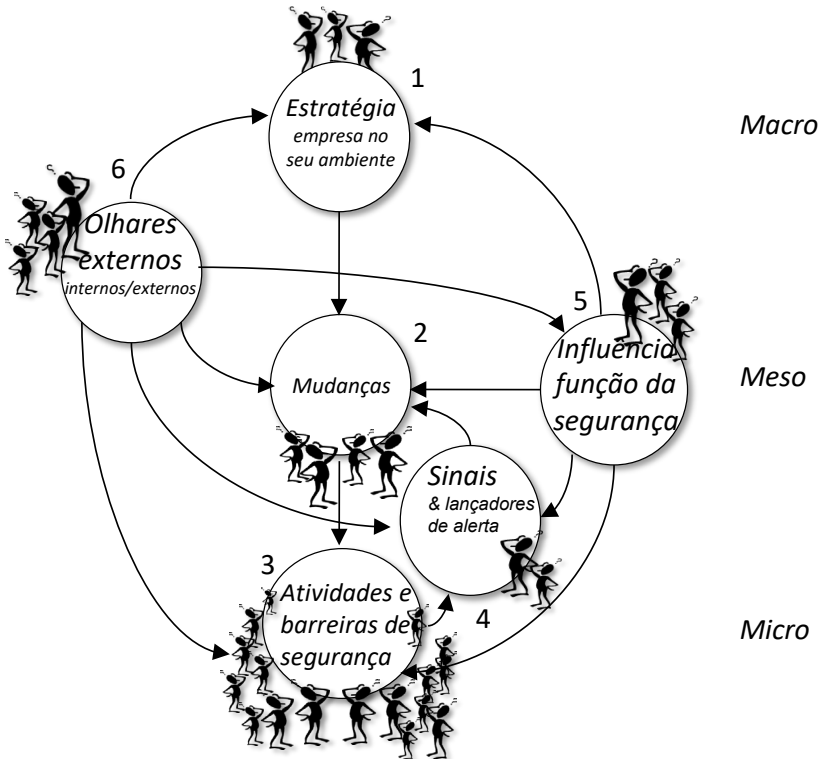


Figura 5.6 Um modelo sistêmico e dinâmico de construção da segurança industrial (MSDCS)

Esse modelo diz o seguinte:

- 1) as orientações estratégicas dos dirigentes da empresa em seu ambiente econômico, político, social e tecnológico, levam a...
- 2) uma série de mudanças tecnológicas e organizacionais que podem ter tanto impactos positivos quanto negativos sobre...
- 3) a concepção e/ou implementação de barreiras de segurança (técnicas e humanas) por operadores e equipes em nível operacional, situação monitorada e comunicada;
- 4) em primeiro lugar, com ouvido atento aos sinais fracos (potencialmente transmitidos por lançadores de alerta (*whistleblowers*) e reflexividade após os incidentes;
- 5) em segundo lugar, pela presença de uma função de segurança competente e suficientemente influente para questionar a empresa sobre o impacto das mudanças na concepção ou implementação da arquitetura das barreiras de segurança, garantindo a retransmissão dos sinais para os níveis superiores;
- 6) e finalmente, em terceiro lugar, pelo exame externo que a organização é capaz de mobilizar e cujas lições é capaz de extrair e traduzir concretamente nas práticas e orientações estratégicas.

O Quadro 5.5 retoma os princípios de desenvolvimento e o resultado obtido. Pode-se ver que a dinâmica prevista específica, mais do que os modelos precedentes, tanto os tipos de atores quanto as dimensões que interagem. Esse primeiro modelo é acompanhado por um segundo que tem outro objetivo de visualização.

**Quadro 5.5** Princípios de desenvolvimento e modelo resultante

Princípios de desenvolvimento	Modelo de Andrew Hale	Modelo de Diane Vaughan	Modelo de segurança obtido
Modelo genérico que permite considerar um leque de casos muito amplo	Modelo genérico que indica as atividades de gestão da segurança, válido para qualquer tipo de sistema de risco	Modelo genérico baseado na consideração de parâmetros técnicos, organizacionais, culturais, sociais e políticos, previsto para qualquer tipo de sistema de risco	Modelo genérico baseado na consideração de parâmetros técnicos, de atividade de segurança, organizacionais, culturais, sociais e políticos, pensado para qualquer tipo de sistema de risco
Modelo que integra capacidade descritiva e normativa (incluindo metáforas)	Orientação normativa de tipo gerencial baseada em princípios cibernéticos de retroalimentação, garantindo o controle do rumo entre as atividades	Uma orientação descritiva, ancorada na tradição sociológica empírica	Modelo que incorpora princípios descritivos herdados da postura sociológica e normativa herdada das ciências da administração, baseado na metáfora da complexidade (causalidades circulares não deterministas) que problematiza as dinâmicas tecno-sociais observadas (metáfora da construção)

Princípios de desenvolvimento	Modelo de Andrew Hale	Modelo de Diane Vaughan	Modelo de segurança obtido
Modelo que leva em consideração a dimensão micro/meso/macro por trás das problemáticas de acidentes e de segurança	Modelo baseado na desagregação por atividades, sem entrar em pormenores sobre a divisão micro/meso/macro, mas compatível com abordagens empíricas dessa natureza	Modelo baseado na consideração explícita do acoplamento sistêmico e dinâmico micro/meso/macro	Modelo que incorpora a necessidade de uma visão dinâmica, sistêmica e sociotecnológica das relações entre tecnologia, indivíduos, organização e ambiente
Compromisso entre simplicidade e complexidade para desempenhar o papel de inscrição e objeto de fronteira entre comunidades	Modelo baseado em caixas e setas que relacionam as atividades entre elas e mostram os fluxos de informação para a gestão	Modelo literal que explicita e trabalha com estudos de caso, aumenta em caráter geral, sem suporte gráfico dos textos	Modelo baseado na representação gráfica e no agrupamento de seis frases explicativas da dinâmica sistêmica e sociotecnológica subjacente

## Segundo modelo: sistema sociotecnológico modificado (SSTM)

As orientações e posturas subjacentes aos desenvolvimentos propostos nesta obra precisam aqui ser marcadas de forma visual e gráfica em maior medida do que no primeiro modelo, que objetivava especificar melhor os temas essenciais da construção da segurança industrial. Para materializar ainda mais essas metáforas, devemos partir da proposta “visão do sistema sociotécnico” de Jens Rasmussen<sup>74</sup> e transformá-la para refletir melhor tudo que foi discutido nos capítulos anteriores, bem como neste capítulo. Essa visão do sistema socio-técnico de Jens Rasmussen foi reproduzida no Quadro 5.2 (figura no lado direito do quadro) deste capítulo e discutida em termos de seus pontos fortes e fracos. Uma alternativa gráfica a essa visão é agora proposta. Ela marca o que pode ser descrito como uma “virada construtivista” do esquema de Jens Rasmussen (com base na proposta de construtivismo “aberto e composto” apresentado



no Capítulo 4), introduzindo duas metáforas complementares, complexidade e redes, e consiste visualmente em:

- Em primeiro lugar, abandonar a visão hierárquica e descendente em favor de uma inscrição que enfatize o “policentrismo” ou o “acentrismo”, introduzindo a ideia de que não existe (ou não existe mais; mas alguma vez existiu?) um ponto de vista centralizador capaz de controlar e supervisionar os sistemas ou redes implantados quotidianamente nos universos de risco (mesmo que, de forma localizada, possamos identificar nós ou atores com um certo grau de centralização).<sup>75</sup>
- Em segundo lugar, sugerir causalidades complexas, auto-organizadas, com propriedades de amplificação/aceleração (ciclos de retroalimentação positiva) e estabilização/compensação (ciclos de retroalimentação negativa), representadas graficamente pela causalidade circular e recursiva, levando a dinâmicas emergentes e imprevisíveis, potencialmente levando a eventos (como também a “não eventos”).
- Em terceiro lugar, esses ciclos devem ser representados como circuitos de interação entre os atores que interagem com o mundo e entre si por meio de construções materiais, cognitivas e sociais, tendo em mente que “materializar é socializar e socializar é materializar”,<sup>76</sup> ou seja, introduzindo nesses laços circulares de interação as entidades heterogêneas que compõem as redes, incluindo artefatos tecnológicos (válvulas, tubos, sensores, *software* etc.), inscrições (procedimentos, telas, modelos, fórmulas, diagramas, dispositivos, instrumentos etc.) mas também entidades naturais (pressão geológica, neblina, atmosfera, *tsunami*),<sup>77</sup> mantendo um ponto de entrada por meio da *expertise* das diversas categorias de atores sem a qual esses sistemas não poderiam funcionar.<sup>78</sup>
- Em quarto lugar, indicar os princípios sociológicos das leituras micro e macro, distinguindo os tipos de atores em nível micro (engenheiros, operadores, quadros intermediários, dirigentes, consultores, fiscais etc.) e as instituições e espaços de socialização em nível macro que restringem e ao mesmo tempo permitem a ação desses atores, reconhecendo ao mesmo tempo a importância das dimensões culturais e de poder.
- Em quinto lugar, introduzir graficamente os observadores ou cientistas como parte dos sistemas e redes de atores, situações e artefatos, e não como observadores externos neutros, pois esses cientistas (engenheiros, químicos, psicólogos ou sociólogos etc.) constroem pontos de vista es-

pecíficos e modalidades de interação específicas com seus objetos/projetos de pesquisa dentro de sua instituição e comunidades de referência, de suas disciplinas ou tradições de pesquisa. A introdução dos cientistas é uma consequência da postura construtivista que questiona a distinção entre fatos/valores, sujeito/objeto e natureza/cultura, tendo como consequência que não é possível nenhuma visão sobressalente, estando os cientistas a bordo, com seus pontos de vista limitados, da mesma forma que os “não cientistas”. Não há nenhum ponto de vista sobressalente que possa reivindicar uma visão onisciente, o que implica a necessidade de reflexividade por parte dos pesquisadores em sua relação tanto com o campo quanto com outras disciplinas.

- Em sexto lugar, mostrar a importância da interação entre ciências “duas” e “moles”, com o objetivo de ir além das “duas culturas”,<sup>79</sup> para uma “terceira cultura” ou para as “humanidades científicas”, ambas expressões referentes às relações hierárquicas diferentes entre as duas culturas, a interação entre elas significando a circulação de conceitos e metáforas e insistindo na necessidade de certos objetos serem trabalhados de forma interdisciplinar.

O gráfico proposto (SSTM, Figura 5.7) pretende sustentar essas novas metáforas que permitem enquadrar-se em uma postura antidualista, como discutido nos Capítulos 3 e 4 sobre complexidade, redes e construtivismo. Elas mostram que os dualismos de natureza e cultura, sujeito e objeto, fatos e valores (mas também teoria e prática, corpo e mente etc.) devem ser problematizados. De “sistema sociotécnico” devemos passar para “redes e sistemas eco-bio-sociotecnológicos”, embora seja preferível manter o termo sociotecnológico por uma razão de legibilidade.

Essa figura pode ser lida por meio de várias das entradas propostas (por exemplo, tecnologia ou artefatos, inscrições e procedimentos, instrumentos, regulador, operadores, idealizadores, cientistas etc.), sem privilegiar nenhuma delas, sendo a problemática a de uma dinâmica global.<sup>80</sup> Como Bruno Latour escreveu sobre a aviação, “Voar é uma propriedade de associação de entidades, consideradas como um todo, incluindo aeroportos e aviões, bases de lançamento e balcões de passageiros. Os Airbus não voam, a Air France voa [...]. Os Boeings 747 não voam, as companhias aéreas voam”.<sup>81</sup>

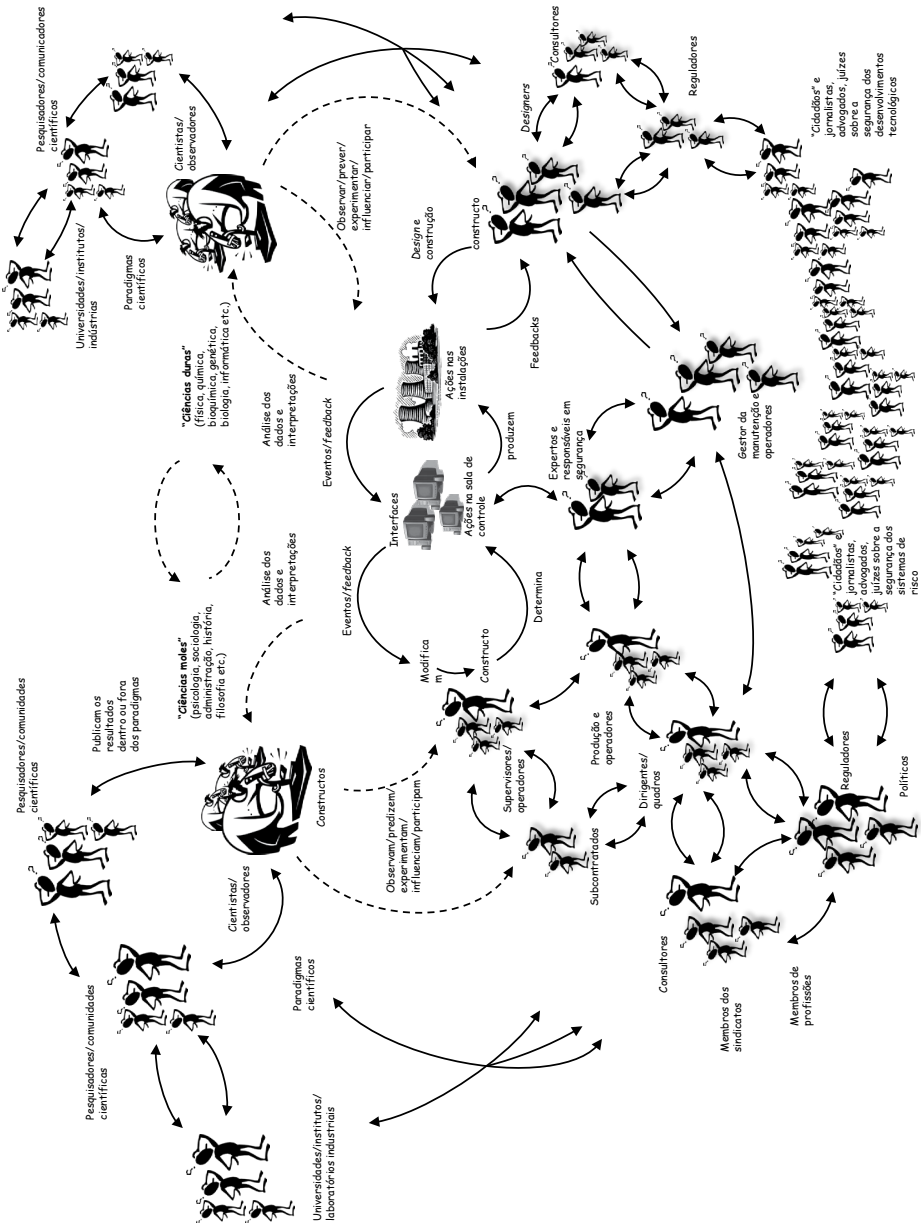
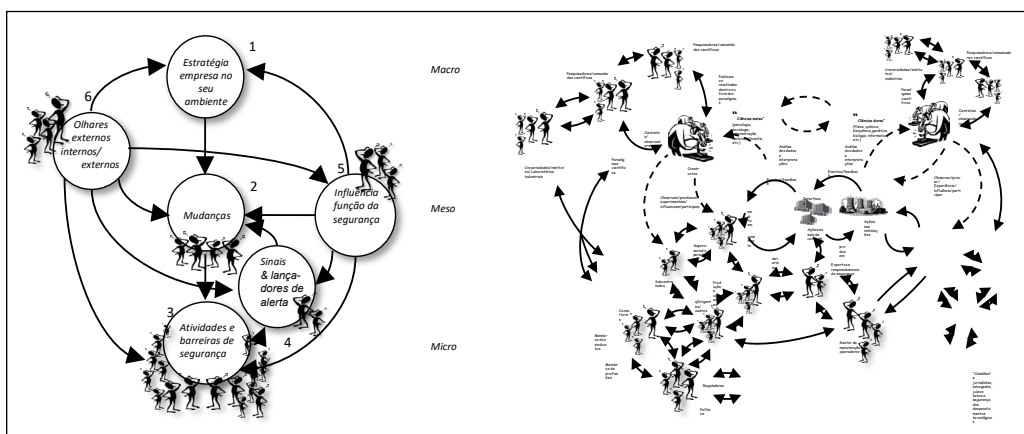


Figura 5.7 Modelo do sistema sociotecnológico modificado (SSTM)

## Dois novos modelos de segurança industrial

Podemos ver, então, que a combinação dessas duas novas propostas (MSDCS, Figura 5.6; SSTM, Figura 5.7) constitui uma possibilidade de renovação dos modelos, metáforas, inscrições e objetos de fronteira encontrados no domínio da segurança industrial e dos acidentes (Quadro 5.6).

**Quadro 5.6** Combinação das duas novas propostas para a segurança industrial e os acidentes



Desses modelos podem ser derivadas muitas implicações para a pesquisa, bem como para a prática, algumas das quais vamos discutir agora. No campo de pesquisa da segurança, permite-nos voltar para a pergunta de James Reason sobre a pesquisa se afastando cada vez mais das causas próximas dos acidentes, como os problemas de manutenção ou procedimentos. “O pêndulo não balançou um pouco demais?” foi a pergunta que ele formulou no final dos anos 1990 e início dos anos 2000.<sup>82</sup>

Ao nos afastarmos cada vez mais, nas análises e investigações, dos nexos causais que somos capazes de estabelecer claramente, não estamos nos afastando do próprio campo da pesquisa de segurança industrial? Em vez disso, precisamos, de fato, agir onde é possível agir. As “causalidades” ou “fatores” econômicos, políticos e sociais não são acessíveis aos engenheiros e gestores nas empresas. Eles precisam ser ajudados no seu dia a dia para remediar os problemas sobre os quais possam agir.

Esses modelos indicam, pelo contrário, que não devemos estar satisfeitos com o discurso de James Reason, mesmo que faça muito sentido. Ele deve ser complementado por estudos empíricos que mostram, por um lado, as transformações econômicas, políticas e sociais que afetam a capacidade de ação dos operadores, engenheiros e gestores, mas também, por outro lado, estudos que tentam mostrar, com uma certa flexibilidade, como algumas dinâmicas globais são mais favoráveis do que outras à manutenção da segurança, em uma abordagem que exige a multiplicação dos níveis de análise, sem se satisfazer com um ângulo de abordagem excessivamente estreito. Essa postura é certamente exigente, mas não deve ser abandonada sob o pretexto de que somente o que resulta em ação direta e livre de incerteza pode entrar nos estudos e pesquisas nessa área. São muitos os ganhos que se podem esperar de uma maior visibilidade das dinâmicas globais usando tais modelos no contexto de estudos empíricos. O capítulo seguinte mostra como.

## Em resumo

Este capítulo apresentou os modelos mais emblemáticos de segurança industrial e acidentes, indicando suas principais qualidades, nomeadamente a sua ambição genérica e normativa, as metáforas que utilizam, bem como o seu caráter visual de inscrição e o seu papel como objetos de fronteira, com caráter performativo. São os modelos de James Reason, Jens Rasmussen e Karl Weick. A comparação desses três modelos é interessante, por um lado, porque realça as suas características próprias e, por outro lado, porque nos permite, analisando os seus pontos fortes e fracos, ver como nenhum desses modelos é perfeito. Todos eles têm vantagens, mas limitações também, que interessa levar em consideração hoje para produzir novos modelos, especialmente depois da nova onda dos anos 2000.

Foram assim propostos dois modelos alternativos, um baseado em uma exploração de modelos genéricos normativos e descritivos, o outro baseado em uma transformação da visão sociotécnica de Jens Rasmussen e nos conceitos de complexidade, redes e construtivismo. Finalmente, os modelos obtidos não pretendem fazer tábula rasa com o passado. Pelo contrário, supõem reconhecer que jamais existe apenas uma forma de construir modelos (e inscrições) de um assunto tão complexo como a segurança industrial, e não existe um ponto de vista ideal, mais alto. Assim, esses modelos contêm empréstimos de modelos anteriores, como a noção de barreiras defensivas de James Reason (embora

restrita aos elementos tecnológicos e atividades próximas das instalações), as noções de envelope de segurança e auto-organização de Jens Rasmussen, ou as noções interacionistas e construtivistas de Karl Weick, mesmo que todos esses aspectos tenham sido readaptados em uma postura antropológica e filosófica antidualista. As implicações desses dois novos modelos são relevantes para a pesquisa e a prática, como vão ilustrar os capítulos seguintes.

## Notas

1. J. Reason (1990a, 1990b, 1997).
2. J. Rasmussen (1990, 1997).
3. K. Weick et al. (1999).
4. Isso não significa de forma alguma que os modelos de segurança apresentados neste capítulo representem a totalidade das práticas e trabalhos sobre o tema da avaliação da segurança industrial do ponto de vista das CHS. Devem ser associadas, nessa perspectiva, as atividades de consultorias especializadas, laboratórios de P&D de grandes grupos industriais (nuclear, transporte), vários institutos dedicados à segurança industrial, e alguns pesquisadores (como o ergonomista François Daniellou, por exemplo; ver Daniellou, 2012). A seleção dos modelos apresentados se baseou nos oito critérios de seleção definidos.
5. J. Reason (1990a, p. 31).
6. J. Reason (1990a, p. 19).
7. J. Reason (1990a, p. 33).
8. B. Turner & N. Pidgeon (1997); S. Dekker (2002b); S. Shorrock et al. (2004); E. Hollnagel (2004).
9. Essa observação é menos verdadeira para algumas das diferentes versões do modelo, em particular a primeira, que identifica bem diferentes tipos de atores, mais implícitos em versões posteriores ao se tornarem “fatias”.
10. J. Reason, E. Hollnagel & J. Paries (2006).
11. S.W. Dekker (2002b); S. Shorrock, M. Young, J. Faulkner & G. Braithwaite (2004).
12. K.J. Vicente (1999).
13. J. Rasmussen & A. Jensen (1974).
14. J. Rasmussen (1987).
15. Aliás, foi nesses termos que a problemática da segurança industrial nos níveis sociotécnicos foi formulada pelos pesquisadores de Berkeley, em particular por Todd La Porte (La Porte, 1981). Como se poderia aprender com os próprios erros se o fracasso, ou seja, o desastre tecnológico grave, não fosse possível?
16. J. Rasmussen (1997).
17. Essa noção coincide bastante com a ideia desenvolvida na mesma época, na sociologia, com o individualismo metodológico (Boudon, 1979, 1984), da agregação de comportamentos individuais provocando resultados inesperados.
18. K.E. Weick (1969).
19. K.E. Weick (1995, 2004, 2009).
20. H. Tsoukas (2009).

21. H. Blumer (1969).
22. K.E. Weick (1987, 1990, 1993, 2005).
23. K.E. Weick & K.H. Roberts (1993); K.E. Weick, K.M. Sutcliffe & D. Obstfeld (1999).
24. K.E. Weick et al. (1999, p. 91).
25. Para uma discussão dos autores sobre sua contribuição a respeito de questionamentos sociológicos em torno do poder, as instituições etc., ver K. Weick, K. Sutcliffe & D. Obstfeld (2005).
26. J.-L. Le Moigne (1999).
27. J.-C. Sperandio (2003); J. Leplat (2003); R. Amalberti, M. de Montmollin & J. Theureau (Eds.) (1991).
28. J. Reason (1990, p. 82-83).
29. J. Rasmussen (1976).
30. R. Amalberti (2001, p. 19).
31. J. Reason (1990a).
32. Para questões de ordem epistemológica em ergonomia, ver F. Daniellou (Ed.) (1996).
33. J. Rasmussen (1980).
34. R. Amalberti (2001, p. 18).
35. A. Hopkins (2009).
36. Z. Bauman (2000). No campo da teoria organizacional, Gareth Morgan desenvolveu e popularizou essa abordagem por meio de metáforas (Morgan, 1986).
37. D. Noble (2006, p. 21).
38. D. Noble (2006, p. 141).
39. Ver, por exemplo, B. Latour (1986). Para David Olson “O mundo do papel não forneceu apenas um meio de acumular e armazenar o que todos sabiam. Ele permitiu inventar meios conceituais para coordenar os pequenos fragmentos de saberes geográficos, biológicos, mecânicos e outros, extraídos de várias fontes, e colocá-los em um quadro de referência comum e apropriado” (Olson, 2010, p. 259).
40. Pensa-se aqui em Leonardo da Vinci. Para o historiador e teórico da arte Daniel Arasse, “O desenho é um veículo essencial de sua pesquisa, seja ela científica, técnica ou artística, e está de fato no centro de sua forma de pensar. [...] A sensibilidade de Leonardo é a de uma pessoa ‘visual’, sua disposição é, em geral, para um ‘pensamento gráfico’: para ele, a experiência é ‘a observação acompanhada de uma constatação gráfica [...] o conceito é um esquema’. Mais do que desenhar, aliás, é preciso transmitir a dimensão ativa, não apenas representativa, mas performativa, intelectualmente produtiva, que caracteriza sua prática de desenho” (Arasse, 2003, p. 271).
41. B. Latour (1986).
42. S.L. Star (1989); S.L. Star & J.R. Griesemer (1989).
43. D. Vinck & P. Trompette (2010).
44. S.L. Star (2010).
45. D. Vaughan (2005).
46. Contudo, isso não significa que seja “suficiente” puxar o fio da história para chegar a conclusões definitivas. Ao contrário, raramente o passado tem apenas uma leitura. Na história, François Dosse ilustra como as diferentes interpretações de um evento como a queda da Bastilha em 1789 correspondem ao momento histórico do trabalho dos historiadores, bem como a suas próprias sensibilidades intelectuais (Dosse, 2010). A investigação de acidentes não escapa a essa situação epistemológica do observador que mergulha em uma leitura

- do passado a partir do presente e de suas sensibilidades interpretativas. Podemos, assim, citar, a título de exemplo, a investigação do acidente do Challenger que começou com as conclusões da comissão de inquérito em 1986, o que foi depois revisado por Diane Vaughan (Vaughan, 1996), sendo a revisão da própria Diane Vaughan revisada depois por Paul Mayer (Mayer, 2003).
47. B. Cyrulnik (2011).
  48. M. Bourrier & H. Laroche (2001).
  49. A.R. Hale (2003).
  50. F. Aggeri & J. Labatut (2008).
  51. Como indicado na parte histórica, o trabalho de William Johnson (Johnson, 1973) consistiu em reunir as boas práticas em um sistema geral. O trabalho de Nancy Leveson também segue esse caminho (Leveson, 2004; Leveson, Cutcher-Gershenfeld, Carroll et al., 2005).
  52. Baker Panel (2007).
  53. J.-C. Moisdon (Ed.) (1997, p. 27).
  54. M. Bourrier (2007).
  55. D. Segrestin (2004); V. Boussard (2009).
  56. D. Vaughan (1992, 2004).
  57. D. Vaughan (1983).
  58. D. Vaughan (1986).
  59. B.G. Glaser & A.L. Strauss (1967).
  60. F. Milliken, T.K. Lant & E. Bridwell-Mitchell (2005).
  61. D. Vaughan (1999).
  62. Deve-se notar que, ao mesmo tempo, A. Waring & A.I. Glendon (1998), com uma orientação para a gestão da segurança, propuseram um modelo que se aproxima dessa decomposição.
  63. O interesse desse estudo de caso é, por outro lado, que antecipa as configurações modernas das empresas atuais, como observa Paul Mayer: “A Nasa, como uma grande organização, é característica da nossa modernidade: uso e desenvolvimento de conhecimento de ponta, competição intensiva, redução de custos e de pessoal, desvinculação do Estado, uso crescente de subcontratação e codesenvolvimento, organização matricial multilocal em programas, perfis e forças-tarefa ad hoc favorecendo a transversalidade e a flexibilidade” (Mayer, 2007, p. 74). O Capítulo 7 introduz o tema das novas morfologias organizacionais no mundo contemporâneo.
  64. D. Andler (2002).
  65. A. Hale & A. Glendon (1987).
  66. D. Vaughan (2003, 2005).
  67. P. Galison (2000, p. 35).
  68. Isso é o que comenta Paul Mayer em relação à tomada de decisão: “O problema estava de fato resolvido, a partir de uma reunião ad hoc (como a própria Vaughan aponta, mas sem tirar nenhuma conclusão de uma perspectiva gerencial)” (Mayer, 2003, p. 248).
  69. M. Farjoun (2005).
  70. D. Vaughan (1997).
  71. M. Dupré, J. Étienne & J.-C. Le Coze (2009).
  72. D. Vaughan (1990).
  73. D. Vaughan (2005, p. 53)
  74. J. Rasmussen (1997).



75. Esse ponto é tanto conceitual quanto empírico, ou seja, ligado às transformações do contexto e dos sistemas produtivos nos últimos vinte a trinta anos. O próximo capítulo retoma esse ponto.
76. B. Latour (2010).
77. Esse ponto será discutido no último capítulo sob o aspecto da “multiplicação de entidades” (Capítulo 7).
78. Esse ponto refere-se à defesa feita pelo sociólogo Richard Sennett do ofício, do saber-fazer, da *expertise* ou da experiência, em sua crítica ao novo capitalismo (Sennett, 2006, 2009).
80. Esse ponto será desenvolvido no Capítulo 7, pela perspectiva da “multiplicação de entidades”.
81. B. Latour (1999b).
82. J. Reason (1999).



## 6. Uso do modelo

Os capítulos anteriores serviram todos para traçar os contornos de uma abordagem interdisciplinar da segurança industrial e dos acidentes. Neste penúltimo capítulo, o objetivo é retornar ao campo depois de tê-lo perdido um pouco de vista desde o final do primeiro capítulo. O objetivo do Capítulo 6 é ilustrar concretamente como tudo o que foi discutido até agora nesta obra se relaciona com situações empíricas, sempre específicas, ligadas a questões de segurança industrial, e como isso permite organizá-las e se orientar em relação a elas, especialmente com vistas ao exercício de avaliação.

Os dois novos modelos apresentados desempenham, evidentemente, um papel fundamental, pois visualizam e enquadram as perspectivas que foram desenvolvidas sobre a multi e interdisciplinaridade com as disciplinas e tradições de pesquisa (Capítulo 2), a complexidade (Capítulo 3), a proposta de um construtivismo aberto e composto (Capítulo 4) e, por fim, os temas a serem considerados para compreender a dinâmica da construção da segurança industrial (Capítulo 5). Para ilustrar isso, primeiro é necessário abordar a questão da relação desses modelos com o campo e, em seguida, apresentar um estudo de caso em que o modelo é usado como uma forma de interpretação para organizar os dados. Enquanto isso, é apresentada uma explicação sobre a escolha do caso e encerra-se este capítulo com uma discussão sobre o uso do modelo e as interpretações que dele podem ser extraídas.

### Modelos e campo

Na introdução desta obra o fio condutor proposto consistia em formular a pergunta: “onde, quem, o quê, como e quando interrogar ou observar os

múltiplos atores e entidades heterogêneas que compõem esses sistemas para melhor compreender, antecipar e prevenir desastres industriais?” Esse fio condutor agora toma uma forma mais concreta com os modelos e seus conteúdos. Ao especificar os temas (MSDCS, Figura 5.6) e atores (SSTM, Figura 5.7) a serem considerados, sugere claras orientações para a investigação de campo. Assim, a estratégia da empresa no seu ambiente remete especialmente à direção, à influência da função de segurança sobre os engenheiros e técnicos dos serviços de segurança, aos sinais e lançadores de alertas a todos os tipos de pessoal, particularmente aqueles com *expertise* técnica ou operacional, às barreiras da arquitetura de segurança aos operadores, líderes de equipe e engenheiros de produção, bem como engenheiros e técnicos de manutenção e métodos, com as mudanças dizendo respeito potencialmente a todos os empregados, e, finalmente, aos olhares externos às diversas fiscalizações e auditorias realizadas por consultores.

Mas essas delimitações são apenas sugestivas. A estratégia nunca se reduz à direção, que muitas vezes recorre à contribuição de muitos outros atores para considerar novas orientações estratégicas, e a influência da função de segurança pode ser ampliada ou mesmo assumida pelo diretor de uma planta industrial etc. Todos esses atores podem, em graus variados, ser subcontratados ou terceirizados, fora dos limites jurídicos da empresa. E, é claro, dependendo dos sistemas considerados e, em particular, do seu tamanho, o número de pessoas a serem entrevistadas varia, o que leva a certos desafios para a investigação.

Portanto, quando se pretende identificar empiricamente a dinâmica da situação a partir dos temas do modelo MSDCS, é necessário fazer antes um trabalho de descrição da empresa, levando em consideração:

- os locais da atividade produtiva, incluindo seus ambientes naturais e urbanos, com os riscos gerados por essas atividades, os cenários previstos e as medidas de prevenção e proteção associadas;
- as tecnologias ou artefatos materiais (reatores, reações químicas, silos, tubulações, tanques, fiação etc.) e informacionais (sensores, *software*, fibras ópticas) que fazem parte da infraestrutura, mas também as inscrições (procedimentos, planejamento, telas de computador, listagens);
- os atores “internos” nos diferentes cargos e funções (engenheiro de segurança de processos, operador de testes de equipamentos críticos de segurança, operador de sala de controle, líder de equipe de produção, diretor local etc.) que determinam para esses indivíduos diferentes tipos de situações, de interação com outros atores, bem como artefatos;

- os atores “externos”, fora dos limites legais da empresa, incluindo aqueles resultantes da subcontratação ou terceirização com empresas de qualquer porte, bem como atores nas fiscalizações das diversas autoridades fiscalizadoras, atores de empresas de consultoria ou perícia, e até atores da sociedade civil ou dos serviços de emergência.

Com base nessa descrição, é necessário então observar vários tipos de interações características da dinâmica:

- as interações entre atores (“internos” e “externos”), o que implica levar em consideração questões de linguagem, relacionais, de poder, de socialização e de ações;
- as interações entre atores por meio de artefatos e inscrições, o que implica levar em consideração os diversos meios pelos quais estabelecem relações, trocas e coordenações no decorrer de suas atividades;
- as interações dos atores com a infraestrutura (material, informacional) na realização de suas atividades e tarefas específicas e individuais, o que implica levar em consideração o saber-fazer técnico, a *expertise* dos indivíduos na sua situação de trabalho;
- as interações dentro dessa infraestrutura entre sistemas e subsistemas, o que implica levar em conta os fenômenos ligados às dimensões “material” (*hardware*) e “informacional” (*software*);
- as interações no ambiente natural, do ponto de vista dos atores, situações e artefatos em seus contextos geográficos, climáticos, de recursos, riscos e entornos diversos.

Essas áreas de interação exigem conhecimentos disponíveis em várias das disciplinas e tradições de pesquisa que foram agrupadas no Capítulo 2 sob as categorias “instalação”, “cognição”, “organização” e “regulação”. A captura dessas interações em relação à dinâmica do sistema requer também uma grande flexibilidade interpretativa em relação às causalidades circulares que foram conceitualizadas no âmbito da complexidade no Capítulo 3. Finalmente, essas interações mostram como a construção da segurança é um produto que combina um grande número de entidades, como descrito no Capítulo 4.

## A investigação (1)

Como pode ser visto a partir dessas observações iniciais, dos dois modelos que acabamos de apresentar (MSDCS, Figura 5.6; STSM, Figura 5.7, Quadro 5.1), o primeiro, MSDCS, não deveria nos levar a acreditar que se trata de tentar caracterizar “variáveis” que existiriam independentemente de uma investigação empírica detalhada das interações entre os múltiplos atores, situações e artefatos encontrados na realidade concreta das empresas. É por isso que, no desenho, são representados atores na forma de personagens se fazendo perguntas (ponto de interrogação acima de suas cabeças), pois a reflexividade dos sujeitos tem um papel central em sua relação com outros atores, situações e artefatos (e a reflexividade do pesquisador também). Eles não são acionados por forças, muito menos variáveis externas, e sim transitam por um universo com múltiplos recursos e condicionantes.<sup>1</sup> Embora esse modelo seja graficamente simples (mas não simplista) de acordo com os princípios definidos no seu projeto, não é simples no plano da sua aplicação.

Essas interações entre os temas indicados de segurança industrial (estratégia, mudanças, função de segurança etc.) são de fato, empiricamente, os pontos-chave de leitura, mas exigem o uso de princípios explícitos de inteligibilidade. Elas não são “variáveis” desencarnadas. Tais princípios dizem respeito, como ficou claro no Capítulo 4, ao entendimento concreto dos mecanismos da construção da segurança que foram especificados por meio da proposta de um construtivismo “aberto e composto”. O tema, por exemplo, “influência da função de segurança”, não é uma “variável” sem ancoragem empírica. Ela pode ser encarnada, em termos concretos, de formas contrastantes quando essa função é exercida por um departamento de três pessoas com competências técnicas, relacionais e regulamentares que se complementam, em uma fábrica de um grande grupo petroquímico internacional, ou quando é exercida por uma única pessoa em uma PME química.

Esse modelo só pode ser implementado com base em uma abordagem de atores, situações e artefatos no campo, e não deve ser visto como uma abordagem que poderia ser aplicada sem os conhecimentos e exigências metodológicas e teóricas das ciências humanas e sociais. Esses conhecimentos e exigências das ciências sociais se traduzem aqui em um trabalho de campo baseado em observações, entrevistas e na leitura de documentos e rastros. A teoria fundamentada nos dados (TFD ou *grounded theory*) de Barney Glaser e Anselm Strauss, produzida nos anos 1960, insistiu na importância de fazer o campo “falar” e de favorecer uma investigação indutiva aberta à escuta de situações ou

universos que são sempre historicamente contingentes e situados.<sup>2</sup> Esses autores americanos se opunham a uma escola sociológica encarnada por Talcott Parsons nos Estados Unidos e sua ambição teórica de abarcar o funcionamento da sociedade a partir de uma conceituação que tendia, por um lado, a se distanciar do campo<sup>3</sup> e, por outro lado, a promover uma supersocialização dos atores, que era então criticada por novas abordagens sociológicas que enfatizavam, ao contrário, a competência desses atores. A abordagem estatística e quantitativa em sociologia, em detrimento do trabalho de campo qualitativo, também foi alvo de sua obra.

A essas duas tendências sociológicas, Barney Glaser e Anselm Strauss contrapõem a estratégia empírica e indutiva da “teoria que deveria se encaixar nos dados” (*theory that should fit the data*), em vez da estratégia oposta, dos “dados que deveriam se encaixar na teoria” (*data that should fit the theory*). Mas essa é obviamente uma questão particularmente delicada, pois ao mesmo tempo, nas ciências físicas durante os anos 1960, como vimos com Thomas Kuhn<sup>4</sup> e outros, como o filósofo Norwood Hanson,<sup>5</sup> a tese de que nunca se acessa os dados diretamente, e sim por meio de teorias e bases filosóficas (ou paradigmas, segundo Thomas Kuhn), era então defendida e continua amplamente aceita na filosofia. Tornou-se necessário, como discutido no Capítulo 3 com a complexidade segundo Edgar Morin, introduzir o observador em sua observação, pois o investigador nunca parte de uma *tabula rasa*.<sup>6</sup>

Os processos abduativos, complementares aos processos dedutivos e indutivos, e baseados especialmente em analogias, introduzem elementos conceituais que são difíceis de se livrar (ponto discutido no Capítulo 5), em particular nas ciências sociais, em que linguagem natural, metáforas e símiles são centrais para o processo de interpretação. A realidade está, desse ponto de vista, “carregada de teoria” (*theory laden*). Embora as precauções sugeridas pelos dois sociólogos sejam importantes em relação a uma tendência à teorização abusiva que poderia afastar o cientista social do campo ou dos dados empíricos, próximos da realidade concreta da situação, elas não podem se basear apenas na indução. De fato, é com base nessa crítica da indução que sociólogos como Kathy Charmaz e Antony Bryant reorientaram a teoria fundamentada de Barney Glaser e Anselm Strauss.<sup>7</sup>

E é também sobre esse ponto, justamente, que Diane Vaughan apontou as limitações da metodologia defendida pelos dois sociólogos: “Glaser e Strauss sugeriram que ter uma teoria em mente invalidava o procedimento. Finalmente, seu método indutivo não deu nenhum insight sobre os processos cognitivos envolvidos na teorização”.<sup>8</sup> Na introdução e, em particular, no posfácio

de sua coleção de textos anglo-saxões dedicados aos problemas do trabalho de campo, Daniel Cefaï, sociólogo, mostrou claramente a gênese histórica, bem como o teor e a intensidade dos debates em antropologia e sociologia sobre esse tema.<sup>9</sup>

O que se deve reter sobre esse ponto é que os estudos de caso empíricos das questões abordadas nesta obra são cruciais e devem ser contrapostos a abordagens que visem uma conceituação desligada do mundo real. Entretanto, tais inquéritos e estudos não podem se satisfazer com a ideia de que basta induzir interpretações a partir do campo. A coleta de dados e as análises dependem em grande parte, implícita ou explicitamente, de antecedentes teóricos mais ou menos desenvolvidos. Os dois modelos propostos (MSDCS, SSTM) têm o objetivo de visualizar esses antecedentes, trabalhados com base nos desenvolvimentos dos Capítulos 2 a 4; eles estruturam o inquérito.

## A investigação (2)

Os princípios de realização de uma pesquisa de campo, do ponto de vista da aplicação de modelos, são semelhantes aos de outras situações de estudo de caso nas ciências humanas e sociais, que favorecem uma abordagem qualitativa e uma proximidade às realidades empíricas por meio do tempo gasto no campo, com uma orientação etnográfica atenta à diversidade dos fenômenos. Uma diferença que será reformulada posteriormente talvez seja o maior peso dado à dimensão material, à infraestrutura e à arquitetura de segurança das instalações, em comparação com certas abordagens mais orientadas para interações principalmente “sociais”, deixando em segundo plano a materialidade dos ambientes. Tirando isso, são mobilizados os mesmos recursos. Assim, as limitações de tempo, de acesso aos dados, bem como as relações mantidas com os membros das organizações visitadas, e também as instalações de risco, desempenharão um papel importante nas condições e no andamento do estudo de caso. Consequentemente, nunca há um mesmo estudo de caso, e as situações são muito diferentes a cada vez. São muitos os parâmetros envolvidos.

Os fatores temporais, por exemplo, podem ser mais ou menos restritivos para observações e entrevistas que dependem da disponibilidade e da presença das pessoas que desejamos encontrar. Às vezes é impossível retornar ao local da investigação para fazer perguntas que poderiam ter sido feitas no momento das entrevistas, mas não foram por falta de tempo ou simplesmente porque não pensamos nelas naquela hora. Outras vezes, é uma observação ou a leitura de



um documento que não é possível ou não permitida pelas próprias condições da investigação. A personalidade, experiência e estratégias de quem encomenda a investigação e permite o acesso às instalações, os vínculos mais ou menos contratuais ou legais que enquadram a investigação, bem como a sensibilidade das situações observadas, particularmente em empresas de risco, têm um forte impacto nas condições sob as quais as observações e entrevistas são realizadas.

Nossas experiências, atitudes, sensibilidades, nossos corpos, nossas maneiras de falar, de se comportar, de se vestir, de se apresentar, de permitir que os outros falem, de retomar, reformular ou ampliar perguntas, de variar o registro de questionamento (descritivo, normativo, pragmático etc.) também orientarão a investigação de forma singular a cada vez. Os tipos de perguntas feitas, intuitivamente durante a entrevista ou preparadas antecipadamente de forma mais ou menos precisa, assim como nosso interesse e sensibilidade variáveis em diferentes âmbitos de experiência (produção, manutenção, informática, estratégia, segurança etc.), são parte integrante do processo de interação nas investigações.

A maneira como nos posicionamos e falamos diante de um grupo, seja na reunião inicial de um estudo de caso em um comitê de direção da empresa, seja em um encontro improvisado ao redor da máquina de café durante a investigação, quando começa um debate sobre a estratégia da empresa e da direção, nossa escolha e maneira nesses momentos de ficar em segundo plano ou expressar nosso ponto de vista de forma assertiva ou sutil, de criar simpatia ou não com as pessoas no curso da investigação, de se permitir toques humorísticos ou permanecer sério ou impassível diante das respostas às nossas perguntas ou do caráter que possa adquirir uma troca sobre uma questão qualquer, sobre o trabalho, a empresa ou os operadores da fábrica, são exemplos das variadas situações e escolhas que são sempre objeto de especial atenção e de reflexividade por parte do investigador. Tal complexidade parece difícil de padronizar.

Além disso, a multiplicação de estudos de caso e sua especificidade nos fazem evoluir nessas escolhas, seja para consolidá-las ou modificá-las e experimentar variantes em relação ao praticado anteriormente. Não é sempre óbvio estabilizar algumas regras para elas serem aplicadas de forma geral no trabalho de campo. É difícil saber exatamente ou prever como todos esses aspectos influenciarão o andamento da investigação, positiva ou negativamente, pois cada situação pode levar a várias respostas possíveis dos interlocutores no campo, e a adaptação é necessária diante da contingência das situações.

Portanto, o ajuste do próprio discurso em relação ao interlocutor é também necessário, obviamente, e resulta da experiência de situações e perfis já

encontrados. Não há muita diferença em relação às situações sociais no dia a dia do investigador, exceto que esses ajustes levarão em conta o contexto particular da fábrica, dos riscos e de tudo aquilo que está em jogo na investigação em andamento. Nem sempre fica claro para nossos interlocutores tudo o que está envolvido, almejado ou em jogo. Tais aspectos devem então ser esclarecidos, e pode convir colocar mais ênfase em uns aspectos do que em outros.

A forma como nos interessamos pelo trabalho das pessoas, sejam elas supervisores, operadores, engenheiros, chefes de departamento, subcontratados ou fiscais, o interesse que mostramos e o tempo que gastamos discutindo sua atividade, trajetória e história são decisivos na criação de condições favoráveis para as trocas. Aliás, essas trocas dependem do nosso conhecimento do que constitui seu universo de referência, e sobre isso informam-nos as disciplinas e tradições de pesquisa que foram apresentadas, por meio de estudos tanto empíricos quanto mais conceituais. Contudo, nem todos os momentos e circunstâncias da pesquisa nos permitem fazer isso, dedicar tempo a eles, algumas entrevistas ficam mais curtas do que o esperado, algumas pessoas não querem responder ou não veem o sentido desse tipo de troca, por exemplo, e fornecem poucas informações.

Na medida do possível, pedir aos nossos interlocutores que nos mostrem e expliquem seu dia a dia, procurar entender o que constitui seu cotidiano nos ambientes físicos e geográficos deles, circular com eles pelas instalações e locais, aproveitar o trajeto para pergunta-lhes qual atenção eles dão a certas informações são formas de mergulhar melhor em uma situação concreta, inclusive na materialidade dos ambientes, e são todos elementos e momentos que fazem parte do processo de realização da investigação.

A observação do pessoal das organizações em ação, em diferentes partes do local, fora de qualquer situação de entrevista planejada, permite levantar questões, traz surpresas e fornece material para o estabelecimento de linhas de discussão nas entrevistas. Serve também para experimentar fisicamente as condições de trabalho nos lugares de que o pessoal fala, as quais permanecem virtuais até que sejam vistas e experimentadas. O comportamento observável dos interlocutores, posturas e gestos, olhares, entonações de voz, formas de tomar ou não a palavra em reuniões, bem como em situações imprevistas, oferece muitas pistas sobre as relações sociais dentro de uma organização, uma equipe ou grupo, e sobre a percepção de nossa presença.

Assim como o vocabulário, o nível de precisão fornecido nas explicações, a maneira como os assuntos são trazidos à tona, a forma de levar em conta o fato de o entrevistador não ter o mesmo conhecimento do contexto, as expressões

utilizadas para falar e se expressar em relação às perguntas feitas e aos temas abordados etc. também são muito variáveis e ricos em informação, e fazem parte dos dados que direcionam o investigador para certas vias de interpretação em relação às personalidades e seu papel nas atividades, sua centralidade ou caráter periférico nos grupos. A investigação também nos remete a nossos próprios julgamentos e convicções sobre muitas questões presentes, como a situação trabalhista, o papel do Estado, o reconhecimento no trabalho, a tecnologia, as manobras estratégicas das empresas no contexto econômico etc. (ver o final do Capítulo 3, sobre o observador em sua observação). É dessas nossas ideias, aliás, que devemos procurar estar cientes e conhecer melhor para poder neutralizá-las ou pelo menos explicitá-las com clareza, para nós mesmos, por um lado, na hora de interpretar os dados, ou para nossos interlocutores, se eventualmente as detectarem e questionarem.

Por último, a documentação, os rastros e as inscrições também são fontes de informação que o investigador tem à sua disposição para entrar nas interações dentro desses sistemas ou redes sociotecnológicos. Os circuitos de registro de procedimentos entre departamentos não são apenas uma rastreabilidade imposta pela qualidade, pois eles também estruturam as atividades dos diferentes atores que devem usar esses artefatos na realização de seu trabalho, representando assim tanto uma forma de suporte quanto de restrição. Igualmente, os cadernos utilizados pelos operadores representam uma externalização de seus recursos cognitivos para garantir sua disponibilidade em situações específicas.

Além disso, esse universo de rastros, inscrições e vários tipos de documentação abrange também as anotações, fotocópias ou impressos do investigador, que precisa também externalizar as muitas observações, entrevistas e discussões realizadas. Os cadernos ficam cheios de desenhos, anotações, frases mais ou menos completas, escritas na hora, no momento das trocas ou observações, ou reconstruídas *a posteriori* a partir da memória. Fotos ou gravações de áudio ou vídeo são possíveis, mas nem sempre, dependendo do contexto, no que se refere ao campo, mas também ao tempo disponível, às vezes muito limitado para o manejo de sistemas de gravação, transcrição e interpretação dos conteúdos.

## Uma abordagem sistemática, mas não uma auditoria

Essa descrição da situação do trabalho de campo não deve, no entanto, sugerir a impossibilidade de uma abordagem sistemática. Seu objetivo era relativizar a ideia de que talvez se pudesse pensar, com base nos modelos, na implementação automática de um processo de questionamento ou uma *checklist* de perguntas a serem feitas por categoria de atores, que se poderia aplicar de forma simples. Esse tipo de investigação se aproximaria do exercício de auditoria, em que um referencial é usado para compará-lo com uma realidade. Em alguns casos e por razões de facilidade, a auditoria resulta então em um controle da rastreabilidade, dos procedimentos, circuitos de validação e registros, como garantia do funcionamento das regras que os próprios atores da organização estabeleceram.

Essa tendência tem sido fortemente criticada, pois alguns sistemas de risco tiveram acidentes ou incidentes graves apesar dos resultados *a priori* positivos das auditorias.<sup>10</sup> Michael Power, um cientista político, descreveu esse problema perfeitamente no final dos anos 1990 em um panfleto contra as auditorias: “As imagens de um controle sobre poluições e outras ocorrências [...] são construídas por um processo de auditoria que necessariamente se isola da complexidade organizacional para tornar as coisas ‘auditáveis’ e produzir certificados de conforto”.<sup>11</sup> Verdadeiramente, para evitar entrar na complexidade das situações reais de trabalho, em termos materiais, organizacionais e sociotecnológicos, não há nada mais fácil do que se ater ao que os procedimentos descrevem, perguntando aos auditados, experientes nesses exercícios de auditoria, se os aplicam.

Estes últimos antecipam as perguntas do auditor, fornecem a resposta esperada, exibem o procedimento correto com as devidas assinaturas e caselas marcadas, e o auditor sai com a garantia de que o auditado sabe onde estão os procedimentos, que os conhece, que estão atualizados e acessíveis em um armário, em um classificador, devidamente ordenados por temas, com as versões 1.0 a 1.9 disponíveis, tudo indicando que a racionalidade dos processos implementados é real e comprovada. Isso geralmente não é uma caricatura. Em muitos casos, o formato da auditoria, ou seja, as habilidades mobilizadas para sua realização, o tempo disponível, as expectativas dos auditores e dos auditados etc., configura esse exercício para que ele se encaixe como uma rotina na vida das organizações, passando por cima das complexidades cotidianas. Estamos falando, aliás, daquelas complexidades que nos permitiriam compreender melhor as condições reais da segurança industrial, e que poderia

ser interessante considerar, discutir e debater. Isso remete-nos à citação de Michael Power mencionada anteriormente.

Desse ponto de vista, a abordagem aqui proposta não tem quase nada a ver com auditoria, mesmo com a ponte da ambição normativa unindo-as. Julgamentos sobre situações nascem, sim, na interação com os atores da organização, particularmente no momento das devolutivas, mas isso resulta de uma abordagem diferente, que não se baseia em um referencial. A abordagem aqui apresentada não pode, portanto, ser uma auditoria, pois não há um referencial a ser desenrolado, e sim uma impregnação do(s) investigador(es) por aquilo que constitui a especificidade do caso, com base nos temas indicados no modelo MSDCS, ou seja, a dinâmica da empresa.

As perguntas e observações não ficam presas no molde de um questionário rígido. Não reduzem o espaço para a singularidade por meio da expressão dos pontos de vista dos atores, a reconstituição das múltiplas trajetórias históricas que se juntam, as interações entre as situações dos atores e os artefatos etc. Ao contrário das auditorias, há uma grande abertura para tudo que contribui às especificidades e particularidades das situações. No decorrer de uma investigação, mesmo que as diversas restrições, contingências, limitações e influências descritas anteriormente afetem as possibilidades de acesso aos dados, o objetivo é observar e compreender todos os tipos de interações listadas da forma mais sistemática possível. Estas incluem as interações dos atores “internos” e “externos”, as interações dos atores entre si por meio de artefatos e inscrições, as interações dos atores com a infraestrutura (material ou informacional) no curso de suas atividades e as interações dentro dessa infraestrutura entre sistemas e subsistemas físicos e tecnológicos.

## Contrastando dois momentos de investigação

Além disso, uma chave de entrada específica dessa abordagem é a combinação dos dois momentos da pesquisa, por um lado, o estudo do funcionamento cotidiano e, por outro, o estudo de incidente. Esses dois momentos, segundo seu encadeamento, contribuem para gerar os tipos de dados buscados para capturar a dinâmica apresentada no modelo MSDCS. No estudo das operações cotidianas, é possível conversar com os atores e coletivos e observar eles em ação na organização e no meio das instalações. Esses momentos permitem compreender os tipos de interações existentes, as relações entre atores dos diferentes departamentos, o peso da direção e seu comitê executivo, bem como

os vários objetos, entidades, artefatos e inscrições que servem de apoio a todos esses atores diariamente, mas que também os sujeitam. É também uma oportunidade para entender como a segurança foi pensada tecnológica e humanamente em relação aos cenários de risco (o que requer uma compreensão e análise dos riscos tecnológicos), mas também a parte da automação nos processos (e condições operacionais), a forma de abordar a elaboração e atualização de procedimentos, bem como os dispositivos procedimentais para a coordenação de várias atividades que estão no centro das questões de segurança.

Além da tecnologia, isso também nos permite entender como a segurança foi pensada em nível organizacional, ou seja, como as análises de risco são organizadas, com que frequência, bem como auditorias, retornos de experiência ou mesmo a gestão de mudanças. Este último ponto envolve muitas vezes o lugar e a influência do departamento de segurança, nas suas interações com os outros departamentos, a direção e os atores externos a quem a empresa recorre. Todas essas questões são enfocadas com base no modelo MSDCS, a fim de entender como tais elementos diferentes interagem no caso específico estudado. A partir desse conhecimento do funcionamento concreto e real da organização, torna-se interessante abordar a problemática das mudanças em relação à estratégia da empresa. Identificar desdobramentos passados, atuais ou futuros, mudanças internas ou externas, que alteram as condições de implementação da segurança e envolvem uma compreensão dinâmica da organização.

Ao contrário dessa aproximação ao dia a dia, em que os atores falam mais abertamente e se deixam observar, o segundo momento, a aproximação pós-incidente (ou pós-acidente), pode ser mais complicada. As possíveis responsabilidades e faltas em jogo podem dificultar as trocas, podem levar, com atores da direção, quadros intermediários e operadores, a entrevistas com detalhes ocultados, sem possibilidade de entendimento pleno. Por precaução, alguns entrevistados são levados a não revelar muito, limitando assim sua exposição à determinação de possíveis faltas e, conseqüentemente, responsabilidades, pois o papel do investigador nem sempre é claro para todos.

Esse raciocínio diz respeito a qualquer ator, em primeiro lugar a direção, mas com frequência afeta também os atores operacionais. Quando estão diretamente envolvidos em acidentes (e ainda os podem relatar), sua reação pode ser não dizer muito, omitir muitos detalhes que têm sempre algum valor. Mesmo que existam maneiras de contornar esses vieses, abordando as entrevistas com muitas precauções, bem como cruzando os dados (entre atores, mas também a partir de documentos e registros), eles estão sempre como pano de fundo e não podem ser evitados completamente. No entanto, essa abordagem tem

vantagens reais, especialmente após incidentes ou acidentes menos graves, em que esses problemas de culpa ou responsabilidade estão quase ausentes.

No estudo do dia a dia é difícil para os membros da organização identificar o que pode contribuir para reduzir ou melhorar o nível de segurança. Pelo contrário, uma investigação que não se detém em causas técnicas (retrospectivamente) mostra precisamente como um conjunto de decisões, mudanças e problemas tecnológicos configura o sistema para o incidente em questão, por meio de uma rede de causalidades complexas, subjacente aos eventos. Esse olhar retrospectivo também revela “áreas cinzentas”, pois alguns problemas não são fáceis de discutir ou de imaginar no estudo do dia a dia.

Por todas essas razões, é muito interessante realizar ambos os tipos de investigação sobre um mesmo caso, em momentos diferentes. Um olhar sobre a rotina diária mostra como o sistema se mantém, ou seja, como ele faz para atender todos os imperativos de produção, qualidade, segurança, meio ambiente etc., apesar dos imprevistos que surgem em todos os níveis nessas arbitragens. Pode dar a sensação de que a organização é capaz de lidar com isso, apesar de tudo. Já a análise de incidente ou acidente mostra, no mesmo caso, como as dinâmicas que operam na organização contribuíram para configurá-la de forma favorável a alguma ocorrência. Esses dois modos de entrada, combinados, enriquecem, fornecem dados e profundidade ao olhar de quem faz um exercício de avaliação de segurança industrial com base no modelo desenvolvido.

## Escolha e contexto da ilustração

O que se propõe agora é apresentar uma ilustração com um estudo de caso para um sistema sociotecnológico relativamente simples. É relativamente simples porque se baseia em instalações que são, em termos dos processos de risco e do número de atores envolvidos, fáceis de descrever e compreender sem explanações nem grau de especialização excessivos. São instalações de estocagem de grãos, silos operados por cooperativas agrícolas. Esse exemplo serve para mostrar como se estabelece a relação entre o modelo e o trabalho de campo. Mas também fornece *insights* para interpretar situações de sistemas e redes sociotecnológicas muito maiores em que dinâmicas semelhantes podem ser encontradas, embora o número de atores e entidades envolvidas seja também muito maior. Por último, ao ilustrar a situação de um sistema relativamente fragmentado ou descentralizado, permite-nos estender a reflexão aos problemas atuais encontrados por muitas empresas em relação às mudanças

em suas configurações, relacionadas com as grandes transformações tecnológicas, políticas, econômicas e sociais dos últimos trinta anos (o Capítulo 7 retoma esses pontos com mais detalhes).

Esse estudo de caso é baseado em uma investigação que ocorreu em duas fases principais. A primeira fase foi realizada como parte de um estudo sobre as relações entre mudança e segurança industrial, no qual uma empresa concordou em participar, inicialmente por intermédio de sua gerente de segurança e depois por acordo com sua direção. Essa participação não custava nada à organização, pois o estudo estava financiado por um programa. A escolha dessa empresa baseou-se, no contexto daquele programa, por um lado, em sua relativa simplicidade tecnológica e organizacional (em comparação com outros sistemas de risco), o que permitia prever um trabalho empírico razoável no tempo disponível, em relação aos objetivos do programa.

Por outro lado, a escolha levava em conta minha familiaridade com esse mundo industrial, ancorada em atividades de consultoria e apoio ao longo dos anos anteriores com um sindicato/associação profissional. Estas incluem questões de tradução operacional de mudanças regulamentares em práticas, suporte técnico no campo da análise de risco, mas também conhecimentos de acidentologia, bem como o fornecimento de treinamento sobre questões de retorno de experiência e sinais fracos aos membros daquele sindicato/associação profissional. Esse conhecimento do contexto das normas, tecnologia e população naquela indústria tornava muito mais fácil a imersão no estudo de caso, enquanto a questão das mudanças já estava sendo questionada à luz dos desenvolvimentos sofridos por aquela indústria nos anos anteriores.

A primeira fase do estudo consistiu em duas etapas. Em primeiro lugar, consistiu em conhecer os atores dessa organização e conhecer as instalações e situações de risco nessa empresa, por meio do conhecimento das análises de risco, dos cenários e das arquiteturas de segurança implementadas. Depois, baseou-se em uma visita às instalações. Nessa primeira fase, vários atores foram encontrados, sendo realizadas cerca de dez entrevistas, incluindo a direção, o gerente de segurança, o gerente de manutenção, diversos operadores e um líder de equipe. Com base em perguntas e observações sobre as muitas interações e mudanças ocorridas nos últimos anos, várias problemáticas foram identificadas e uma primeira devolutiva foi programada. Essa primeira fase ocorreu ao longo de alguns meses, entre o planejamento das entrevistas e a observação, interpretação e devolutiva. Durante essa primeira fase, acompanhou-me um colega ergonômista, que participou nas observações e entrevistas, bem como no processamento de dados.



Na devolutiva do estudo perante o comitê de direção,<sup>12</sup> os resultados foram ouvidos, mas relativamente pouco discutidos. Entretanto, um resultado da devolutiva era o questionamento frontal de certas escolhas e orientações estratégicas da direção em relação às suas implicações sobre a segurança industrial. A aquiescência coletiva, com algumas perguntas pontuais do diretor para, de fato, apoiar os pontos levantados, era surpreendente. Ao invés de uma troca tensa, como poderia se esperar da direção, que, em inúmeros casos nas empresas, recebe com incômodo o questionamento e a crítica de suas próprias orientações, especialmente as gerenciais, houve bastante consenso na aceitação dos resultados apresentados.

Tendo em vista minha experiência passada, em que as devolutivas sobre a relação entre segurança e organização foram sempre debatidas acirradamente, essa anomalia pode ser explicada pelo fato de que alguns dias antes ocorrera um incêndio em uma das instalações da empresa. Já no meio de um processo de investigação interna para tentar compreender as razões daquele evento, suas conclusões iniciais ressoaram fortemente com os pontos levantados pelo estudo, embora este último não se fundamentasse em nenhum conhecimento sobre aquele acidente. Na percepção dos atores da empresa, havia uma associação impressionante entre os pontos levantados na devolutiva e sua materialização concreta no acidente. Isso dava credibilidade e legitimidade à investigação, aos métodos usados e aos tipos de resultados que permitem obter.<sup>13</sup>

Após essa devolutiva, a chefe do departamento de qualidade, segurança, saúde e meio ambiente (QSSMA) sugeriu que uma investigação do incidente fosse realizada de forma independente de sua organização. Desta vez, estava previsto um contrato pago, que incluía uma investigação das dimensões organizacionais subjacentes, de acordo com uma abordagem metodológica e empírica muito semelhante àquela utilizada na primeira fase. Assim, nessa nova investigação, foi realizada uma série de entrevistas com outros operadores e líderes de equipe, com a direção, os recursos humanos e a gerente de QSSMA. No total, foram uma dúzia de entrevistas adicionais, bem como visitas a várias outras instalações, incluindo aquelas onde ocorreu o incêndio. Nessa segunda fase do estudo de caso, eu atuei sozinho. No restante deste capítulo, vão ser apresentados brevemente a organização e os sistemas em vigor e alguns aspectos das mudanças sofridas pela empresa antes de utilizar o modelo MSDCS para interpretar a situação da empresa no que diz respeito à segurança industrial.

## A empresa

### *Organização da cooperativa*

Os silos são usados pelas cooperativas agrícolas para armazenar o grão colhido. As cooperativas agrícolas são formadas com base na contribuição financeira de um grupo de agricultores que, na mesma área geográfica, juntam seus recursos a fim de ter uma capacidade logística para sua produção agrícola. A entidade resultante desse mutualismo, a cooperativa, é gerenciada por pessoal contratado especificamente para tal fim e organizado à maneira de uma empresa industrial. A influência dos agricultores sobre seu funcionamento, estratégia ou orientações é exercida por meio de um conselho de administração onde têm assento representantes eleitos. O diretor da cooperativa se reporta regularmente ao conselho diretor. A empresa em questão conta com 250 funcionários. Opera 65 silos, divididos em três setores geográficos (desde 2007), tendo 30 e 25 silos os dois setores principais.

O maior número de funcionários pertence ao departamento de operações, que agrupa as funções de produção e manutenção, e emprega cerca de oitenta pessoas, incluindo os gerentes de setor, gerentes de silo e operadores. O segundo maior departamento é o departamento de preparação, que emprega cerca de quarenta pessoas, entre engenheiros e técnicos (com funções técnicas e comerciais). As outras funções são divididas de forma bastante tradicional entre recursos humanos, qualidade, segurança e meio ambiente, e armazéns (distribuição dos produtos).

A empresa opera de forma descentralizada. Em cada setor, os silos estão geograficamente distribuídos ao longo de um largo território, equivalente a um ou mais departamentos,\* e às vezes estão a até três ou quatro horas de carro das instalações administrativas, onde se encontram os diretores e outros chefes de departamento e seu pessoal. Essa configuração descentralizada traz condicionantes específicos, notadamente a autonomia dos operadores e gerentes de silo de cada local geográfico. O tamanho das equipes varia desde uma pessoa, ou mesmo meia pessoa para um silo pequeno, até três ou quatro pessoas para silos maiores. Essas equipes estão assim constituídas por operadores e um gerente de silo, que dividem o trabalho entre eles, e supervisionadas, em outro nível, por um gerente responsável por vários silos.

---

\* Trata-se da divisão administrativa do Estado francês em unidades territoriais de aproximadamente 6.000 km<sup>2</sup>. [N.T.]

## *Instalações, riscos e princípios tecnológicos básicos*

Em termos de instalações, os grãos (que têm composições diferentes) permanecem estocados, são processados (limpos, filtrados) e depois distribuídos de acordo com a época do ano (os ciclos de colheita pontuam esses períodos), para compradores locais ou mais distantes. O transporte se faz de várias maneiras, por caminhão, trem ou mesmo a via fluvial. A operação dos silos é mais ou menos complicada dependendo do uso ou não de todos esses meios de transporte. Envolve mais ou menos relações com os diferentes atores que podem intervir (agricultores na época da colheita, motoristas, barqueiros etc.). Também pode ser mais ou menos complicado dependendo da arquitetura do silo, seu tamanho e volume e seu grau de automação. Em termos de riscos, após dois acidentes graves na França, um em Metz em 1982 (doze mortes) e outro em Blaye em 1997 (onze mortes), os silos adquiriram o *status* de “sistemas de risco”. Até então não considerados como tais, os silos sempre acarretaram riscos significativos de incêndio e explosão devido ao comportamento dos grãos e sobretudo da poeira.

As explosões de poeira são o risco mais temível, pois podem gerar sobrepressões muito grandes. A poeira é gerada assim que o grão é manuseado e fica suspensa facilmente por ser muito leve. Uma fonte externa de energia, como o aquecimento de peças mecânicas de equipamentos usados para transportar o grão (por exemplo, uma esteira transportadora), pode inflamar as partículas de poeira, criando assim uma frente de chama e deslocamento de moléculas que, em um ambiente confinado, produz uma sobrepressão. Essa sobrepressão leva à explosão do silo, com projéteis, além da onda de choque. O risco de sepultamento é alto, assim como o risco de danos materiais no exterior. Mas a autocombustão, pela fermentação do grão armazenado, também é uma fonte de perigo que traz risco de incêndio.

Nos últimos dez anos, a automação de certas operações e a presença cada vez maior de ferramentas computadorizadas (para coleta de amostras, medições de temperatura) utilizadas em particular no controle contínuo da qualidade do produto (uma exigência que se intensificou nos últimos anos), trouxeram mudanças nas práticas, bem como a diminuição do número de operadores de silo. Por outro lado, houve modificações nas instalações para aumentar as taxas de descarga de grão, a fim de se adaptar às novas capacidades das barcas, assim como mudou o tamanho dos caminhões dos agricultores nos últimos anos, indicando o aumento geral nas quantidades carregadas ou descarregadas por unidade de tempo equivalente.

### *Regulamentação e fiscalização*

Naquele contexto de acidentes maiores, novas regulamentações foram sendo desenvolvidas gradualmente. Nos anos 1980, após o primeiro acidente em Metz, elas eram de tendência bastante prescritiva e diziam respeito aos tipos de equipamentos de segurança esperados, como equipamentos adaptados a atmosferas explosivas. Evoluíram para uma abordagem centrada na gestão da segurança, na esteira dos desenvolvimentos no âmbito das instalações listadas na proteção ambiental (no final dos anos 1990 e durante os anos 2000).

O último desdobramento, em 2007, introduziu a exigência de implementação pelas empresas de um sistema de retorno de experiência para identificar os quase acidentes. Até o acidente de Blaye em 1997, as práticas de fiscalização não orientavam o controle das instalações, mas isso mudou. Impulsionados pelos regulamentos, mas também por sua percepção desses sistemas, os fiscais se tornaram cada vez mais atentos e começaram a passar mais tempo controlando-os. Essa nova regulamentação também levou a empresa a estabelecer uma função de segurança e meio ambiente no início dos anos 2000.

### *Pessoal*

A renovação de 50% do pessoal operacional dos silos dessa organização nos últimos três anos, associada com a saída dos antigos diretores (diretor geral e diretor de operações, formando um par/colegas de longa data), contribuíram para novos modos de funcionamento e de tomada de decisões em termos de produção, segurança e ambientais. Essas mudanças na direção foram acompanhadas por uma redução no número de funcionários no departamento de operações para o mesmo número de silos, o que não deixou de trazer ou acentuar vários condicionantes na organização do trabalho em termos de setores e gestão de recursos humanos em nível local, na área de operações. Mas o pessoal também foi renovado como resultado do envelhecimento dos funcionários. A saída por aposentadoria dos funcionários mais velhos e a chegada de novos trabalhadores se refletiu no aumento da demanda por treinamento, aprendizagem e supervisão, mas também, de acordo com os funcionários mais velhos, em termos da relação com o trabalho e o objeto industrial.

## Mobilização do modelo

### *Estratégia da direção em seu ambiente*

Além de todas as mudanças que acabamos de descrever, incluindo regulamentos, tecnologia, incluindo caminhões, mas também o grau de automação, a população e as fiscalizações, houve outra mudança na direção em 2007 em termos da escolha de uma nova estrutura. O perfil do novo diretor contrasta com o anterior. O diretor de operações anterior, experiente na operação dos silos, com perfil técnico e capaz de supervisão direta das atividades operacionais, foi substituído por um diretor menos técnico e com muito menos conhecimento na operação de silos. Ele provém da cooperativa, mas não do departamento de operações.<sup>14</sup>

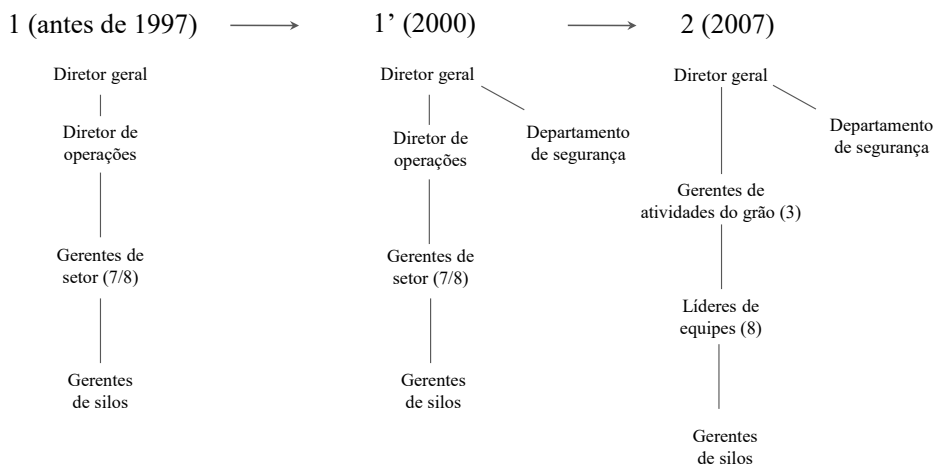
De caráter menos “paternalista” do que o anterior, esse novo diretor tem uma relação diferente e menos próxima com o campo (sem dúvida, em parte devido a sua menor experiência no nível operacional), contribuindo para a transição do que algumas pessoas descreveram como “cultura familiar” (para atestar a presença do antigo diretor no campo e sua relação calorosa com os funcionários) para outra forma de “cultura”, um pouco mais distante do campo, assim como do pessoal. Sem se posicionar sobre a mudança de diretor de forma definitivamente positiva ou negativa, eram os lados bons e ruins de cada perfil que o pessoal da empresa trazia à tona com frequência. O grande envolvimento do novo diretor, que “não conta suas horas”, por exemplo, era destacado por muitos como um ponto bastante positivo, compensando assim a perda do paternalismo de outrora.

A fim de mitigar a falta de habilidades relacionadas à sua nova função, o novo diretor optou por reconfigurar a estrutura da organização, criando novos cargos entre ele e as funções operacionais por setor (então em número de oito). Ao elevar alguns funcionários para cargos de gerência, ele quis se desligar das funções operacionais realizadas pela antiga diretoria e se dedicar a outras tarefas (especialmente as estratégicas e de relações com outras cooperativas próximas, em vista de futuras fusões), mantendo a interação direta com apenas três gerentes de operações. Essas mudanças são visualizadas na Figura 6.1.

De forma coerente com essas mudanças na estrutura e com a nova estratégia da direção,<sup>15</sup> ele procedeu, com o apoio do diretor de recursos humanos, a:

- introduzir a descrição de funções nas fichas dos cargos;

- implementar uma matriz de auditoria para apoiar as novas funções, que serve a um duplo propósito, como sistema de remonte das informações, para manter uma visão das operações, e como guia das tarefas a serem realizadas;
- delegar poderes aos novos gerentes de operações.<sup>16</sup>



**Figura 6.1** Mudanças na estrutura da empresa

Ciente do desafio da transição, por um certo tempo ele disse que, com as medidas de acompanhamento implantadas, esse sistema provaria sua eficácia. No entanto, três consequências problemáticas para a segurança industrial resultaram da nova estrutura. A primeira é obviamente o aumento da distância do diretor de operações em relação à operação real dos silos, bem como a falta de uma *expertise* centralizada no nível da direção no que diz respeito às funções operacionais, o que poderia servir como um espaço de regulação, debates, trocas e enquadramento em relação às diferenças entre os novos gerentes de operações. Ainda mais porque, apesar dos esforços para instaurar um sistema ascendente de informações, o diretor de operações, sem qualquer experiência operacional, tem dificuldade em questionar ou identificar problemas não atendidos ou não reportados com relação às práticas. Ele deve então contar com a confiança que tem nos atores e suas relações nas eventuais tomadas de decisão.

Houve o plano de recrutar uma pessoa mais qualificada operacionalmente do que ele, para ajudá-lo em questões de produção, mas não foi implementado, e a estrutura que ele criou foi baseada na escolha de pessoas consideradas

suficientemente capazes de assumir as novas funções. Uma segunda consequência foi que os novos líderes de equipes gerenciavam um maior número de silos do que seus antecessores, sem centralização da função de operações em nenhuma pessoa no nível superior, da direção. A terceira consequência daquela mudança na estrutura foi o questionamento da centralização da função de segurança em relação à antiga organização.

### *Impacto das mudanças*

Os elementos contextuais relatados, assim como a nova estratégia implementada pela direção, facilitam a tomada em consideração de uma série de mudanças ou movimentos nos últimos anos, de natureza tecnológica, organizacional, populacional (e de recursos humanos) ou regulatória (comportando, para estes últimos, consequências em termos de fiscalizações e da organização da função QSSMA na empresa). Evidentemente, é a interação de todas essas mudanças que é interessante do ponto de vista da segurança industrial. O quadro seguinte resume uma série desses movimentos (Quadro 6.1), identificando as mudanças consideradas pertinentes em termos de segurança industrial, entre o início dos anos 2000 e 2007 (data da chegada do novo diretor, e da implementação de sua nova estratégia). Essas mudanças serão agora discutidas, em relação aos temas do modelo.

**Quadro 6.1** Mudanças nos últimos dez anos

Antes de 2000	A partir de 2007
Um diretor de operações com experiência em produção e próximo ao campo.	Um novo diretor sem experiência operacional e mais distante do campo.
Pessoas com habilidades, anos de experiência e envolvimento nos silos, e número adequado de funcionários para as operações.	Chegada gradual de jovens, sem o mesmo envolvimento com os silos e a empresa, que precisam adquirir suas habilidades e ser supervisionados, o que traz uma nova interação com a hierarquia na organização e na escolha dos fluxos. Número inferior de funcionários, levando a dificuldades gerenciais (faltas, férias etc.).

Antes de 2000	A partir de 2007
<p>Proximidade dos chefes de setor com suas equipes, pois os setores são relativamente pequenos (menos de dez silos). Tomada de decisões e gerenciamento do departamento de operações centralizados na direção.</p>	<p>Maior cobertura pelos gerentes de operações do que nos setores anteriores após a reorganização (levando a uma gestão mais complexa dos fluxos de produtos) e delegação da segurança, na ausência de uma função de operações centralizada.</p>
<p>Ascensão gradual na organização para cargos gerenciais.</p>	<p>“Pulos” na progressão de alguns perfis promissores, passando de encarregado de armazém para gerente de operações (na nova estrutura).</p>
<p>Distância reduzida na circulação de informações entre o campo e a direção:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadeia hierárquica curta</li> <li>• Presença da direção no campo</li> </ul>	<p>Fluxo de informações diferente, maior distância entre o campo e a direção:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadeia hierárquica alongada (adição de um nível)</li> <li>• Menos presença da direção no campo</li> </ul>
<p>O eixo principal da segurança não é o controle formalizado por meio de auditorias. A segurança se baseia na confiança e na identificação dos pontos fracos da organização pela dupla de diretores, com apoio dos gerentes de setor.</p>	<p>Auditorias paralelas realizadas pelo departamento de segurança (fonte de tensão que coloca esse departamento em dificuldade), bem como pelos gerentes de operações.</p>
<p>Pressão regulatória ambiental limitada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouca exposição a olhares externos do tipo fiscalização de instalações listadas</li> <li>• Pouca demanda para introduzir segurança nas práticas</li> </ul>	<p>Regulação omnipresente (meio ambiente, segurança industrial):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessidade notável de conformidade a fim de atender às expectativas da administração pública</li> <li>• Cobertura em caso de problemas</li> <li>• Aumento da demanda por formalização (fonte de conflito e sensação de interferência)</li> </ul>

### *Posicionamento e influência da função de segurança*

Como mencionado anteriormente, o desenvolvimento de uma função de QSSMA resulta de várias tendências. A primeira é o aumento das restrições regulatórias (novos textos com foco na segurança industrial, em particular após



a explosão de Blaye em 1997), com fiscalização crescente e exigência de formalização das práticas de gestão da segurança a fim de tornar a segurança “fiscalizável” externamente. A segunda é a introdução de normas de gestão (ISO 9000 e 14000) nos âmbitos da qualidade e do meio ambiente (nem tanto da segurança), que têm exercido pressão sobre as empresas para demonstrar aos clientes que elas têm bom domínio sobre sua produção e seus impactos ambientais.

No entanto, essa visão das práticas operacionais, de orientação “formalizada” ou “procedimental”, era oposta à visão que os operadores tinham de si mesmos, compartilhada pela direção da época, de *expertise* e autonomia. Até a mudança na direção, o sistema se baseava na socialização dos operadores por meio da supervisão local das práticas e no forte envolvimento da geração mais antiga de funcionários com sua ferramenta de produção. A segurança era então parte integrante do ofício, ao invés de uma *expertise* externa, representada por um departamento e uma função na empresa. Alguns dos operadores que encontramos durante este estudo vinham trabalhando no “seu” silo desde o início dos anos 1980, com uma forte apropriação dos locais e instalações, gerada pela autonomia que a configuração descentralizada do sistema implicava.

Ao introduzir uma maior formalização das práticas, sob a forma de procedimentos, em parte de origem externa, uma grande proporção de funcionários em todos os níveis viu isso como um questionamento de princípios que, até então, eram constitutivos da identidade da profissão. Estamos falando no reconhecimento de seus conhecimentos e *expertise*, que, além de tudo, permitia um funcionamento do sistema baseado na confiança. Essa confiança tinha um papel importante na configuração descentralizada do sistema. A mudança trouxe debates, especialmente sobre como ia ficar o nível de avaliação e resolução pelos operadores, em qualquer situação, se tudo tivesse de constar nos procedimentos com precisão.

Não era a experiência que garantia um bom nível de segurança, mais do que o próprio procedimento? E poderia ser este decretado por atores que nunca estiveram envolvidos nas operações, como a chefe do departamento de QSSMA? Esse debate que sempre esteve latente e foi assumido pela chefe do departamento de QSSMA (qualidade, saúde, segurança e meio ambiente), uma mulher com caráter, traz informações sobre a visão do trabalho e segurança dos diversos membros da organização, mas também mostra o lugar que a segurança ocupa nesses processos de tomada de decisão. A nova posição da função de segurança, antigamente associada diretamente ao diretor de operações (antes de 2007), coloca-a entre os novos gerentes de operações e o novo diretor geral, como ilustrado pela Figura 6.1, que mostra as mudanças organizacionais.

Enquanto a gerente de QSSMA agiu durante anos, com os dois diretores anteriores, para estabelecer uma posição central desse departamento na organização (propósito às vezes contestado localmente com base em reivindicações de identidade profissional), a nova estrutura definitivamente a colocou em questionamento. Como a Figura 6.1 mostra, há um nível adicional a partir de 2007. Esse nível adicional ganha importância operacional, pois os gerentes de operações se tornam os olhos e ouvidos do novo diretor, sem experiência operacional. Ao instituir essa nova função, ele dá a esses cargos o poder adicional de tomada de decisões no dia a dia das operações. São decisões em termos de pessoal, gestão de fluxos de produção, alocação de silos aos diversos grãos e, até certo ponto, investimentos. Nessa nova estrutura, a segurança, antes à direita da direção, em contato direto com o diretor que centralizava as questões operacionais, deve reajustar sua posição para desempenhar seu papel, de maneira diferente agora, tendo de interagir com a nova função dos gerentes de operações. Assim, sob a nova estrutura, fica incerto como são resolvidas as disputas entre a função de segurança e os novos gerentes de operações. Isso se torna um desafio da mudança, especialmente com um novo diretor geral inexperienced, o que ficou bem ilustrado pelo incidente de 2009.

### *Reflexividade após incidentes e sensibilidade a sinais fracos*

A cronologia do evento é bastante simples: deflagrou-se um incêndio após a autocombustão de grãos de colza em um silo. As razões desse acidente ficam bastante claras *a posteriori*, tanto em termos de tecnologia como de práticas de segurança:

- Colza estocada em um silo não projetado realmente para esse tipo de grão (o mais perigoso, por ser mais oleoso e mais difícil de resfriar), subequipado em termos de ventilação e controle de temperatura, operado e monitorado por um funcionário recém-treinado, que, além desse trabalho, também era enviado a vários outros silos como apoio quando o gerente de operações realocava recursos por problemas de pessoal.<sup>17</sup>
- Com pouca supervisão do pessoal pelo novo chefe de equipe, essas dificuldades na operação do silo não são corrigidas (combinadas com problemas ergonômicos do próprio posto de trabalho e da atividade),<sup>18</sup> apesar de conhecidas (o que será uma das principais críticas do diretor ao líder de equipe, por não tê-lo informado diretamente sobre tais dificuldades).

- Como resultado da insuficiente ventilação, o grão armazenado não pôde ser mantido fora dos limites de autoaquecimento e, por falta de monitoramento, o aumento de temperatura passou despercebido.<sup>19</sup>

O gerente de operações acima do líder da equipe não desempenhou de fato seu papel. Ele interferia frequentemente com as responsabilidades de seu líder de equipe, não passando por ele para pedir ao jovem operador que substituísse as falhas em outros silos. Ele não era muito comunicativo e não levava em consideração as opiniões dos líderes de equipes, que criticavam sua falta de comunicação e tomadas de decisão unilaterais. Em descompasso com as práticas de gestão de pessoas e atividades dos outros gerentes de operações, esse novo gerente trazia muitas preocupações para a chefe de QSSMA, que estava, portanto, em conflito frequente com ele. Essa discrepância nas práticas pode ser expressa em termos de contrastes e tensões, entre “ser cauteloso” e “ser demasiado confiante”, entre “princípio de decisões colegiadas” e “tomadas de decisão unilaterais”, entre “conhecimento profundo das particularidades dos silos em seu território” e “pouco conhecimento delas”, entre “abordagem prática, no campo” e “abordagem burocrática” e, por último, entre “comunicar os problemas para a direção” e “não mencioná-los para mostrar sua capacidade gerencial”.

Esse gerente de operações beneficiou-se da reorganização ao subir vários degraus de uma só vez, graças, em particular, a uma avaliação extremamente positiva de seu potencial pela direção e pelo gerente de recursos humanos, reforçada pela avaliação externa de uma empresa de consultoria. Como operador, ele tinha de fato mostrado qualidades no gerenciamento de silos quando comparado a seu próprio gerente de operações. A estratégia da empresa de criar uma nova estrutura tinha envolvido, na diretoria, um desejo de valorizar o pessoal, o que foi uma oportunidade para aquele operador de evoluir na organização. Ele foi, portanto, um dos beneficiários da reorganização. Um dos problemas que a chefe de QSSMA teve com ele, como novo gerente de operações, foi sua disposição de não cumprir algumas das ordens de segurança (especialmente de implementação de regras de segurança), sentindo-se apoiado por uma direção que frequentemente decidia em seu favor ao considerar que a chefe de segurança exagerava.

Assim, quando o incêndio foi deflagrado, ao invés de seguir as propostas do chefe de segurança, que visava tornar a situação segura esvaziando o silo, o diretor preferiu a proposta do novo gerente de operações, muito mais conservadora, que visava salvar o grão que ainda pudesse ser salvo. Em retrospectiva,

tal escolha foi um erro de apreciação que contribuiu para agravar a situação. O seu interesse aqui, do ponto de vista da interpretação, reside na ilustração do ponto de vista então favorecido pelo diretor. Esse episódio confirma a dificuldade do posicionamento da gerência de QSSMA.

Nesse clima, o novo gerente de operações tomava decisões que não con-  
diziam com as solicitações da gerente de QSSMA. Esse incidente demonstra a dificuldade para a organização, e em particular para a direção, de proces-  
sar sinais da função de segurança, bem como informações de outras fontes, como líderes de equipe ou gerentes de silo, mais distantes da direção do que anteriormente. Além disso, esse incidente era a repetição de um cenário seme-  
lhante ocorrido em 2004, em outro setor da empresa, devidamente descoberto e resolvido na época. Esse ponto faz questionar a capacidade de aprendizagem da empresa, sua capacidade de aproveitar as experiências passadas para não repetir os mesmos tipos de incidentes (o que em grande parte é explicado pelas mudanças organizacionais).

Esse incidente leva a outros questionamentos, que se revelam também no funcionamento quotidiano da empresa, sobre a qualidade do controle, interno e externo, a partir de olhares externos, bem como a qualidade da implementação de barreiras em relação às práticas dos operadores e a qualidade de sua super-  
visão pelos líderes de equipe. O diretor, após o acidente, falava sobre ele nos seguintes termos: “um cara que não faz bem seu trabalho + um cara que não controla = um incêndio”. Porém, é possível ver claramente como a situação era bem diferente, pois deveria ser considerada da seguinte forma: “transição de um modelo organizacional para outro + pontos fracos não corrigidos no novo modelo = incêndio”.<sup>20</sup>

### *Olhares externos*

Tendo em conta que a empresa tem 65 silos, não era possível fiscalizar regu-  
larmente todas as instalações ao longo de um ano (ou mesmo vários anos). Por-  
tanto, as avaliações externas por autoridades de controle eram relativamente pontuais. Mesmo tendo aumentado de forma considerável o número de fisca-  
lizações nos anos anteriores, o que contribuiu para tornar as instalações mais seguras (em teoria, ou seja, desconsiderando seu ambiente social), seu escopo permanecia muito específico. Elas focavam geralmente aspectos técnicos, como a qualidade da aspiração (que visa evitar a presença de poeiras nas instalações, para prevenir sua suspensão e riscos associados), fazendo observações sobre a limpeza das instalações ou conferindo a rastreabilidade de procedimentos.

Na mente dos fiscais, os acidentes devem-se a explosões de poeiras, e, de fato, esse é o principal risco sociotecnológico dessas instalações. Ao focar esses aspectos, visuais e mais fáceis de avaliar, diretamente relacionados ao risco de explosão, os fiscais não buscam dados relacionados ao trabalho real, uma orientação de fiscalização que fica a critério do perfil do fiscal. Afinal, esse olhar externo não serve como base para manter uma visão global do funcionamento real de todos os silos da empresa. Somente a empresa dispõe dos meios e tem a possibilidade de responder a essa necessidade. Isso não põe em questão o papel dos fiscais nem das normas regulatórias, que já contribuíram para evoluções notáveis e muito positivas no que diz respeito à segurança industrial desse tipo de instalações. Como muitos observaram, os níveis atuais de poeira nas instalações são extremamente diferentes do passado, graças à tecnologia, aos regulamentos e sua aplicação pela administração pública.

Dado que essas limitações eram do conhecimento do novo diretor, uma auditoria interna foi confiada ao departamento de segurança, que contava com uma equipe de funcionários da organização treinados como auditores. Na ausência de controle externo, possível às vezes em grandes grupos industriais ou empresas que contam com os serviços de empresas de consultoria ou perícia, ela devia, portanto, operar com seus próprios recursos. Tal situação não constitui um problema em si, e na verdade muitas vezes é positiva, pois os membros operacionais da empresa estão em ótima posição para oferecer tanto uma visão crítica quanto construtiva do trabalho real. As dificuldades desse exercício, no caso dessa organização, derivavam da falta de conhecimentos técnicos dos auditores, sem experiência na operação de silos. Isso os levou a usar as matrizes de auditoria de maneira formal, sem a capacidade de se distanciar e exercer um olhar e julgamento profissionais sobre as situações auditadas.

Por outro lado, esse sistema de auditoria pelo departamento de QSSMA se sobrepunha à auditoria realizada pelos gerentes de operações, a pedido do diretor, após a reorganização da empresa (Figura 6.1). Esse segundo tipo de auditoria, em paralelo, visava apoiar os gerentes de operações a fim de garantir a melhor gestão operacional dos silos. No entanto, a sobreposição de dois mecanismos de auditoria tornava mais complexo o controle objetivado. Enquanto um provinha do departamento de segurança e seus funcionários, designados para a auditoria, o outro provinha dos gerentes de operações, ficando então muito ambíguo o peso relativo de cada ferramenta.<sup>21</sup>

Essa situação confusa contribuiu para questionar mais uma vez o papel do departamento de segurança em relação aos gerentes de operações. A problemática subjacente à implementação do olhar externo foi perfeitamente levantada

pela análise do incidente, que demonstrou que a combinação dos dois mecanismos tornara delicada a avaliação da situação para o diretor, que se viu confrontado com avaliações um pouco diferentes. Este último ponto coloca fortemente em dúvida a possibilidade de a empresa garantir um nível de visão externa (interna) adaptado aos desafios das mudanças ocorridas nos anos anteriores, para permitir uma apreciação do funcionamento real das arquiteturas de segurança implantadas nos silos.

### *Estado das barreiras técnicas e humanas de segurança*

As barreiras projetadas para a prevenção de cenários de explosão e incêndio se baseavam em uma combinação de tecnologias, artefatos, inscrições, práticas e saber-fazer dos operadores. Em proporções variadas em função dos silos, os cenários de explosão eram prevenidos com:

- extração contínua das poeiras (automatizada por meio de extratores em grande parte dos silos) com registro de dados;
- e limpeza regular realizada manualmente.

Essas barreiras destinam-se a evitar a presença de poeiras em quantidades que, se forem colocadas em suspensão, poderiam produzir uma nuvem inflamável. Se este for o caso, outras medidas preventivas visavam eliminar as fontes de ignição, bem como reduzir as sobrepressões em caso de ignição de poeira em ambiente confinado:

- proibição de fumar para evitar essa fonte de energia de ignição e controle do trabalho a quente (plano de trabalho a quente);
- sensores de parada após desvio de esteira transportadora como fonte de energia pelo aquecimento devido ao atrito da esteira no metal, uso de dispositivos certificados para atmosferas explosivas;
- respiros nas estruturas que permitam limitar aumentos de pressão, e desacoplamento das instalações.

No que diz respeito aos cenários de autoaquecimento do grão armazenado, a arquitetura de segurança se baseava no monitoramento diário das temperaturas dos silos, bem como nas medidas de ventilação para a redução de temperatura (que é também um objetivo de produção em termos de qualidade do produto). Mais uma vez, existiam duas opções, dependendo do tipo de silo:

- monitoramento automatizado da temperatura por meio de sondas conectadas diretamente à sala de controle, que registram e informam as mudanças de temperatura;
- medida manual de temperatura, que precisa ser registrada no sistema informático de controle.

A qualidade dessa arquitetura depende, obviamente, da competência dos operadores em relação ao equilíbrio que precisam manter diariamente entre as contingências da produção e os princípios de segurança, com controle das práticas de prevenção pelos supervisores (ou seja, proibição de fumar e monitoramento da temperatura). Embora os meios tecnológicos usados mostrem que a empresa tem uma abordagem em termos de análise de risco industrial e de projeto das instalações (mesmo que os 65 silos não possam ser avaliados de forma exaustiva), o incidente demonstrou também que certas dinâmicas locais podem ser consideradas problemáticas para a implementação de boas práticas de segurança. Em particular, a tecnologia agora permite o monitoramento remoto, por computador, das leituras de temperatura que os operadores devem inserir em bancos de dados informatizados acessíveis à gerência. O monitoramento remoto é perfeitamente possível, pelo menos no que diz respeito à rastreabilidade (para não mencionar a qualidade da verificação).

A implementação de práticas e saber-fazer capazes de lidar com as situações enfrentadas localmente pelos operadores depende de uma série de fatores, incluindo a qualidade da supervisão pelos líderes de equipe, bem como a qualidade da gestão dos fluxos de produto, funcionários e instalações pelos gerentes de operações. O “erro” de deixar a colza em um silo inadequado por muito tempo, supervisionado por um jovem não treinado e sujeito a condições de trabalho difíceis no que diz respeito às complexas tomadas de decisão envolvidas, decorreu, após investigação e de forma simplificada, de pelo menos três aspectos:

- a dificuldade dos gerentes de operações e líderes de equipe na gestão das atividades pela redução de pessoal nos últimos anos, o que tornava frequente a escassez de pessoal e levava a situações complexas em termos dos processos de tomada de decisão e de alocação de recursos em tempo real;
- a falta de acompanhamento e de treinamento para os cargos novos, alguns inexperientes, quando mudou a estrutura da empresa (gerentes de operações e líderes de equipe), mas também a carga de trabalho que re-

apresenta a formação e supervisão de uma nova geração de empregados (renovação de 50% dos funcionários);

- a dificuldade dos jovens operadores de silos em desempenhar o papel assumido por funcionários mais experientes no passado, resistindo às decisões problemáticas dos gerentes de operações sobre opções de estocagem de produtos em relação aos fluxos previstos e às características das instalações.

Essas observações mostram que as barreiras de segurança, em particular aquelas baseadas em práticas e saber-fazer, depois da série de mudanças comentadas, ficaram afetadas em termos da qualidade da sua implementação. Isso atingiu diversamente os diferentes setores da empresa, pois esses setores, além de supervisionados por gestores com diferentes perfis, experiências e estilos de gestão, também usavam diferentes tecnologias e artefatos.

## Discussão

### Uso do modelo

Como esse exemplo ilustra, uma avaliação da segurança industrial do jeito proposto baseia-se nas capacidades tanto descritiva quanto de apreciação com caráter normativo, refletidas na dinâmica do modelo MSDCS (Figura 5.6) e nas frases-chave que estruturam a leitura da situação dessa empresa, que podem ser relidas agora, com o estudo de caso em mente:

- 1) As orientações estratégicas da direção da empresa em seu ambiente econômico, político, social e tecnológico, acarretam...
- 2) uma série de mudanças tecnológicas e organizacionais que podem ter tanto impactos positivos quanto negativos sobre...
- 3) o projeto e/ou implementação das barreiras de segurança (técnicas e humanas) pelos operadores e equipes no nível operacional, uma situação que é monitorada e comunicada;
- 4) em primeiro lugar, ficando atentos aos sinais fracos (potencialmente transmitidos por “lançadores de alertas”) bem como aplicando a reflexividade após os incidentes;
- 5) em segundo lugar, pela presença de uma função de segurança competente e suficientemente influente para questionar a empresa sobre



o impacto das mudanças na forma ou implementação das barreiras de segurança;

- 6) e, em terceiro lugar, por meio de visões externas que a organização é capaz de mobilizar para tirar lições que se traduzem concretamente em práticas e orientações estratégicas.

Este estudo de caso mostrou, portanto, como diversas mudanças, entre as quais o novo impulso estratégico (1), alteraram localmente algumas das capacidades de gestão da segurança industrial pelos atores da empresa (2), o que é ilustrado pelas dificuldades em implementar certas práticas e *expertises* que fazem parte da arquitetura de segurança (3), e também pela escuta seletiva dos sinais pela direção, no contexto da sua estratégia (4), bem como pela perda de influência da chefe de segurança no novo contexto (5) e pelos problemas no estabelecimento, internamente, de uma visão externa às atividades (6). Como se pode ver, essa descrição e compreensão dinâmica da construção da segurança requer a mobilização de uma série de atores, de situações, mas também de artefatos, e os ressitua em um movimento que considera certos temas socio-tecnológicos como fundamentais. Esse caso relativamente simples serviu, portanto, para responder de forma concreta a pergunta “onde, quem, o quê, como e quando questionar ou observar os múltiplos atores e entidades heterogêneas que compõem esses sistemas para melhor compreender, antecipar e prevenir desastres industriais?”.

## Dinâmica da construção de segurança

Essa abordagem dinâmica da construção da segurança industrial precisou mobilizar a noção de construto, fazendo leituras diversas, por exemplo, dos jogos de poder entre diferentes atores em torno da mudança estrutural e suas incertezas, mas também a leitura mais cultural, do papel das socializações na reação à evolução do trabalho na operação dos silos, reivindicando uma identidade profissional diante da imposição de procedimentos que questionam a *expertise* e a confiança no saber-fazer. Também foi necessário integrar os artefatos e entidades que contribuíam para essa construção, como a sonda manual de temperatura e a inserção dos dados no sistema informático, os grãos de colza e seu comportamento ou os extratores para resfriar o grão, artefatos e entidades sem os quais é impossível compreender as condições do acoplamento tecnossocial descrito. Do mesmo modo, fazem parte dessas transformações

do contexto que enquadra a ação dos atores os novos artefatos e inscrições de natureza burocrática (ficha do cargo definindo suas funções, delegação de poder, matriz de auditoria, e também a maior formalização das atividades de gestão da segurança).

Mas as construções cognitivas dos indivíduos sobre as situações e incertezas que eles enfrentam também foram identificadas em vários níveis, incluindo a direção, os gerentes de operações, os operadores de silos e a gerente de QSSMA. Essas construções também são sociais, pois revelam o peso das trajetórias e socializações dos indivíduos, que não estão intelectualmente equipados para traduzir e considerar, do ponto de vista de sua estratégia, todas essas incertezas da mesma maneira. O resultado se assemelha ao que se faz *a posteriori* para acidentes maiores, mas desta vez aplicado a uma situação de funcionamento cotidiano (incluindo uma análise aprofundada do incidente). Assim, neste caso como em outros, “obtemos nas análises de sistemas ou redes uma compreensão da natureza interligada das instituições, indivíduos, filosofias, culturas profissionais e objetos”.<sup>22</sup> O modelo requer, efetivamente, considerar de forma combinada a tecnologia, as tarefas e atividades, a estrutura, mas também a cognição e os fenômenos de socialização, bem como de poder, em um movimento de conjunto.

## Implementação da interdisciplinaridade

Também é importante agora sublinhar o caráter interdisciplinar do estudo de caso, que faz o esforço de religação ou de convergência discutido nos capítulos anteriores (Figuras 4.2 e 4.3). Cada explicação poderia de fato ser reivindicada por diferentes especialistas dos campos que foram comentados, agrupados nas categorias “instalação”, “cognição”, “organização”, “regulação”.

O engenheiro explicaria, por exemplo, como os problemas de ventilação antes do incêndio e, em particular, a potência do equipamento são aspectos fundamentais do nível de segurança industrial. Por exemplo, se o ventilador tivesse sido capaz de resfriar mais o grão armazenado no silo, o incêndio provavelmente nunca teria acontecido. Mas este é somente um ponto entre outros.

O ergonomista, por sua vez, explicaria que o problema a ser considerado de forma imprescindível é a situação de trabalho, as ferramentas, o projeto do posto de trabalho, bem como o treinamento e supervisão dos operadores. Esses aspectos tiveram um papel fundamental na gênese do incidente, mas também,

evidentemente, o desempenham no dia a dia, pois nem todas as instalações têm o mesmo nível de automação e de equipamento.

O sociólogo insistiria mais no poder dos atores, redistribuído após as mudanças organizacionais, pelos *insights* que isso traz em termos do peso de cada ator nos processos de tomada de decisão (coalizões), e sublinharia também as socializações, com o peso do passado nas trajetórias dos operadores e supervisores, que os leva a questionar as novas formalizações.

Um cientista político ou sociólogo da ação pública poderia achar interessante examinar a importância dada pelos fiscais, durante a fiscalização, à exigência regulatória de instaurar um sistema de retorno de experiência. Isso poderia ter desempenhado um papel preventivo ao facilitar que a empresa levasse em consideração o impacto das mudanças nas situações operacionais.

O especialista em administração poderia, legitimamente, considerar a dimensão cognitiva do diretor, que, transformando sua organização, não via ou considerava aceitáveis as consequências e problemas que a nova abordagem e estratégia implicavam.

Porém, em vez de privilegiar tal abordagem de caráter multidisciplinar, o que foi proposto é, graças ao modelo e uns mínimos conhecimentos das diferentes disciplinas e tradições de pesquisa (apresentadas no Capítulo 2), uma abordagem interdisciplinar consistente na consideração conjunta, simultânea, desses pontos de vista e leituras da segurança industrial. Nenhuma das disciplinas é central, todas elas contribuem em diversa medida para a interpretação proposta. O modelo gráfico MSDCS desempenha então seu papel de inscrição no esforço de religação e de convergência tratado no Capítulo 4. As disciplinas e tradições de pesquisa foram mobilizadas em diversa medida nesse processo, e os conhecimentos desses campos foram indispensáveis para considerar o caso. Eles permitiram a sensibilidade a numerosas dimensões, e a possibilidade de aprofundar nelas quando necessário, sempre que possível (sobretudo em termos de acesso aos dados e tempo de coleta).

## Problemática da normatividade

Ora, qual apreciação fazer da situação da empresa em termos de gestão da segurança industrial? Por exemplo, o incêndio era previsível? Ele é surpreendente, retrospectivamente? Como, em relação a essa pergunta, “restituir ao passado a incerteza do futuro”?<sup>23</sup> Como limitar o viés retrospectivo, procurando ao mesmo tempo alguns apoios de caráter normativo que sejam

razoáveis em relação ao objetivo da avaliação? Por um lado, o incêndio deve ser atribuído, em parte, à mudança de estratégia do diretor em termos de estrutura organizacional.

Como já foi referido, com uma fórmula alternativa à versão do diretor<sup>24</sup> sobre o incêndio, que a contradiz: “transição de um modelo organizacional para outro + pontos fracos não corrigidos no novo modelo = incêndio”. Com base nessa nova interpretação, é, por conseguinte, tentador questionar a abordagem gerencial daquele diretor.<sup>25</sup> A fase de estudo do funcionamento quotidiano, ao permitir o encontro com um certo número de pessoas selecionadas, tinha de fato, antes do incidente, levantado a questão do impacto das mudanças na qualidade dos processos de tomada de decisão em termos de segurança industrial.

Assim, podemos enumerar os pontos que mostram a má gestão da unidade, não levando suficientemente em conta o ponto de vista do departamento de segurança, não percebendo o desafio que sua função representava para o novo gerente de operações e confiando excessivamente no seu potencial, não percebendo os problemas encontrados em nível local pelo jovem operador nas suas interações com a sua situação de trabalho, junto com a falta de supervisão efetiva pelo líder da equipe. Considerado *a posteriori*, de um ponto de vista de administração, trata-se de um verdadeiro fracasso, dois anos após o diretor assumir seu cargo. Além disso, um exame do nível de implantação da formalização do seu sistema de gestão da segurança, bem como das disparidades no grau de modernização das instalações, pode contribuir para uma crítica do nível de segurança industrial da empresa de forma mais geral.

A imagem e a reputação da empresa no setor ficaram prejudicadas, e a capacidade gerencial do diretor foi questionada, pelo menos indiretamente. Enquanto essa cooperativa, durante muitos anos, com seus dois diretores, tinha sido considerada um modelo e um exemplo industrial no setor, essa ocorrência indicava uma ruptura com o passado. Aquele passado era o da centralidade da experiência operacional em todos os níveis, baseada na circulação de informação, facilitada por formas de interagir e uma dinâmica organizacional diferentes, como refletido no Quadro 6.1 das mudanças e na Figura 6.1. A mudança de um sistema pouco formalizado, baseado na *expertise* distribuída, para um sistema com práticas mais formalizadas, porém com menos *expertise* operacional, criou as condições para um incêndio.

Essa primeira apreciação é uma possibilidade. Baseia-se na ideia de que existe boa gestão e as empresas que se desviam dela aumentam sua probabilidade de sofrer um incidente, acidente ou desastre. Essa boa gestão é responsabilidade

da direção, que deve utilizar todos os meios e recursos necessários para isso. Com essa interpretação, nos juntamos a Andrew Hopkins, para quem “uma boa administração teria sistemas projetados para impedir os desvios e para amplificar e responder a sinais de alerta; a falha em estabelecer tais sistemas é uma falha gerencial”,<sup>26</sup> ou a Paul Mayer, que diz sobre o acidente do Challenger: “o acidente do ônibus espacial não é, portanto, um acidente normal, seja no sentido de Perrow ou no sentido ainda mais pessimista de Vaughan. É anormal em comparação com a prudência habitual da Nasa”.<sup>27</sup> Os pontos de vista desses dois autores são particularmente válidos aqui, com um sistema incapaz de se informar sobre os problemas e a perda da cautela intrínseca à configuração sociotecnológica anterior.

## Causalidades complexas, normatividade e construção da segurança

Existe uma segunda orientação, que procura uma abordagem menos normativa, mas tenta entrar na dinâmica do sistema a fim de ganhar uma nova perspectiva. Para isso, é necessário retornar às causalidades circulares e complexas, como introduzidas no Capítulo 3 sobre a complexidade, e o caráter indeterminado e incerto de qualquer situação, especialmente com construtos sociotecnológicos que dependem de inúmeras interações entre atores, situações e artefatos. As causalidades circulares e recursivas previnem qualquer tentativa determinista à procura de prognósticos seguros:

- a) as mesmas causas podem levar a efeitos diferentes ou divergentes [...]
- b) causas diferentes podem produzir os mesmos efeitos [...]
- c) pequenas causas podem trazer efeitos muito grandes [...]
- d) grandes causas podem trazer efeitos minúsculos [...]
- e) há causas seguidas de efeitos contrários [...]
- [...] os efeitos das causas antagonistas são incertos.<sup>28</sup>

Essa incerteza quanto ao comportamento dos sistemas e redes sociotecnológicas é abordada por meio de fenômenos de amplificação e aceleração (retroalimentação positiva), de atenuação ou de compensação (retroalimentação negativa). Não se deve esperar causalidades lineares e mecanicistas no tema dos acidentes e da segurança industrial. As dinâmicas são múltiplas, com um potencial *a priori* desconhecido de adaptação e inovação diante de novas situações. Portanto, as dinâmicas nunca são totalmente previsíveis. Envolvem

todo tipo de interação, entre entidades compostas de interações (ou seja, interações de diferentes tipos interagindo entre si), ou no acoplamento de atores e artefatos. O interesse de abordar essas questões com a causalidade circular e complexa é, portanto, duplo:

- permite conceber o evento, ou seja, fenômenos imprevisíveis podem ocorrer onde não eram esperados;
- mas também permite conceber o não evento, ou seja, que nenhum fenômeno, embora temido, é observado onde era esperado.

Esse segundo ponto, o não evento, é particularmente importante, pois o nexos causal entre mudanças e consequências em termos de segurança é muito mais incerto do que a visão retrospectiva sugere após o evento. Relacionado com a noção de construto, esse fenômeno torna possível compreender por que razão as empresas ultrapassam *a posteriori* os limites. Assim, a causalidade complexa ajuda a evitar tanto a simplificação quanto uma confortável certeza facilitada por nossa posição *a posteriori*.

As incertezas, aqui, eram muitas em função dos diferentes atores: para o novo diretor no que diz respeito à sua nova organização, para o novo gerente de operações em relação às suas escolhas de alocação de recursos e fluxos de produto, para a gerente de segurança em relação à sua posição na nova estrutura, para o jovem operador em relação à sua prática etc. Incerteza também para o observador externo sobre o comportamento global do sistema. Essas incertezas também devem ser colocadas em perspectiva em relação às trajetórias e socializações dos atores, que constroem pontos de vista sobre a situação<sup>29</sup> com base em sua experiência. Elas se combinam em construtos sociais desta vez, pelo jogo entre atores, formando coalizões que reforçam certas orientações, por exemplo, entre o diretor e o gerente de recursos humanos em torno da abordagem e personalidade da gerente de QSSMA. Outra coalizão é a do conselho de administração (cujos membros têm pouco conhecimento das problemáticas operacionais de uma organização industrial) com o novo diretor, que assumiu seu cargo graças ao conselho de administração.

O movimento global e contínuo de um construto sociotecnológico torna sempre muito difícil apreciar claramente se uma coisa é viável ou não, normal ou não, pois a construção do sentido do evento pelos atores em suas relações tecnossociais serve como ponto de referência para a apreciação. Deve-se recordar aqui que

a patologia da hipercomplexidade torna-se hipercomplexa quando o desvio pode ser sinônimo de criatividade e quando as mudanças são um aspecto constitutivo do sistema, cuja norma consiste na evolução, ou seja, na transformação do desvio em normalidade e da normalidade em desvio [...] a hipercomplexidade nos mostra que imprecisão, incerteza, estratégia e inovação estão ligadas.<sup>30</sup>

Em outras palavras: onde situar a norma quando tudo se move, quando tudo muda?

O incêndio neste estudo de caso é resultado de um desvio local (ou seja, em um silo, de um setor) em relação a um espaço de práticas e saber-fazer relativos ao objetivo de monitorar as temperaturas, a ser recolocado nas circunstâncias específicas descritas anteriormente. Inscreve-se em um espaço de desvio do modelo de funcionamento anterior, desvio decidido e impulsionado pela direção (com certas precauções e ajustes gerenciais), inventando novos recursos e restrições, um enquadramento diferente da ação. O evento indica que, com relação à problemática da temperatura e prevenção de incêndios, a zona de viabilidade ou envelope foi ultrapassada em um setor.

Nessa segunda interpretação, a ideia de normalidade ou norma é posta em questão. Mais do que as regras ou enquadramento normativo que a organização poderia fixar em relação à segurança industrial (por meio de procedimentos, processos, ou formulação dos comportamentos esperados), trata-se de considerar dinâmicas de aceleração, amplificação, compensação e atenuação entre os temas incluídos no modelo MSDCS, mais ou menos viáveis nesses sistemas e redes sociotecnológicos, como demonstram certos eventos.<sup>31</sup> Tais dinâmicas baseiam-se em todos os atores, situações e artefatos da construção da segurança. Aliás, é isso que dificulta a tarefa da avaliação e leva algumas organizações a ultrapassar sua capacidade de compensação.<sup>32</sup>

## Subdeterminação da segurança pelo evento

Além do mais, esse incêndio não coloca necessariamente tudo em xeque. Por um lado, porque não se trata de um problema recorrente (como o seriam vários incêndios nos últimos meses, por exemplo), e diz respeito aos atores, situações e artefatos de um setor específico. Por outro lado, diz respeito a um cenário de acidente específico, o incêndio (monitoramento da temperatura), e não está associado ao problema máximo de risco de explosão de poeira (que

envolve outros artefatos, outras cinéticas, outras práticas), assunto central na segurança de silos graneleiros. Além disso, o incêndio não causou vítimas e está coberto financeiramente pelo seguro (após discussão e argumentação). As consequências desse evento são principalmente materiais e econômicas, mas não comprometem a sobrevivência da empresa.

Na área da filosofia das ciências, há uma tese segundo a qual uma experiência científica que invalida uma previsão baseada em uma teoria não põe em questão toda a teoria, mas apenas alguns de seus elementos ou hipóteses constituintes. Conhecida como tese de Duhem-Quine, seu nome vem dos dois filósofos que a propuseram (em momentos históricos diferentes). Diz-se então que a teoria é subdeterminada pela experiência. A experiência não permite decidir sobre a adequação da teoria no geral, e sim apenas sobre alguns de seus elementos constituintes. Da mesma forma, neste caso, o nível de segurança da empresa é subdeterminado em relação ao evento.

A questão das “lições” que os atores da empresa irão tirar desse evento permanece em aberto. Essas lições são elaboradas tanto individual quanto coletivamente, em meio a relações de poder e pontos de vista construídos a partir de certas leituras que implicam debater as decisões tomadas entre os objetivos, sempre concomitantes e em tensão, de produção, qualidade, segurança, meio ambiente etc. Elas remetem aos construtos discutidos neste estudo de caso. Um evento não existe independentemente de sua interpretação por parte dos atores, especialmente em meio a relações de poder.

As causalidades complexas e subdeterminação pelo evento da segurança permitem apreender melhor as dinâmicas complexas que envolvem os atores dos sistemas sociotecnológicos. Em comparação com a primeira orientação, mais normativa, que levava à tese do fracasso gerencial como conclusão, essa segunda orientação leva em conta as incertezas, bem como os construtos que estruturam tanto a ação quanto a interpretação dos eventos. Ela está mais próxima dos princípios de leitura estabelecidos por Diane Vaughan, resumidos nesta citação: “Nenhuma decisão fundamental de fazer o mal foi tomada na Nasa, e sim uma série de decisões aparentemente inócuas que, incrementalmente, levaram a agência para um desfecho catastrófico”.<sup>33</sup> Neste caso, a um incêndio.

## Falta de crítica e fatalismo

Há certamente uma série de problemas com essa leitura, ou pelo menos dois, que dizem respeito à crítica e ao fatalismo. O primeiro é que, pela sua



abordagem que procura compreender, situar e explicar as incertezas, bem como a relatividade dos enquadramentos normativos diante das dinâmicas do cotidiano, das mudanças e movimentos das empresas, perde-se o teor crítico da primeira orientação e dá-se a impressão de que os atores, em particular os gestores, estão sendo absolvidos. Ambos os tipos de leitura são de fato debatidos, entre a postura neutra, que procura capturar a complexidade e as incertezas, e a postura crítica, que denuncia alguns atores e, em particular, aqueles que dispõem de um certo poder de ação, frequentemente gestores nesta perspectiva.

No entanto, é difícil, até mesmo impossível, no plano empírico, decidir entre essas duas leituras, uma vez que elas remetem aos antecedentes meta-teóricos que foram discutidos nesta obra em várias ocasiões e que colocam o observador em sua observação (final do Capítulo 3). Ainda recentemente, na área da sociologia e da filosofia da tecnologia, a propósito do acidente da Nasa, o debate entre o filósofo Andrew Feenberg (no lado crítico, que rejeita absolver os gestores) e os sociólogos Harry Collins e Trevor Pinch (que procuram entender as incertezas dos engenheiros) exemplifica essa tensão recorrente entre as duas orientações.<sup>34</sup> Essa foi exatamente a razão pela qual Charles Perrow rejeitou as conclusões de Diane Vaughan. Ao mostrar a construção da segurança em relação às incertezas em torno do comportamento dos anéis de vedação, ela deixava em segundo plano o poder exercido pelos gerentes da Nasa sobre seus subcontratados, que era precisamente, para Charles Perrow, a chave para a compreensão daquele acidente.

As duas posturas são irreconciliáveis. Elas lembram as distinções feitas por Jürgen Habermas, que identifica epistemologias positivistas, hermenêuticas e críticas,<sup>35</sup> mas as duas posturas também podem ser consideradas na perspectiva de Raymond Boudon, que distingue entre sociologia cameral, expressiva, crítica e científica.<sup>36</sup> De uma perspectiva preventiva, uma abordagem que é crítica desde o início corre sempre o risco de esmagar os dados, sem tentar capturar a complexidade das situações enfrentadas pelas diversas categorias de atores.<sup>37</sup> Portanto, é melhor começar de outra forma, mais neutra, e depois, eventualmente, em uma segunda fase, oferecer uma argumentação mais crítica, mas também com recomendações.<sup>38</sup>

O segundo problema com essa leitura é seu lado fatalista. A incerteza, as mudanças, as causas complexas e os construtos sociotecnológicos parecem desafiar qualquer garantia definitiva de manutenção da segurança industrial; o acidente estaria sempre latente, esperando uma oportunidade para se manifestar. Isso significa que seja impossível, de fato, prevenir incidentes ou acidentes? É impossível discriminar entre duas situações? Talvez seja necessário matizar

um pouco este último ponto. É certamente possível considerar a possibilidade, em uma hipótese forte que requer trabalho empírico e comparativo, de determinar as diferenças entre dinâmicas claramente propícias e menos propícias aos desvios, incidentes, acidentes ou desastres. Os modelos desempenham então um papel fundamental a esse respeito, especialmente pela estruturação que trazem em termos dos temas e dinâmicas a serem compreendidos. Podemos já esclarecer um pouco esse ponto, com base nos dois estudos de caso usados nesta obra e no modelo MSDCS como exemplo?

## Comparação entre os dois casos

Os dois estudos de caso apresentados até agora nesta obra são bastante diferentes. Um foi realizado após um acidente muito grave, enquanto o outro combina o exame do funcionamento quotidiano (*a priori*, antes do incidente) e o estudo de um incêndio que colocou em questão a dinâmica da organização. O primeiro diz respeito a um universo de alto risco com uma longa tradição de segurança industrial (fabricação de explosivos) e um produto conhecido como muito perigoso (nitroglicerina). O segundo tem uma tradição bem mais recente de segurança industrial, envolvendo instalações só recentemente percebidas como instalações de risco (silos). Um foi realizado em um local centralizado (fábrica de explosivos) de um grupo bastante importante, enquanto o outro foi realizado em uma organização menor e muito descentralizada (múltiplos locais, silos).

Um foi solicitado por terceiros externos (o Ministério), enquanto o outro é uma participação voluntária da empresa. Assim, é possível multiplicar as diferenças tanto em termos das organizações e sistemas sociotecnológicos, das instalações e do contexto, quanto em termos das especificidades metodológicas próprias dos dois casos. No entanto, apesar das diferenças, o modelo desenvolvido de segurança industrial MSDCS permite considerar as relações entre os dois casos e indica muitas semelhanças interessantes no que diz respeito à questão da avaliação. Em ambos os casos, independentemente das suas especificidades, é possível se referir a dinâmicas, movimentos, alterações relativas às dimensões constitutivas do modelo de segurança industrial. Eles são suficientemente semelhantes para relacioná-los. A comparação é ainda mais interessante porque, em ambos os casos, os eventos que ocorrem não são precedidos por incidentes repetidos, anunciando o acidente, e os sinais de desvios ou

de problemas organizacionais são minimizados pelo enfraquecimento, entre outras coisas, dos atores responsáveis pela função de segurança.

Em ambos os casos, as dificuldades do departamento de segurança são, *a posteriori*, interessantes de se destacar. Um deles perdeu seu apoio informal no comitê executivo da empresa e se viu na incapacidade de transmitir mensagens para o topo sobre a realidade no campo, enquanto o outro encara a incapacidade de ver seu ponto de vista atendido pelo novo diretor, que privilegia um novo gestor da sua reorganização recém-iniciada. Em ambos os casos, verificaram-se igualmente mudanças de diretores, em que os novos diretores têm pouca experiência operacional e devem, portanto, reorganizar seu sistema para compensar isso. Um opta por uma estratégia de dependência muito maior do gerente de produção (em detrimento do gerente de segurança), e o outro opta por uma mudança na estrutura organizacional que requer a promoção de pessoal para novos cargos (também em detrimento da gerente de segurança). Essas novas opções estruturais e organizacionais contribuem para uma direção muito mais distante das atividades reais do que antes, embora, no primeiro caso, a decisão sobre o tempo dedicado pelo diretor a cada local não seja apenas sua, pois depende de um nível superior, no qual são tomadas as decisões do grupo.

Em ambos os casos, a qualidade dos olhares externos fica muito em questão. Um deles não recebe a visita da fiscalização (especialista na área de explosivos) durante muitos anos, e ultimamente interrompeu as auditorias cruzadas entre suas instalações, enquanto o outro não pode contar com a fiscalização para cobrir o conjunto dos seus 65 silos e tem dificuldades na realização das auditorias internas (devido à sobreposição de sistemas de controle e à falta de conhecimentos operacionais dos auditores). Por último, e para concluir essa comparação, em ambos os casos, foram identificados desvios das normas de segurança. Em um caso, um operador experiente se desvia (entre outras coisas) da distribuição prescrita de funções e responsabilidades para lidar com uma situação de falta de pessoal, enquanto no outro um jovem trabalhador pouco experiente não controla a temperatura do grão em um contexto de supervisão bastante distante e condições de trabalho complicadas.

Ao mobilizar os temas-chave do modelo, é possível comparar os dois casos, ao mesmo tempo que se destacam as diferenças nas descrições e explicações dos fenômenos de perda de influência do departamento de segurança, nos desvios das regras, entre os perfis dos diretores, nas adaptações da estrutura organizacional etc. Além disso, em um caso, os numerosos movimentos detectados *a posteriori* levaram a um acidente muito grave, enquanto no outro não foi esse o caso, apesar de um incêndio com danos significativos. Este último ponto

indica que, em um caso, sua amplificação, aceleração e compensação por meio dos atores, situações e artefatos levaram a um evento de maior intensidade do que no outro.

A tecnologia e os artefatos, os tipos de instalações, a periculosidade dos processos e, sobretudo, os tipos de cenários relacionados a todos esses movimentos explicam em grande parte as diferenças que emergem da comparação. No primeiro caso, trata-se de cenários de risco de explosão com cinética muito rápida e potencial de onda de choque muito elevado, dentro de um local com pessoal presente nas proximidades em um ambiente muito restrito, enquanto no segundo caso trata-se de um incêndio de grão de colza com cinética lenta em um silo ao ar livre com muito pouco pessoal à sua volta. Também em ambos os casos, os eventos localizam-se em apenas uma das oficinas da unidade de produção, para o primeiro, e apenas em um silo de um setor, para o outro, envolvendo, por conseguinte, atores, situações, instalações e artefatos específicos de cada empresa.<sup>39</sup>

Este último ponto confirma a importância de levar em consideração as questões técnicas e sociais simultaneamente, de forma combinada e articulada. Sem essa ligação, nem a descrição nem a avaliação têm suficiente influência sobre o problema da segurança industrial. Esse ponto demonstra também a importância de implementar um programa empírico e teórico de comparação ainda mais minucioso para progredir na qualidade das avaliações, capitalizando os casos. A possibilidade de uma forma de calibração dos parâmetros, como a intensidade, o número, a frequência e o tipo de mudanças em relação a qualquer dimensão do modelo de segurança industrial, surge como uma opção.

O que emerge da comparação desses dois casos é que a segurança industrial pode ser vista, com base no modelo MSDCS, como o resultado de dinâmicas cujos perfis são extremamente diversos, gerando domínios e gamas de viabilidade (mas também de ultrapassagem dos limites) muito extensos. Para ilustrar isso de forma fictícia, um departamento de segurança influente e competente, com estabilidade da organização dentro do seu mercado (o que se traduz em uma estratégia também bastante estável e mudanças associadas limitadas), pode equilibrar ou compensar uma baixa qualidade do olhar externo, bem como um retorno de experiência pouco desenvolvido formalmente, ou pouca reflexividade da empresa após incidentes. Do mesmo modo, submetidos, por um lado, a uma forte pressão do mercado refletida em uma estratégia de redução do número de trabalhadores para realizar uma quantidade equivalente de trabalho e, por outro lado, a perdas de *expertise*, bem como perda de influência do departamento de segurança, a ampliação e aceleração das mudanças podem

ser compensadas ou equilibradas por um olhar externo eficaz e um coletivo de profissionais robusto, ou seja, competente e unido, com uma arquitetura de segurança sólida por sua boa idealização e manutenção. Nessa perspectiva, o objetivo de uma avaliação consiste em identificar e caracterizar, com o apoio do modelo MSDCS e seus temas, as dinâmicas de construção da segurança industrial implantadas, em uma dada situação, com base em uma abordagem combinada de análise do cotidiano e de eventos.

## Em resumo

Este capítulo mostrou como aplicar concretamente os desenvolvimentos e modelos propostos nos capítulos anteriores, e que papel eles desempenham na estruturação tanto da coleta quanto da interpretação das informações sobre uma dada situação específica, em relação ao problema da avaliação da segurança industrial. Ao situar no âmbito do trabalho de campo de caráter etnográfico, conforme definido pelas ciências sociais, especifica o que é apropriado procurar caracterizar em uma dada situação. Ao adotar essa postura empiricamente exigente, o interesse dos modelos propostos, o modelo sistêmico e dinâmico de construção da segurança (MSDCS, Figura 5.6) e o sistema sociotecnológico modificado (SSTM, Figura 5.7), está em visualizar de forma diferente e ir além dos modelos até então disponíveis na literatura de segurança industrial.

Essa abordagem também difere do exercício de auditoria porque, por um lado, ela não entra no campo por meio da documentação e rastreabilidade, mas por uma apreensão da construção da segurança industrial baseada nas interações dos atores, situações e artefatos e, por outro lado, não postula universos normativos estabilizados que funcionem como marcos imutáveis, e sim uma dinâmica, cada vez singular, de causalidades complexas de amplificação, aceleração, compensação e equilíbrio, abordada por meio dos temas do modelo MSDCS e visualmente inscrita no SSTM. No caso escolhido e apresentado, esses aspectos foram ilustrados empiricamente, bem como discutidos em termos de interpretações. O último capítulo propõe agora avançar ainda mais em direção à nova face dos riscos sociotecnológicos a que se refere o título desta obra.

## Notas

1. Esse aspecto, que também equivale a questionar um contexto social mais global, será tratado no último capítulo (Capítulo 7).
2. B. Glaser & A. Strauss (1967).
3. Para uma interpretação e apresentação da abordagem de Parsons, especialmente sobre a questão da teoria e sua ligação com os dados empíricos, ver F. Bourricaud (1977).
4. T. Kuhn (1962).
5. N. Hanson (1959).
6. Isso implica questões de natureza filosófica ou ainda metateórica, segundo a expressão de Hans Joas: “Embora em nenhum momento as teorias sociológicas as confrontem explicitamente, nenhuma dessas teorias pode prescindir de pressupostos implícitos sobre a natureza da ação e da ordem social”. H. Joas (1999, p. 221).
7. A. Bryant (2009).
8. D. Vaughan (2004, p. 6).
9. D. Cefai (2003).
10. Richard Booth descreve essa situação para o acidente de Buncefield no Reino Unido em 2005 (Booth, 2012) e Constance Perin apresenta um caso semelhante no caso de David-Besse, uma central nuclear nos Estados Unidos, em 2004 (Perin, 2004).
11. M. Power (1997).
12. Esse comitê é composto pelos departamentos de qualidade, segurança, saúde e meio ambiente (QSSMA), recursos humanos e manutenção, assim como a nova estrutura gerencial criada pelo diretor.
13. Isso não prova que previmos ou antecipamos o acidente, mas apenas que descrevemos dinâmicas que iam necessariamente entrar em ressonância pelo menos com a sua própria investigação.
14. Houve tentativas anteriores de substituição, mas não tiveram êxito.
15. Os outros aspectos da sua estratégia consistem em considerar a possibilidade de fusão dessa cooperativa com outras cooperativas, a fim de crescer e reunir ainda mais recursos. Esse tipo de agrupamento não é inovador, está em andamento em muitas outras cooperativas e já ocorreu no passado, mas requer muito trabalho de negociação, ao qual ele deseja dedicar-se mais.
16. Essa delegação ocorreu após uma fiscalização sem aviso prévio que levou à identificação de uma situação de não conformidade (ultrapassagem de um limiar de peso máximo durante uma manipulação). Esse desvio foi objeto de uma condenação (multa) do diretor pelo tribunal. Na sequência desse episódio, e com base nos conselhos de um advogado, ele procurou limitar sua responsabilidade e exposição jurídica, especialmente no contexto de distanciamento que a nova estrutura gerou para ele.
17. A gestão dos fluxos de produto entre todos os silos em relação às remessas dos clientes por diferentes meios de transporte e a gestão dos silos e do pessoal são de fato tarefas particularmente complexas, que requer experiência. A escolha do armazenamento da colza em silos menos adequados e controlados por um operador pouco experiente é mais bem entendida no contexto de uma mudança em uma fábrica local que requer o transporte do grão por caminhão. A localização do silo é então particularmente boa na nova situação.
18. Há várias coisas a serem levantadas sobre esse ponto, já parcialmente mencionadas. A primeira é que a instalação não dispõe do número de ventiladores necessários para assegurar a ventilação de todos os silos simultaneamente, o que exige que se escolha como distribuir

a sua utilização. Esses ventiladores são colocados sob os silos para produzir um fluxo de ar ascendente que refrigera o grão armazenado. A segunda é que o *design* do silo torna as operações de limpeza do grão particularmente tediosas e delicadas para um jovem trabalhador. A terceira é que a temperatura deve ser medida pelo uso manual de uma sonda.

19. No entanto, a neve havia derretido no telhado de um dos silos, indicando precisamente um aumento de temperatura. Mas o jovem operador, a quem um agricultor fez notar a neve derretida, não levou o fato em consideração e não informou ao líder de equipe. O problema é também que esse jovem operador não registra, como está previsto, todas as suas leituras de temperatura no banco de dados do sistema de monitoramento, embora seja o papel do líder da equipe garantir que esse operador o faça (tarefa de monitoramento facilitada pelo uso de uma ferramenta informática que permite o monitoramento remoto dessas entradas de dados). Como se pode ver aqui, *a posteriori*, existem muitos desvios em relação ao que o posto de trabalho pressupunha. As condições de trabalho desse jovem operador explicam bastante bem as razões desses desvios, contrariamente ao que muitos são levados a dizer sobre a falta de profissionalismo da nova geração.
20. Os atores diretamente envolvidos nesse incêndio foram rebaixados ou demitidos. Ao operador que não tinha visto o aquecimento do silo foi oferecida uma nova atribuição, que recusou por razões de incompatibilidade da nova distância em relação ao seu domicílio e, portanto, deixou a empresa, denunciando essa decisão à justiça do trabalho. O líder de equipe responsável pela supervisão do operador foi rebaixado, tornando-se responsável por seu silo e perdendo os benefícios financeiros de sua anterior promoção. O gerente de operações, por ter se obstinado na gestão do incêndio, ignorando as instruções do diretor (quando este último percebeu que a gerente de segurança tinha uma visão mais clara e apropriada da situação), foi demitido.
21. Além disso, a auditoria realizada pelo líder de equipe alguns dias antes do incidente no silo onde o incêndio deflagrou não revelou os problemas encontrados pelo operador. No máximo, foram levantadas questões de limpeza do silo, bem como de registro das leituras de temperatura, sem observar as de leituras que não foram realizadas, exceto pelos registros informáticos. *A posteriori*, esse exemplo questiona a pertinência desse canal de monitoramento de informações pretendido pela direção como um dispositivo de gestão adaptativo, que era tido, no entanto, como um dos elementos de destaque da reorganização.
22. P. Galison (2000, p. 35).
23. R. Aron (1986).
24. Sua versão era “alguém que não faz bem o seu trabalho + um responsável que não controla = incêndio”.
25. O que alguns não deixaram de fazer nessa organização, lembrando que ele não era o candidato ideal para o cargo, devido à sua falta de conhecimentos na área do grão e de experiência operacional, de que deriva, como vimos, sua escolha de nova estrutura organizacional. A decisão do conselho de administração de nomeá-lo revela diferentes alianças entre os membros do conselho, que foram também criticadas por sua falta de consideração das questões operacionais na escolha do diretor.
26. A. Hopkins (2001).
27. P. Mayer (2003, p. 238).
28. E. Morin (1977, p. 269).
29. De fato, no que diz respeito ao diretor, por exemplo, é preciso não formar uma opinião com base naquilo que pode parecer particularmente óbvio do ponto de vista do conhecimento no campo da segurança industrial. Esse diretor nunca ouviu falar das pesquisas nesse campo, e teve uma trajetória de carreira na organização quase sem exposição a questões operacionais, muito menos a questões de segurança industrial. Ele se deparou com aquilo tudo. Além disso, ele faz parte de um movimento muito maior que será descrito no Capítulo 7.

30. E. Morin (1994, p. 196). Norbert Alter mostrou bem, na sociologia das organizações, como incertezas, inovação, imprecisão, estratégia, mas também normas e desvios são constitutivos das organizações contemporâneas, em relação ao início da sociologia das organizações nos anos 1960 e 1970 (Alter, 1990, 2000).
31. Foi essa flexibilidade que o sociólogo Scott Snook sugeriu em uma nota de rodapé da sua análise de acidente, criticando as limitações das causalidades lineares em detrimento das causalidades circulares (Snook, 2000, p. 219).
32. Trata-se, portanto, de uma oportunidade para constatar e levantar a questão da ambiguidade do uso da noção de “funcionamento normal”, que sugere a existência de um padrão do qual se poderia desviar ou aproximar-se. Embora o objetivo dessa expressão fosse sobretudo sublinhar a distinção metodológica entre estudos pós-acidente e estudos realizados fora de um contexto de acidente, parece útil, a fim de evitar confusões, substituir (como foi feito nesta obra) “funcionamento normal” por “funcionamento cotidiano” para evitar fixar a ideia de normalidade. Assim, é possível compreender melhor como se podem ultrapassar certos limites sem saber necessariamente quando foram ultrapassados, uma vez que a normalidade não é fixa e facilmente varia nos contextos de mudanças.
33. D. Vaughan (1996).
34. A. Feenberg (2006); H. Collins & T. Pinch (1998).
35. J. Habermas (1976).
36. R. Boudon (2003).
37. “As posturas críticas raramente capturam bem o mundo. Muitas vezes excessivas ou imprecisas, mais figurativas do que demonstrativas, têm, no entanto, um incrível poder de enunciação e evocação” (Martuccelli, 2004, p. 141).
38. Esses dois registros, “críticas” e “recomendações”, deveriam ser mais bem distinguidos.
39. Esse resultado não deve surpreender. A socióloga organizacional Ivanne Merle demonstrou claramente que, dentro da mesma empresa, as oficinas podem funcionar de forma muito diferente (Merle, 2014).



## 7. O acidente “normal” na era das redes

Neste último capítulo, trata-se de ampliar todos os desenvolvimentos precedentes, abrindo-se a novas contribuições que permitam dar um toque adicional, avançar ainda mais um passo em direção a essa nova face dos riscos sociotecnológicos anunciados no título do livro. De fato, até agora, apesar de alguns casos empíricos e de uma revisão da literatura que introduz e discute diversas contribuições disciplinares sobre o tema da segurança industrial, este livro ainda não caracterizou o momento histórico em que se inscreve. Sendo assim, a caracterização desse momento é essencial. De fato, o que foi dito sobre os modelos emblemáticos da segurança industrial no Capítulo 5, ou seja, que eles eram os produtos de autores que se basearam nos conhecimentos científicos e nas análises de eventos então disponíveis nos anos 1980, também se aplica ao contexto dos sistemas que eram então objeto dessas investigações e análises. Eles foram os produtos dos anos 1980. No entanto, obviamente, os anos 1980 não são os anos 2010. Se os trabalhos de segurança industrial foram renovados entre esses dois períodos, o contexto das empresas de risco também mudou consideravelmente, o que é, em parte, a razão pela qual esses trabalhos evoluíram. Nos últimos vinte a trinta anos, ocorreram ou acentuaram-se numerosas transformações do cenário social, tecnológico, econômico e político. As diferentes disciplinas e tradições de pesquisa aqui introduzidas refletem tudo isso à sua própria maneira. Mas todas o fazem, obviamente, de forma parcial, a partir de seu ângulo de visão. No entanto, é difícil contornar essas transformações, sob pena de não compreender vários desafios atuais.

Para esclarecer tais mudanças e identificar suas implicações para a segurança industrial, este capítulo se divide em três momentos. Em primeiro lugar, introduz alguns elementos sociológicos que, desde as teses da sociedade pós-industrial de Alain Touraine e Daniel Bell, até a sociedade informacional de

Manuel Castells, procuraram compreender as tendências e mutações globais das sociedades. Esse primeiro ponto procurará também caracterizar os impactos observados dessas mudanças no mundo das organizações e das empresas, incluindo as contribuições do sociólogo e economista Pierre Veltz. Em segundo lugar, o caso da empresa BP é utilizado como exemplo “paradigmático” dessas mutações e dos impactos negativos que podem ter tido sobre essa organização, que fez suas novas oportunidades abertas por esse novo contexto. Nessa ocasião, os modelos de segurança MSDCS e SSTM serão novamente utilizados para apresentar o caso a partir da perspectiva de uma construção dinâmica. Finalmente, partindo de todos os elementos fornecidos nesta obra, será proposta uma nova formulação do conceito de acidente “normal” de Charles Perrow. Ela será baseada na tese de “multiplicação das entidades”, uma tese que deriva do movimento teórico e empírico delineado neste livro no decorrer dos capítulos, e que caracteriza as novas condições de funcionamento de sistemas de risco, bem como o exercício de avaliação da segurança industrial.

## **Da sociedade industrial à sociedade pós-industrial**

O mundo em que vivemos hoje não é o mesmo mundo de trinta anos atrás. A situação mudou, e essa mudança talvez tenha acelerado, de acordo com as análises do sociólogo e filósofo Hartmut Rosa.<sup>1</sup> Entre a primeira onda de acidentes nos anos 1980 e 2000 (Quadro 1, Introdução), ocorreram numerosas transformações que, por vezes, ampliaram algumas que já estavam em curso nos anos 1960 e 1970 em termos tecnológicos, sociais, culturais, econômicos e políticos. E é na tradição do pensamento sociológico que se encontram tentativas de apreensão e de caracterização, empírica e teórica, dessas mutações das sociedades. Raymond Aron descreveu duas opções metodológicas e teóricas em sociologia. Na primeira, “se limita à intenção científica e multiplica as investigações detalhadas” e, na segunda, “ao contrário, pretende manter a intenção sintética e corre o risco de se perder na filosofia”.<sup>2</sup> Apesar desses riscos, a segunda opção fornece pontos de referência indispensáveis para dar sentido a dados e estudos mais pormenorizados.<sup>3</sup>

A resolução dessa tensão, entre a preocupação de englobar e a de permanecer fiel aos dados, foi aliás ilustrada pelos seus pais fundadores, Alexis de Tocqueville, Karl Marx, Émile Durkheim e Max Weber.<sup>4</sup> Esses autores têm sido associados aos conceitos de individualização, alienação, diferenciação ou racionalização, indicando os temas centrais de suas interpretações das

transformações que conceituam em seu tempo, a fim de dar conta das dinâmicas em curso. Embora incrivelmente redutoras, essas expressões servem como ponto de referência para contribuições de uma imensa profundidade sobre o impacto das revoluções democráticas e industriais dos séculos XVIII e XIX, que estão nas raízes dos desenvolvimentos do pensamento sociológico.<sup>5</sup>

O processo de democratização analisado por Alexis de Tocqueville introduz o princípio da liberdade que produz o individualismo característico da nossa sociedade contemporânea. As forças de produção e as classes sociais de Karl Marx ancoram a sociedade na economia capitalista e industrial, bem como o movimento conflituoso da classe operária contra sua alienação pelo capital. Émile Durkheim mostra os desafios da divisão do trabalho nas sociedades complexas (orgânicas) em oposição às sociedades simples (mecânicas), insistindo na importância dos processos de socialização diante do perigo da anomia, ou seja, a perda da coesão social que esse novo regime de forte diferenciação implica. Max Weber indica o esquema\* da racionalização, característico das sociedades modernas, que percorre as diferentes esferas da sociedade rumo a um desencanto com o mundo, contrastando sociedades de tipo racional e de tipo comunitário. Todas essas leituras, mais uma vez, extremamente simplificadas aqui, serviram como ponto de referência para os sociólogos mais contemporâneos que também procuraram dar conta da dinâmica do seu tempo.

Apesar do aumento progressivo das especializações disciplinares nas ciências humanas e sociais e da amplitude dos dados disponíveis, as tentativas de apreensão global, iniciadas por esses sociólogos clássicos, nunca foram abandonadas durante o século XX, nem depois, neste início do século XXI. Assim, após a Segunda Guerra Mundial, entre os anos 1950 e 1970, a proposta de sociedade industrial concebida por Raymond Aron foi sucedida pelo conceito de sociedade pós-industrial dos sociólogos Daniel Bell e Alain Touraine.<sup>6</sup> Raymond Aron, em um contexto de Guerra Fria que confrontava os modelos sociais, econômicos e políticos do Oeste e do Leste, tinha combinado as contribuições dos pais fundadores da sociologia para fornecer chaves para uma leitura sociológica da situação da época, nos anos 1950. A separação da família e do trabalho, a divisão do trabalho, a acumulação de capital, o cálculo racional e a concentração operária foram então os traços principais que, em sua síntese, formavam o conceito de sociedade industrial. Vários dos temas dos sociólogos clássicos serviram de base para aquela proposta, incluindo a divisão do trabalho de Émile

---

\* Esquema, *schème* no original, se refere ao conceito kantiano de representações mentais intermediárias, entre as percepções sensoriais e as categorias puras do entendimento. [N.T.]

Durkheim, a racionalização de Max Weber ou ainda o acúmulo de capital e a concentração operária de Karl Marx.

Nos anos seguintes, a noção de uma sociedade pós-industrial, promovida por Alain Touraine e Daniel Bell, distanciou-se daquele esquema de interpretação. O que dizem esses autores? Apesar das diferenças entre ambos, não apenas ligadas à nacionalidade, mas também de leitura, interpretação ou ainda importância que atribuem a certos aspectos mais do que a outros, ambos identificam e conceituam numerosas dinâmicas novas que desafiam as descrições e antecipações dos sociólogos clássicos e, portanto, também a noção de sociedade industrial forjada por Raymond Aron.

Entre essas dinâmicas, eles constataam o crescimento dos serviços (comércio, finanças, transporte, saúde, lazer, pesquisa, ensino, administração) em comparação com as atividades de produção industrial e agrícola. Também comentam o aparecimento, ao longo dos anos, de novas categorias de trabalhadores nas organizações sob o impulso da automação e da atividade gerencial (em particular, técnicos e gerentes, que se situam entre os detentores do capital e os operários) e, por conseguinte, o aparecimento de novas classes sociais, sendo o trabalho um fator determinante nesse plano. Essas dinâmicas, por sua vez, suscitam profundos questionamentos em torno do movimento operário e do lugar do sindicalismo nas empresas e nas suas relações com os poderes estatais e econômicos. A sociedade de consumo, de cultura de massa e de atividades de lazer figura também entre as transformações, até então desconhecidas em tal escala, que modificaram o contexto de vida dos indivíduos e sua relação com o trabalho e a sociedade, moldando de maneira sempre incerta suas aspirações e opiniões.

No contexto do final dos anos 1960, consideram também a contracultura (exemplificada pelas “revoltas” estudantis de maio de 1968, indicando o empoderamento progressivo da juventude como nova categoria social) que se exprime na rejeição do éthos capitalista, bem como nos novos movimentos sociais, incluindo o feminismo e as sensibilidades ecológicas emergentes.<sup>7</sup> Por último, colocam no cerne da sua leitura a importância dos meios atribuídos e a centralidade dos desenvolvimentos científicos e da pesquisa no desenvolvimento econômico e estratégico dos Estados. O conhecimento torna-se o recurso-chave da sociedade pós-industrial. Eles indicam claramente a importância das noções de informação, comunicação e decisão encarnadas pela pesquisa operacional, cibernética<sup>8</sup> e teoria de sistemas, que contribuem, por um lado, para uma visão renovada do funcionamento burocrático, mas também, por outro lado, para uma visão tecnocrática do uso dos conhecimentos científicos

e tecnológicos dentro da estrutura, por exemplo, nos Estados Unidos, do complexo militar-industrial denunciado após a Segunda Guerra Mundial. Alain Touraine fala de uma “sociedade programada” ou “sociedade tecnocrática”.<sup>9</sup> Contudo, os dois sociólogos ainda não conseguem ver e antecipar nem a importância do que foi considerado uma terceira revolução tecnológica a partir dos anos 1970 e 1980, ou seja, as tecnologias da informação, nem a nova etapa de globalização que elas implicam, em interação com as grandes transformações econômicas e políticas.

## **Da sociedade pós-industrial à sociedade informacional**

Durante os anos 1990, Manuel Castells, na tradição de uma abordagem descritiva totalizante, procurou explicar as transformações do mundo contemporâneo, começando em particular com a nova revolução tecnológica. Em um tratado publicado em forma de trilogia, considerado um marco por sua capacidade de mobilizar uma multiplicidade de fontes empíricas sem deixar de oferecer uma perspectiva de conjunto, esse sociólogo retoma as transformações que considera determinantes (particularmente dos anos 1970 e 1980, até o final dos anos 1990) e que, com a passagem de uma sociedade industrial para uma sociedade informacional, fazem surgir um novo mundo. Ele especifica que “pode-se dizer que uma sociedade é nova quando houve uma transformação estrutural nas relações de produção, nas relações de poder, nas relações entre as pessoas”.<sup>10</sup> Segundo o autor, as mudanças dos últimos trinta anos fazem parte dessa dinâmica multidimensional que afeta todas as esferas da sociedade. E, para mostrar como esse novo mundo emerge, ele procura caracterizar de forma sistemática as dinâmicas em ação em diversas áreas, incluindo as mutações do capitalismo, das organizações e das empresas, do trabalho, da família, do Estado, das cidades, da mídia, da democracia e dos novos movimentos sociais e identitários, tudo isso dentro de uma nova tendência, intensificada, de globalização.

Tal como nos parágrafos anteriores, que introduziram sucintamente os contornos da sociedade industrial e pós-industrial, propõe-se aqui indicar as ideias principais na argumentação da sociedade informacional, aproveitando o esforço de síntese do autor para tentar caracterizar alguns aspectos relevantes da situação contemporânea, especialmente em relação às problemáticas em torno das empresas de risco e do exercício de avaliação sociotecnológica da segurança industrial. Os aspectos que nos interessam são aqueles que servem

para colocar em perspectiva as contribuições dos capítulos anteriores. A tese do autor é que, em face das transformações tecnológicas, econômicas e políticas que conduziram ao advento de redes materiais, informacionais, financeiras e capitalistas globais de natureza e escala sem precedentes (contribuindo para o enfraquecimento da base do Estado-Nação), há uma reação na forma de movimentos sociais que permitem a expressão de necessidades subjetivas, identitárias, comunitárias e culturais. O sociólogo distingue entre movimentos inovadores e criativos que procuram repensar as relações humanas, como o feminismo ou a ecologia (que qualifica como identidade de projeto), e movimentos sociais mais defensivos (que qualifica como identidade de resistência), baseados na religião, etnia, nação ou terra natal.

Um dos pontos de partida dessa nova dinâmica de transformação/reação situa-se na terceira revolução tecnológica, que, nos anos 1970 e 1980, após os primeiros trabalhos sobre a informação, a cibernética e a comunicação e graças ao pioneirismo dos informáticos, engenheiros e empreendedores do Vale do Silício, nos Estados Unidos, trouxe o advento dos microcomputadores e dos novos meios de comunicação, incluindo, em particular, o desenvolvimento da internet.<sup>11</sup> Essa revolução tecnológica foi aproveitada nos anos 1980 por orientações políticas e econômicas anglo-saxônicas (Estados Unidos e Reino Unido) que favoreciam a emergência da globalização por meio da abertura dos mercados mundiais aos fluxos de capital, desregulamentando e liberalizando o comércio e os investimentos internacionais, bem como privatizando as empresas públicas. Deve-se salientar que, para Manuel Castells, não existe determinismo tecnológico, e sim interpenetração, retroalimentações e coconstituição entre a dinâmica da sociedade e o desenvolvimento tecnológico. Surge uma nova economia baseada em concorrências e mercados globalizados, novos espaços comunicacionais e de fluxos de materiais, uma esfera financeira mais poderosa do que nunca e empresas que exploram as potencialidades oferecidas por esse novo contexto. A noção de economia da informação provém da ideia central de que o saber, o conhecimento e a informação criaram novas fontes de produtividade e de competitividade para as empresas. A rede é o termo que permite então descrever a extensão, conectividade e instantaneidade dessa trama que a implantação das novas tecnologias implica.

Como dizíamos antes, além de muitos dos temas serem abordados nesse tratado de maneira especializada, também são discutidos pelo sociólogo a fim de mostrar as ramificações profundas do novo contexto informacional e global que ele descreve. Ele identifica e discute as transformações do Estado-Nação no âmbito do capitalismo financeiro em escala global, incluindo o questionamento

dos princípios do Estado-providência, mas também a multiplicação de órgãos e níveis de decisão econômica e política supranacionais ou subnacionais, com a emergência de certas cidades e territórios como peças-chave na ancoragem da nova ordem globalizada dos fluxos. Nessa perspectiva, são abordadas as transformações da família patriarcal sob a influência do feminismo (na sua diversidade), bem como são analisadas, à luz das oportunidades oferecidas pelas redes, as diferentes correntes ecológicas que questionam a separação entre natureza e cultura, assim como suas diferentes modalidades de ação. Todos esses temas são considerados simultaneamente pelo sociólogo para muitos países e continentes diferentes, bem como aborda a evolução das empresas e do trabalho de forma empírica se baseando nos dados estatísticos provenientes de comparações internacionais. Nesse sentido, ele assinala que cada país deve ser considerado de maneira específica, pois suas mudanças são sempre influenciadas pelo contexto geográfico e cultural. No entanto, esse quadro oferece um levantamento das transformações então em andamento em um conjunto de temas inter-relacionados. A figura da(s) rede(s) é a imagem dominante nesse quadro, à qual ele contrapõe o poder da identidade encarnada por múltiplas formas de criatividade e de expressão social.

## **A empresa em rede**

É também a figura da rede que é proposta no trabalho de análise de Pierre Veltz sobre o novo mundo industrial.<sup>12</sup> Esse sociólogo e economista procura, por sua vez, de forma igualmente sintética, traçar o panorama das novas morfologias das empresas e organizações. Enquanto o raciocínio e a análise de Manuel Castells estão ancorados em leituras sociológicas da sociedade pós-industrial, Pierre Veltz entra no assunto por meio da literatura das organizações, do trabalho e da empresa. Tal como nos parágrafos precedentes, trata-se aqui de retomar alguns dos aspectos mais relevantes da argumentação, a fim de utilizá-los para prosseguimento da argumentação deste capítulo. O autor parte da figura central do engenheiro americano Frederick Taylor, que encarna o espírito da organização científica do trabalho. Ele considera que os princípios desenvolvidos por esse engenheiro constituíram a matriz operacional para a gestão da produção até os anos 1960 e 1970, que posteriormente começa a ser substituída. A divisão das atividades em tarefas unitárias e cronometradas, a serialização dessas unidades operacionais em um processo sequencial

de produção e a separação entre o *design* e a execução são os elementos-chave dessa abordagem taylorista.

Essa lógica taylorista é progressivamente minada pelas mudanças contextuais que levam as empresas a adaptarem-se, a modificarem a sua maneira de produzir e de se organizar. Para esse autor, três transformações contribuíram amplamente para isso, em termos de técnica, concorrência e finanças:

A combinação da economia industrial fragmentada e globalizada, da economia digital e da economia financeira cria assim um mundo em que os campos de concorrência e de cooperação são extremamente variáveis, longe dos espaços competitivos relativamente bem delimitados dos ramos industriais e dos mercados nacionais tradicionais.<sup>13</sup>

Essa nova configuração, ligada à crescente complexidade do universo gerencial e organizacional, apresenta cinco características: escala de operações ampliada pela globalização, diversidade dos produtos, variabilidade considerável da demanda em termos de volume, diversidade dos critérios de desempenho e de gestão e, por último, maiores restrições temporais do ciclo inovação-realização-comercialização.

Segundo o autor, essa complexidade também leva os gestores a alimentar os ciclos de modismos gerenciais estimulando o mimetismo, pois esses modismos são adotados como solução em face das incertezas enfrentadas em termos das orientações estratégicas e processos de tomada de decisão com que lidam. Entretanto, os gestores repassam uma parte dessa complexidade para o nível local. A maior necessidade atual de flexibilidade e inovação nas empresas requer mais iniciativa e autonomia em níveis de decisão locais para gerir o equilíbrio entre as múltiplas dimensões envolvidas: qualidade, custos, prazos, variedade, qualidade do serviço (e segurança industrial em sistemas de risco, obviamente). Enquanto as mudanças no topo dos grandes grupos dizem respeito às fusões, aquisições e outras manobras estratégicas, o nível médio é o das mudanças no organograma, de reorganização dos locais, serviços e departamentos, e o nível local, por sua vez, adapta-se a essas transformações. Por outro lado, a rastreabilidade e a formalização não estão ausentes desse processo de evolução das empresas e, paradoxalmente, tenderam a aumentar por meio das normas e padronização associadas às auditorias e relatórios empresariais.<sup>14</sup> Ademais, a lógica do cliente, no contexto da concorrência e da inovação, não é alheia a essa necessidade de demonstrar a qualidade por meio da rastreabilidade.



Nesse novo contexto, os três pilares do taylorismo são, portanto, progressivamente superados. A decomposição analítica das tarefas já não se justifica, por exemplo, em processos automatizados que são monitorados por operadores de forma descontinua por telas de computador. Nas áreas de relações com clientes ou usuários essa decomposição também não pode ser aplicada (mesmo que se verifique em certas áreas, como nos *call centers*, uma forma de padronização que se aproxima dela). A sequenciação e a adição de tarefas em unidades independentes umas das outras passa a ser questionada pela necessidade de um trabalho coletivo e de coordenação entre os atores. Ademais, a separação entre projeto e execução também é muito menos delimitada e rigorosa do que costumava ser. Rejeitando as classificações que ele considera obsoletas, que distinguem entre atividades primárias (agricultura), secundárias (produção) e terciárias (serviços), ele propõe distinguir três grandes categorias de atividades empresariais: atividades em relação a clientes ou usuários, atividades de operação de sistemas e atividades de projeto, combinando as organizações e empresas de diferentes maneiras. Nessas três categorias principais, os princípios do taylorismo têm grande dificuldade em serem representativos da situação atual.

Esse novo contexto é acompanhado pelas morfologias chamadas de empresas em rede, em graus diversos e de acordo com vários princípios. Existe, assim, a grande empresa integrada clássica constituída por estruturas centrais rodeadas por fornecedores em cascata, redes de PME organizadas em cadeias de valor, a empresa oca (centro estratégico que coordena atividades de produção e de venda), redes mais flexíveis de alianças tecnológicas entre grandes empresas, agrupamentos de PME ou mesmo mundos profissionais mais ou menos estruturados. O denominador comum dessas diferentes configurações é a organização celular em rede, que pode ser definida em três pontos e que nos ajuda a entender melhor as causas da ruptura com o modo taylorista. O primeiro elemento é o princípio da descentralização orientada ao mercado, por meio de entidades autônomas, com base em objetivos de resultados em vez de prescrições e meios. O segundo elemento é a relação cada vez mais contratual e, por conseguinte, jurídica que se instaura entre as diferentes unidades dessas organizações. Por último, o terceiro elemento é a dimensão plurifuncional em nível descentralizado das unidades, que podem combinar, por exemplo, projeto e venda, a fim de aumentar seu grau de autonomia.

Tomando o exemplo das grandes empresas, Pierre Veltz indica que elas se transformaram assim a partir de três dinâmicas. A primeira é a divisão em unidades de negócio (UN), entidades relativamente autônomas, mais ou menos

em concorrência entre si, que permitem a flexibilidade esperada no novo mundo competitivo. A segunda é o uso de subcontratação e externalização, que, segundo o autor, permitem pressionar tais entidades mais facilmente do que um departamento ou uma oficina, para se separar delas, se necessário, em função da situação, graças ao vínculo contratual que pode ou não ser renovado, colocá-las em concorrência entre si, bem como simplificar as tarefas de planejamento e supervisão das atividades. As vantagens para as grandes empresas a serem esperadas dessas novas morfologias são: poupar capital, dividir os riscos, reatividade e difusão. Porém, não deixam de acarretar uma série de problemas ou tensões gerenciais, como a questão da coerência de conjunto e o controle das atividades, sendo que as unidades autônomas se tornam “caixas-pretas”. O desafio das decisões repartidas entre vários nós do sistema também não está isento de dificuldades, originando riscos de contradição ou sobrecarga de demandas, enquanto a tentativa de racionalizar e integrar processos de tomada de decisão contribui para aumentar a formalização, criando um paradoxo de burocratização em que a busca de flexibilidade é o *leitmotiv*.

Dois aspectos adicionais de interesse para este capítulo são também introduzidos nesta síntese: por um lado, a questão da aferição da eficácia e, por outro, a questão das consequências para os trabalhadores desse novo contexto. À medida que as organizações mudam e que seu funcionamento se complexificam, tendo configurações mais dispersas, com gestão de informações e processos de tomada de decisão entre dimensões múltiplas, em diferentes níveis, torna-se difícil estabelecer nexos causais objetivos em termos de eficácia, levando em conta os resultados comerciais esperados/reais e as cotações flutuantes do mercado. Por exemplo, como medir “a eficácia de processos impossíveis de formalizar, como ‘a capacidade de diagnóstico de uma instalação complexa por um grupo de operadores’”,<sup>15</sup> e avaliá-la por meio de medidas ou indicadores? Assim, segundo o autor, “Por fim, nesse mundo altamente interligado, é cada vez mais difícil estabelecer a ligação entre a criação ou captação de riqueza e ‘a eficiência industrial’”.<sup>16</sup> Essa dinâmica de redes obviamente não deixa de ter consequências sobre as condições de trabalho dos trabalhadores, entre a autonomia e a internalização das restrições de flexibilidade e de individualização das trajetórias e relações profissionais, com base em habilidades que se deve procurar valorizar em contextos incertos.

## Resumo de transformações relevantes para a segurança industrial

Para resumir o relatado nos parágrafos anteriores, a nova onda de acidentes na primeira década do século XXI (Quadro 1), em comparação com a dos anos 1980, remete-nos, historicamente, às macrotransformações nos cenários tecnológico, econômico, político e social ocorridas a partir dos anos 1980 e, depois, durante os anos 1990, que podem ser referidas em vários pontos, particularmente no que diz respeito aos vínculos com problemáticas de segurança industrial:

- nova revolução tecnológica da informação que permite o advento sem precedentes de um nível de interatividade espacial e temporal (em tempo real) à escala global;
- aumento no cenário empresarial e trabalhista, dos serviços e de uma nova economia baseada nos desenvolvimentos da revolução tecnológica da informação (por exemplo, a internet);
- abertura dos mercados mundiais aos fluxos de capitais por meio da desregulamentação e liberalização do comércio e dos investimentos internacionais (financeirização da economia);
- evolução do papel do Estado-Nação na economia, na indústria (privatização) e na esfera social (evolução do Estado de bem-estar social), embora continue presente na regulação, enquanto esta se abre a níveis extra e infranacionais;
- aceleração do processo de globalização por meio de uma coevolução nas mudanças econômicas, políticas e tecnológicas, com apoio em uma esfera midiática que oferece uma visão contínua e instantânea dos acontecimentos mundiais;
- transformação da morfologia das organizações e empresas sob o impacto da concorrência global, da tecnologia e da financeirização, que aumentam as complexidades estratégicas, incluindo uma tendência dos grandes grupos, por exemplo, à fragmentação e conexão em rede segundo um princípio de descentralização em unidades autônomas (por exemplo, unidades de negócio – UN, bem como a externalização (por exemplo, subcontratação, subsidiárias), o que reforça as dimensões contratual e jurídica;

- aumento da automação e, em seguida, da informatização dos processos de produção (de bens e serviços) concomitante com um aumento da burocratização e da padronização, assim como de mudanças no mundo do trabalho e das relações profissionais;
- movimentos sociais fundamentais no centro das mudanças culturais, como o feminismo, a ecologia e as reações ao desenvolvimento tecnocientífico, mas também na forma de movimentos em reação às transformações globais em curso, como os impulsos identitários em torno de comunidades (religiosas, nacionais, locais).<sup>17</sup>

## Sobre o interesse e as limitações dessas leituras sociológicas macroscópicas

O objetivo dessa apresentação e desses poucos pontos não é, obviamente, fornecer uma descrição detalhada nem refletir sobre a pertinência ou os limites desses trabalhos. Sua natureza abrangente os expõe imediatamente a diversas formas de crítica, cujas principais armadilhas foram lembradas ao citar Raymond Aron no início deste capítulo. Dada a diversidade e singularidade das situações no campo histórico e social, qualquer tentativa teórica abrangente está sujeita à possibilidade de refutação ou contestação, com evidências fundamentadas, de algumas ou mesmo várias das teses formuladas. Pode-se, por exemplo, encontrar sobre o tema da globalização numerosos estudos e conceitualizações que complementam, refutam, reorientam ou questionam as linhas de argumentação de Manuel Castells, como os escritos da socióloga e cientista política Saskia Sassen, que oferecem outros *insights* sobre as dinâmicas de transformação das sociedades e dos Estados, bem como sobre a emergência de megacentros urbanos que materializam os efeitos dos fluxos financeiros.<sup>18</sup> O antropólogo Arjun Appadurai, dentro do movimento “pós-colonial”, ou seja, se afastando de um olhar ocidental etnocêntrico, confere um papel não menos determinante à tecnologia dos meios de comunicação para captar os imaginários sociais que se desenvolvem dentro de novas configurações globalizadas de diásporas, questionando novamente os fundamentos de uma geografia identitária baseada no Estado-nação.<sup>19</sup>

Sobre o tema da empresa em rede e o fim do modelo taylorista, a conceitualização de Pierre Veltz pode ser simultaneamente ilustrada e criticada por estudos empíricos que mostram em detalhes como a nova organização se traduz concretamente em casos mais específicos. Gwenaële Rot, na sua investigação

sobre a sociologia do trabalho, discute acuradamente o tema da autonomia e da sujeição nas oficinas de produção de automóveis que implementam novos conceitos de trabalho coletivo, dentro desse espírito de desafio ao taylorismo, não deixando de matizar a ideia de uma troca inequívoca de um modo pelo outro, ou seja, do taylorismo para o não taylorismo.<sup>20</sup> Em outro registro, mas igualmente empírico, podemos citar o estudo do sociólogo organizacional François Dupuy,<sup>21</sup> que documenta as consequências sobre os sistemas de interação entre os atores em diversas organizações, de novas práticas gerenciais baseadas em indicadores, relatórios empresariais e auditorias de sistemas formalizados, contribuindo para um distanciamento, uma certa opacidade para os gestores do que está acontecendo nas “caixas-pretas” sistêmicas. Mas também existem contraexemplos, em que os atores, coletivamente, encontram soluções para sair às vezes dos trilhos das novas configurações organizacionais.

Qualquer tentativa muito abrangente, como as que acabam de ser apresentadas, corre igualmente o risco de dificultar excessivamente a crítica, dada a amplitude dos dados envolvidos. Fica difícil para outros autores, muitas vezes mais especializados, serem capazes de avaliar a pertinência das sínteses propostas e seus eixos interpretativos para além da sua disciplina de ancoragem. No entanto, de um ponto de vista crítico, é fácil identificar os aspectos que escaparam e não foram cobertos por essas abordagens ambiciosas, como o tema da educação ou a dinâmica da investigação científica no caso de Manuel Castells, que não são abordados, ainda que, nessas duas áreas, as transformações tecnológicas, sociais, econômicas e políticas tenham sido evidentemente muito importantes e cruciais. Pierre Veltz nada diz sobre o papel das escolas de administração, nem das empresas de consultoria em gestão nessa dinâmica de mimetismo dos dirigentes em relação aos modismos gerenciais, que têm sido um fator determinante nas orientações estratégicas das empresas.<sup>22</sup> Da mesma forma, pode ser feita a observação da ausência de uma descrição das mudanças do Estado, dos regulamentos e dos reguladores, bem como das relações profissionais (incluindo o fenômeno transversal do declínio do sindicalismo) no novo mundo industrial.<sup>23</sup>

Obviamente, esses dois sociólogos e economistas mobilizados neste capítulo não ignoram os riscos inerentes às tentativas de apreender o todo. Para Pierre Veltz, “em uma situação de transição em que as mudanças são multiformes e envolvem escalas tão variadas, do global ao local, há um grande risco de simplificação descomunal”.<sup>24</sup> Entretanto, tais trabalhos, com essa ambição sintética, são indispensáveis para fornecer um contexto teórico às pesquisas empíricas, que, caso contrário, correm o risco de se acumular em forma de um

meticuloso comparatismo, a outra vertente das duas armadilhas descritas por Raymond Aron.

## O caso da BP

Uma ilustração particularmente interessante dessas mudanças e das suas implicações para a segurança industrial é o caso da empresa BP (British Petroleum). Entre 2005 e 2010, essa empresa sofreu uma série de incidentes (Thunder Horse, 2005; Prudhoe Bay, 2006) e depois acidentes maiores (Texas City, 2005; Macondo, 2010) em três de seus setores de atividade, a exploração petrolífera, o transporte e o refino, o que colocou em questão a gestão da segurança industrial do grupo, bem como, de modo mais geral, a estratégia da empresa. Essa estratégia consistia em avançar em direção à empresa em rede que acaba de ser descrita. Os limites dessa lógica em termos de segurança industrial podem então ser mostrados. O objetivo aqui não é entrar em uma descrição detalhada de todos esses acidentes, nem decidir sobre um caso necessariamente muito complexo, e sim propor uma interpretação na intersecção de vários dos relatórios e obras publicadas, com base na estrutura construída ao longo dos capítulos e nos pontos que acabam de ser introduzidos neste último capítulo. Para esse fim, trata-se agora de:

- apresentar sucintamente os acidentes maiores de Texas City e Deepwater Horizon (DWH) e usá-los como ponto de partida para questionar a organização e a estratégia da BP;
- mobilizar o modelo MSDCS que apresenta os princípios da dinâmica de construção da segurança industrial;
- para mostrar como os eventos repetidos na empresa se devem a orientações organizacionais e estratégicas que questionam os limites da lógica de rede.

A apresentação desse caso é possibilitada pela riqueza da documentação disponível. Ela oferece uma oportunidade para mobilizar o conjunto dos conhecimentos desenvolvidos nesta obra e aplicá-los a um grande grupo industrial internacional. Certamente, o grande interesse desses eventos reside no fato de darem a oportunidade, *a posteriori*, de mostrar de forma extremamente pormenorizada a complexidade das ligações entre tecnologia, atividades reais dos operadores e engenheiros, estruturas organizacionais e estratégias dos

dirigentes da empresa, regulação e autoridades de controle, mercados e consultores. Assim, é possível, a partir do próprio escritório, reunir uma enorme quantidade de informações, facilmente acessíveis, graças a essas circunstâncias excepcionais.<sup>25</sup> Essa série de acidentes propiciou um grande esforço de investigação das autoridades americanas, bem como o interesse editorial e midiático, incluindo uma série de livros publicados por diversos autores, que comentam e analisam sob ângulos diferentes, porém muitas vezes complementares, o que houve por trás desses acidentes.

É essa complementaridade que é explorada aqui, fazendo uma leitura necessariamente seletiva, guiada pelo modelo MSDCS. Contudo, é importante ressaltar que a documentação é muito heterogênea, ao envolver um escritório de investigação especializado (o Chemical Safety Board), uma comissão de inquérito presidencial extraordinária após o desastre da DWH, estudos realizados por um grupo de trabalho que reuniu personalidades do mundo político, acadêmico e industrial e dispunha de numerosos recursos (o BP Baker Panel nos Estados Unidos) e obras de sociologia especializada em segurança industrial ou de jornalistas. Em uma primeira fase, vamos examinar sucintamente dois dos acidentes mais importantes, para ter depois essa perspectiva na hora de considerar globalmente a estratégia da empresa e associá-la a esses eventos, como sugerido nesta obra, particularmente no modelo MSDCS.

## Deepwater Horizon

Em 20 de abril de 2010, a BP sofreu um acidente de alcance financeiro e midiático sem precedentes para o grupo. Após a perda da contenção de um poço de petróleo em fase de perfuração, uma explosão causou a morte de onze pessoas e a perda de uma plataforma no Golfo do México. Além disso, provocou uma maré negra com imensos impactos ecológicos e econômicos na região. A reação nos Estados Unidos foi particularmente expressiva, com inquéritos e comissões presidenciais múltiplas, dando lugar à publicação de uma rica documentação. É com base no relatório da comissão de inquérito presidencial que vamos apresentar agora esse acidente.<sup>26</sup>

Para pesquisar petróleo nas camadas geológicas profundas, existe uma diversidade de plataformas *offshore* fixas ou móveis que utilizam diferentes tecnologias. As plataformas móveis mais recentes atualmente em uso na perfuração em águas profundas são as chamadas de quinta geração, e estão equipadas com sistemas que não existiam no passado (como o posicionamento GPS

e seu uso na automação do posicionamento da plataforma em tempo real em relação ao seu alinhamento). Elas são muito informatizadas, com a atividade de supervisão da perfuração sendo realizada em salas de controle que permitem aos operadores monitorar um conjunto de parâmetros como pressão, temperatura etc. A atividade de uma plataforma de perfuração consiste em procurar, em camadas sedimentares a profundidades variáveis (no caso da DWH, cerca de 5 km), bolsas de hidrocarbonetos a fim de extrair gases e líquidos. Ao contrário das instalações industriais associadas ao petróleo (refinaria, depósitos), as atividades envolvidas na operação de perfuração estão expostas a condições por vezes extremas (tornados, tempestades, ondas), de modo que a perfuração *offshore* envolve riscos ligados tanto ao seu ambiente quanto à própria operação a profundidades muito grandes, às vezes sem qualquer visibilidade direta. Portanto, é necessário toda uma preparação e monitoramento, com base em uma grande *expertise* em diversas áreas.<sup>27</sup>

O trabalho de engenharia, coletivo e organizacional, envolvido nessas operações requer um alto grau de coordenação de diferentes profissões em intervalos de tempo mais ou menos restritos. Em vários momentos, antes e durante as diversas etapas de perfuração, diferentes *expertises* são requeridas e a organização está presente tanto no local, ou seja, na plataforma (no mar, *offshore*), quanto em terra (*onshore*), onde se encontram os escritórios, com especialistas em várias áreas, e também os laboratórios de testes, especialmente necessários em certas etapas da perfuração. Primeiramente, há uma etapa para identificar camadas suscetíveis de apresentar bolsões exploráveis e fazer estimativas de profundidade, temperatura e pressão. É com base nessas estimativas que são tomadas as decisões de perfuração. Trata-se de projetos que custam milhões de dólares e cuja rentabilidade depende de cumprir ou não os objetivos em termos dos recursos materiais, orçamentários e humanos inicialmente previstos. Qualquer atraso no cronograma implica perdas financeiras para a BP devido ao preço do aluguel da plataforma, que não é propriedade da empresa. Em seguida, deve ser decidido o projeto do poço com base nessas informações, e devem ser escolhidos os materiais e equipamentos de acordo com esse projeto para dar início à operação. De fato, em função da configuração da camada geológica, da profundidade e de muitos outros parâmetros, os engenheiros precisam escolher entre diferentes projetos de perfuração e de poço.

Em seguida, o plano deve ser implementado assegurando a coordenação de todos na plataforma, entre os engenheiros e operadores, e com as equipes *onshore*, consultadas em várias etapas da execução do projeto. Um desses momentos é a simulação e o teste do comportamento do cimento que deve selar



o poço uma vez atingida a profundidade desejada. De fato, uma vez perfurado o poço, um cimento composto é injetado no fundo do poço a fim de fixá-lo, antes de passar para uma fase posterior de exploração (e não mais de perfuração). Uma vez que o poço é perfurado, a plataforma passa para outro navio, que já não perfura, mas recolhe o petróleo para o transporte. O teste do cimento confirma se a fórmula escolhida (ou seja, sua composição) desempenhará ou não seu papel nas condições geológicas encontradas no fundo.

Além dessas relações transversais entre os departamentos *offshore* e *onshore*, a própria plataforma coordena a supervisão do processo de perfuração. A particularidade dessa operação é que nenhuma informação visual direta sobre o poço está disponível. Tudo é baseado em informações indiretas e avaliações feitas por operadores e engenheiros especializados. Essas informações são de vários tipos, como variações de pressão e de fluxos de materiais entrando ou saindo do poço durante a perfuração. Conforme mencionado anteriormente, a informação é exibida nas telas de controle por interfaces gráficas, mas também é visualmente observada na plataforma graças ao fluxo de materiais que passam por câmaras com peneiras vibratórias, que fazem o papel de amortecedores e filtros. A fim de garantir a fluidez do processo, uma lama é injetada no poço de perfuração para equilibrar as pressões (quanto mais profunda a perfuração, maior a pressão) e garantir o bom funcionamento do processo. Entretanto, como essa lama circula no poço, ela recolhe vários detritos (rochas das camadas geológicas) e precisa ser filtrada para que possa ser reinjetada no poço em um circuito fechado.

Um dos riscos é a subida descontrolada do gás até a superfície. Uma subida assim, por uma perda de contenção do poço, pode levar a uma nuvem inflamável na superfície. Para evitar tais subidas de gás entre o poço e a plataforma, é utilizada uma válvula de pressão. Isso age sob comando da plataforma, ou em modo automático a partir de uma fonte de alimentação autônoma (baseada em baterias independentes) quando sua ligação com a plataforma é quebrada. O princípio é simples: consiste em cortar os tubos que ligam o fundo do poço à superfície. Há também medidas preventivas no caso de o gás chegar à plataforma, como um sistema de chama projetado para queimar o gás, embora em quantidades e pressões limitadas. Apesar dessas medidas, foi precisamente esse cenário de perda de contenção, ignição e explosão que ocorreu na plataforma Deepwater Horizon, levando à poluição de toda a baía.

A investigação mostrou que uma série de barreiras de segurança então previstas não desempenharam seu papel:

1. o cimento no fundo do poço não conteve os gases provenientes da jazida, ou seja, não cumpriu seu papel de vedação;
2. a tripulação interpretou mal os resultados do teste de pressão e considerou o poço impermeável, apesar dos indícios de problemas nos testes realizados na plataforma;
3. a tripulação não reagiu à entrada de gás e petróleo antes de estes chegarem à plataforma;
4. o sistema de segurança contra incêndio e gás não impediu a ignição;
5. o *blowout preventer* (BOP) não isolou a plataforma do poço e as ações de emergência não funcionaram.

O que é bastante interessante no caso BP é evidenciar um grau muito alto de fragmentação ou de trabalho em rede em uma atividade como a perfuração. Todos esses problemas na implementação dos princípios da arquitetura de segurança foram o resultado de interações entre atores de muitas entidades diferentes. Por exemplo, a BP quase não tinha pessoal na plataforma, apenas sete empregados entre os cerca de cem presentes. Muitas outras empresas estavam presentes no local, incluindo a Transocean (operador e proprietário da plataforma, a maior empresa do mundo nesse campo), Halliburton (um dos principais fornecedores de serviços na indústria petrolífera), Cameron (fornecedor do sistema BOP), mas também outros subcontratados para uma gama completa de atividades na plataforma, como M-I SWACO, Schlumberger, Sperry Drilling e Weatherford. No entanto, *a posteriori*, ficou claro como as muitas interações entre atores de empresas diferentes desempenharam um papel importante.

Muitas dessas interações foram decisivas para a qualidade das barreiras de segurança, como o papel de vedação do cimento. A Halliburton, que era responsável por testar o cimento, não deu informações suficientes para a BP. Os resultados desses testes, no entanto, questionavam a resistência do cimento proposto, de acordo com a composição determinada e escolhida. Para dar outro exemplo, as discussões entre funcionários da BP e da Transocean sobre os testes de vedação também desempenharam um papel importante na gênese dos eventos. Esses testes consistiam justamente em verificar as propriedades de vedação do poço. Deve-se assegurar que, uma vez que o poço esteja seguro para a transição da exploração para a produção, ele não permitirá a passagem de nenhum gás que possa comprometer sua integridade e a segurança da plataforma. *A posteriori*, verificou-se que esses testes não foram realizados

corretamente. Apesar da abundância de informações disponíveis que apontavam problemas, esses dados ou sinais não foram vistos. O teste foi validado e as condições para o acidente ficaram assim satisfeitas: o cimento não selou bem o poço, o gás de alta pressão podia subir, o que aconteceu e causou a explosão na superfície. Dentre as operações-chave de segurança, o teste de qualidade do cimento e o teste de vazamento do poço são apenas alguns exemplos (outro exemplo bem interessante é a falha do BOP, que também dependia de um subcontratado) que questionam as interações entre atores de diferentes entidades, em um contexto de forte pressão temporal e financeira pelo atraso do projeto, devido aos múltiplos problemas durante as operações de perfuração. Mas esse acidente não foi o primeiro da BP. Outro acidente maior havia ocorrido cinco anos antes.

## Texas City

Uma explosão ocorreu em 23 de março de 2005 na refinaria da BP em Texas City, nos Estados Unidos. A explosão foi um dos maiores desastres tecnológicos ocorridos nos Estados Unidos nos últimos anos. Ela matou quinze pessoas, feriu quase 180 e causou enormes perdas financeiras. Como no caso da Deepwater Horizon, muitas investigações foram realizadas e fornecem uma rica documentação sobre as circunstâncias desse acidente, bem como sobre o funcionamento do grupo.<sup>28</sup> Apresentamos aqui, como no caso da DWH, alguns aspectos muito específicos. O objetivo das refinarias é processar o óleo para que ele possa ser comercializado. Elas utilizam muitos processos que são operados a partir de salas de controle isoladas e/ou distantes das instalações onde as operações são realizadas (destilação, craqueamento, isomerização etc.). Essa operação remota é possível porque são poucos os deslocamentos necessários dos operadores de produção entre as instalações e a sala de controle. As instalações podem ser operadas remotamente e os riscos são a perda de contenção de produtos tóxicos ou inflamáveis que circulam nos processos, o que pode levar a intoxicação, ignição e explosão.

Essas perdas de contenção podem ser devidas a problemas de corrosão, quebras de tubulações ou aumento de pressão nas instalações, resultando na ruptura de tubulações, reatores ou colunas, por exemplo. Esses eventos são prevenidos por um conjunto de medidas tecnológicas, como a presença de válvulas de alívio de pressão, sensores de aumento de pressão ligados a medidas de controle automatizadas ou alarmes nas salas de controle. Há também um

sistema de queima de gás, para que os gases inflamáveis sejam queimados em uma tocha antes de liberados na atmosfera em caso de sobrepressão. Naturalmente, todos esses dispositivos são revisados e mantidos para garantir que possam desempenhar sua função, com operadores suficientes para garantir condições de operação adequadas. Entretanto, o que mostram os relatórios de investigação do acidente na refinaria de Texas City é precisamente a inadequação desses recursos.

O acidente ocorreu durante o reinício de uma unidade de isomerização. Uma coluna de separação de 52 m de altura separa os refinados leves dos pesados. Na manhã de 23 de março, a coluna foi reiniciada após uma parada para manutenção. Durante o reinício, os operadores introduziram hidrocarbonetos líquidos inflamáveis na coluna durante três horas, como é a prática-padrão, mas sem removê-los, ao contrário dos procedimentos-padrão. Na troca de turno, problemas de comunicação impediram a transmissão de informações precisas sobre as manobras iniciadas. Além disso, os alarmes e instrumentação na sala de controle forneceram informações errôneas que enganaram os operadores por não indicarem o preenchimento excessivo da coluna.

Como resultado, sem o conhecimento dos operadores, a coluna liberou hidrocarbonetos na tubulação localizada no alto (a função normal dessa tubulação é liberar refinados leves). Ela corre ao longo da coluna até as válvulas de segurança localizadas 48 m abaixo. Ao encher, esse tubo atinge uma pressão suficiente para acionar as válvulas de segurança. Em seguida, abrem por um período de seis minutos, liberando uma grande quantidade de produto inflamável no tanque de drenagem, cuja chaminé de descarga estava aberta para a atmosfera. Esse dispositivo destina-se a situações desse tipo. Tanto o tanque de drenagem quanto a chaminé se encheram, gerando um gêiser no topo da chaminé, que está 34 m acima do solo. Esse sistema tinha um *design* antigo que nunca foi substituído desde a década de 1950, por um sistema de queima de gás, por exemplo, que permitiria queimar os hidrocarbonetos antes de liberá-los na atmosfera. Assim, os hidrocarbonetos se espalharam no solo, criando uma nuvem inflamável. Essa nuvem se inflamou, causando uma explosão. A fonte mais provável de ignição foi um caminhão localizado abaixo, a cerca de 8 m do tanque de drenagem. As vítimas da explosão estavam localizadas dentro e ao redor de casas móveis estacionadas temporariamente ali perto, para abrigar subcontratados que ajudavam na manutenção planejada das instalações. Esses reboques estavam localizados perto das instalações de isomerização que estavam sendo reiniciadas.

A sequência do acidente pode ser simplificada da seguinte forma: o preenchimento excessivo da coluna de separação levou à sua descarga no tanque de drenagem, que vazou na atmosfera, criando uma nuvem que se acendeu e explodiu, matando quinze pessoas e ferindo outras 180. Novamente, como no caso DWH, é possível identificar, de forma um tanto simplificada, os elementos problemáticos da arquitetura de segurança:

- 1) comunicação entre turnos, mas também preenchimento da coluna por três horas, o que leva ao transpasse de limites, associado à falta de pessoal e de experiência de supervisão, bem como de ritmo de trabalho, além da operação manual em fases do processo que supostamente são automáticas (devido a problemas de *design*);
- 2) defeitos nos indicadores e alarmes que indicam desvios do processo em relação ao esperado (em particular, ultrapassando o limite de altura do produto na coluna), o que induz ao erro os operadores na sala de controle;
- 3) tanque de drenagem não equipado com sistema de queima de excesso de hidrocarbonetos em caso de liberação;
- 4) gestão do estacionamento de caminhões, pois a fonte de ignição está muito provavelmente relacionada à presença de um motor na zona de acesso teoricamente limitado, particularmente durante o reinício das instalações;
- 5) gestão da exposição dos reboques dos subcontratados – todas as vítimas eram de empresas externas –, próximo às instalações reiniciadas, embora esses reboques não devessem, em princípio, estar localizados ali.

O que é comprometedor para a administração da BP é que a situação no plano da segurança industrial parecia não deixar qualquer dúvida, *a posteriori*, para os funcionários, engenheiros e gestores. Antes do acidente, eles tinham feito uma auditoria e perícia das instalações, ficando cientes que precisavam de um grande investimento. Durante as investigações, muitos registros escritos, em relatórios ou e-mails, mostram a preocupação dos vários gerentes encarregados da segurança ou da refinaria, após incidentes graves. Para alguns, acontecer um grave acidente era apenas uma questão de tempo. Além disso, essa refinaria, que é a mais complexa do grupo em termos de tamanho (vários milhares de funcionários e subcontratados) e número de unidades, e que foi comprada da Amoco no final dos anos 1990, era de fato uma das mais problemáticas em termos de segurança industrial entre as cinco refinarias do grupo nos Estados

Unidos. A BP recebeu a maior multa na história dos Estados Unidos da Occupational Safety and Health Administration (Osha) por descumprimento do marco regulatório estabelecido por lei. Um estudo independente e comparativo foi realizado a pedido do Chemical Safety Board, após a investigação inicial, a fim de examinar, para além desse acidente, a gestão mais global das refinarias da BP nos Estados Unidos.<sup>29</sup> Além disso, esses dois acidentes maiores, Texas City e DWH, foram acompanhados no mesmo período, entre 2005 e 2006, por outros incidentes que receberam menos atenção da mídia e foram menos investigados: um vazamento de petróleo no Alasca no campo petrolífero de Prudhoe Bay em 2006 (após a corrosão de uma tubulação devido à falta de monitoramento) e o tombamento da plataforma Thunder Horse em 2005 (após problemas de construção). Todos esses acontecimentos contribuíram para questionar o grupo sobre sua gestão da segurança industrial, sua estratégia e seu impacto nos processos de tomada de decisão.

## A organização da BP

O interesse deste caso reside precisamente em ter um conjunto muito rico de dados sobre essa dinâmica. Os dois livros do sociólogo Andrew Hopkins e a obra do jornalista Tom Bergin são complementares e coincidem em muitos pontos. Andrew Hopkins publicou um livro para cada um desses acidentes, o de Texas City<sup>30</sup> e o da DWH (também chamado Macondo, que é o nome do poço).<sup>31</sup> Ele oferece uma leitura sociológica dos múltiplos relatórios disponíveis sobre esses dois acidentes, baseada em uma abordagem que ele desenvolveu e refinou nos últimos dez anos, que consiste em explorar, de uma perspectiva organizacional, esse tipo de documentação.<sup>32</sup> O perfil de Tom Bergin é muito diferente, mas igualmente interessante em relação a esse estudo de caso. Antigo corretor de petróleo, ele se tornou mais tarde jornalista da Reuters, especializado no acompanhamento das grandes empresas petrolíferas. Está, portanto, muito familiarizado com a evolução do grupo BP do ponto de vista de sua estratégia e sua comunicação com os mercados financeiros, analistas e investidores. Entretanto, nenhum desses dois autores coloca a empresa no contexto mais global das transformações dos últimos trinta anos, ainda que a BP seja emblemática disso. É até tentador considerar que a BP representa para a segurança industrial o que os casos da Enron e da WorldCom foram para as finanças.<sup>33</sup>

Nas interpretações de Andrew Hopkins, uma série de temas recorrentes, em termos de sua leitura organizacional, estão presentes em ambos os acidentes

da BP. Embora não os apresente explicitamente nesses livros, eles lhe fornecem importantes referenciais normativos para se posicionar retrospectivamente. Um primeiro tema é a importância que ele atribui à estrutura organizacional, especialmente à *expertise*, ao poder e à centralização das funções de segurança industrial e de engenharia de processos nesse grande grupo. Para ele, é a falta de competência e influência de tal departamento que ajuda a entender os desvios e a falta de capacidade de tomadas de decisão equilibradas no grupo BP. O segundo tema diz respeito aos incentivos financeiros dos diversos atores da organização. Em sua opinião, esses incentivos não eram suficientemente dedicados à segurança, pois representavam apenas uma pequena porcentagem em comparação com os outros incentivos, particularmente os incentivos econômicos e financeiros para os quadros médios e superiores das entidades do grupo. Em terceiro lugar, os indicadores de segurança devem ser relevantes, porém está claro que na BP os indicadores de segurança não eram os indicadores de processo mais adequados. Ao monitorar estatísticas de acidentes de trabalho (por exemplo, quedas, ferimentos etc.), o grupo não controlava realmente a segurança industrial, a qual depende de outros tipos de dados (vazamentos, corrosão etc.). Confiar nos indicadores errados só pode contribuir para decisões estratégicas inadequadas. Em quarto lugar, ele considera o retorno de experiência como um pilar da gestão da segurança industrial, que no caso da BP é subdimensionado e não suficientemente pensado do ponto de vista operacional para desempenhar um papel eficaz, além de insuficiente entre os diferentes ramos e entidades do grupo (relacionado com a ausência de um departamento centralizado que poderia velar por isso). Em quinto lugar, discute as autoridades de controle nos Estados Unidos e os limites na sua fiscalização, bem como no plano das obrigações regulamentares aplicáveis à produção, especialmente em termos dos documentos de análise de risco exigidos para a empresa demonstrar sua gestão de riscos industriais. Esses são os pontos-chave da leitura proposta por Andrew Hopkins no plano organizacional.

## A estratégia da BP desde a década de 1990

A análise de Tom Bergin fornece elementos complementares que estão parcialmente ausentes nas interpretações do sociólogo. Oferece outro ponto de vista, construído a partir de uma experiência diferente e acesso a dados diferentes. Ele se reuniu e discutiu com várias pessoas da direção do grupo, conheceu-os antes dos eventos, interessou-se pelo seu perfil, carreira e ascensão na

empresa, e acompanhou suas aparições, anúncios e orientações estratégicas por muito tempo. Ele tem conhecimento da história do grupo do ponto de vista dos mercados, do ambiente político (seu conselho de administração) mas também da mídia. Assim, seu interesse não está realmente focado nos acidentes em si; ele conhece os principais relatórios de investigação e suas conclusões e os ressitua no contexto mais global de sua visão da história do grupo, dos jogos de poder entre os principais protagonistas e os personagens-chave. Os acidentes devem ser entendidos nessa perspectiva, e sua interpretação é relativamente clara. Se a BP se tornou a empresa que era nos anos 1990 e na primeira década do século XX, ou seja, uma das empresas líderes mundiais, mesmo estando em grandes dificuldades econômicas e financeiras nos anos 1980, foi graças a seu diretor, John Browne. Ele aplicou o que ninguém havia implementado antes nesse tipo de indústria, ou seja, um alto grau de descentralização, que consistia em dar autonomia às entidades do grupo para introduzir mais flexibilidade no que era então um sistema particularmente centralizado, o que implicava processos de tomada de decisão muito lentos, típicos desse tipo de sistema de risco.

Essa opção, que havia sido proposta pelas principais empresas de consultoria por vários anos às empresas petrolíferas, não havia convencido nenhuma delas, em particular porque o negócio automobilístico, no qual esse tipo de estratégia estava baseado, não podia servir de referência para o negócio petrolífero, onde a centralização e a *expertise* desempenham um papel fundamental na segurança. No entanto, essa estratégia foi gradualmente aplicada a todos os negócios da BP a partir dos anos 1990, quando John Browne se tornou o novo diretor. Foram criadas unidades de negócio (UN) e o foco dentro da BP foi explicitamente transferido da engenharia para a gestão comercial e financeira dessas unidades, o que foi acompanhado por uma eliminação gradual da capacidade de *expertise* interna e centralizada do grupo, deixando-a para ser gerenciada localmente. Os *standards* do grupo não são mais desenvolvidos, as auditorias internas são abolidas e a subcontratação é favorecida tanto quanto possível a nível de UN, quer se trate de plataformas de perfuração inicialmente ou de refinarias posteriormente. Os mercados recompensam a empresa pela redução de seus custos e pelo lucro alcançado em comparação com seus principais concorrentes (Total, Shell, Exxon Mobil, Chevron). Tom Bergin enfatiza o entusiasmo dos departamentos de administração das universidades americanas, como Harvard e Stanford, que aplaudiram os princípios da “aprendizagem organizacional” que John Browne estava implementando.

Este último, de fato, implementa espaços de intercâmbio entre entidades autônomas de seu grupo para garantir que a autonomia obtida não seja em



detrimento dos interesses do grupo. Os incentivos, reduções de custos e indicadores são estabelecidos pela direção, que espera que seus gestores os atinjam. John Browne tornou-se um executivo astro na mídia, embora a moda tenha mudado para a nova economia nos anos 1990 e as empresas petrolíferas fossem vistas como pouco atraentes. Sua comunicação sobre a necessidade de as empresas de energia abordarem a mudança climática fez da BP uma empresa socialmente responsável e fez de John Browne um visionário aos olhos tanto do público quanto dos jornalistas de negócios e financeiros.

Mas o acidente da BP Texas City contribuiu para questionar o modelo em questão. Foram então tomadas medidas para reintroduzir a capacidade de auditoria na empresa, a fim de recuperar o controle interno e a *expertise* técnica que haviam sido gradualmente perdidos nos últimos anos, no final dos anos 1990 e início dos anos 2000, sob o impulso da nova estratégia. Entretanto, dois anos após o acidente da BP Texas City, o sucessor de John Browne, Tony Hayward, que estava tentando dar a volta por cima, relançando o estabelecimento de novos padrões para o grupo (primeira iniciativa de recentralização), aboliu a função de auditoria criada após o acidente. O processo de redução de custos começou novamente, metas foram novamente estabelecidas para os gestores das UN com base em incentivos pouco voltados para a segurança, e retornaram os resultados, mais uma vez bem acolhidos pelos mercados, até o acidente da DWH.

As conexões com o relato de Andrew Hopkins são particularmente interessantes, pois a origem do que ele indica em sua leitura organizacional dos acidentes está nas escolhas estratégicas descritas por Tom Bergin. Também é interessante notar que aos múltiplos atores subcontratados e terceirizados que aparecem nas investigações da DWH e Texas City, decorrentes das escolhas e princípios da BP, de empresa em rede, fragmentada em UN, se soma a multidão de novos atores no relato do jornalista. Essa multidão reflete o entorno da empresa no qual operam seus gestores. Encontramos os atores dos mercados financeiros (bancos de investimento, corretores, analistas financeiros e econômicos), os atores das grandes empresas de consultoria que colaboram com seus principais grupos (McKinsey, Bain and Company), os atores dos departamentos de ciências administrativas das prestigiadas universidades americanas de Harvard e Stanford, as agências do governo americano (Osha, MMS), o poder executivo e outros atores dos sucessivos governos dos Estados Unidos e do Reino Unido,<sup>34</sup> as ONG ambientais, assim como a mídia (incluindo a imprensa econômica e financeira).

## Excessos ou limitações da empresa em rede?

A estratégia da BP, portanto, remete claramente, por um lado, às tensões levantadas por Pierre Veltz em relação à configuração em rede das grandes empresas e, por outro lado, ao contexto mais global descrito por Manuel Castells a partir dos anos 1980 e 1990. Enquanto as configurações em rede levaram a ganhos substanciais de flexibilidade e competitividade em relação aos novos ambientes tecnológicos, competitivos e financeiros dos últimos trinta anos, elas também têm suas limitações, particularmente, como já foi apontado, pela separação entre entidades que se tornam “caixas-pretas” simplificadas, controladas apenas por alguns indicadores da direção do grupo. Ao mesmo tempo, as trocas entre entidades cada vez mais autônomas são reduzidas, e essas entidades são então colocadas em concorrência umas com as outras (o que favorece a ocultação de problemas). Ou, ainda, são multiplicados os níveis de tomada de decisão assim como as injunções para diferentes nós da organização. O que o relato de Tom Bergin sugere é um excesso de estrutura em rede, em um campo onde a segurança industrial parece se beneficiar, *a posteriori*, de um certo grau de centralização e prescrição que garanta abordagens e tomadas de decisão adequadas do grupo para as entidades.

É claro que, como indicado no Capítulo 6 no caso dos silos, é preciso ser sempre cauteloso, e há sempre uma subdeterminação da segurança pelo evento. Não é possível concluir categoricamente, pois pode-se considerar que são as particularidades da estratégia do grupo, especialmente o fato de se basear em indicadores e incentivos específicos, que contribuíram para a degradação da qualidade dos processos de tomada de decisão dentro das unidades nessa configuração em rede. Poderia ter sido viável uma empresa mais bem pensada nesses aspectos (indicadores, incentivos). Como no caso dos silos, a causalidade complexa nesse sistema pode ter levado a administração a acreditar por um tempo que as decisões tomadas e os meios utilizados para implementar a estratégia eram adequados para produzir os equilíbrios e resultados esperados. Por um tempo, foi possível acreditar que se garantia o equilíbrio, sendo todas aquelas mudanças compensadas, por um lado, pelo *design*, tecnologia e arte-fatos (informatização e segurança avançada dos processos no setor *offshore*, com novas gerações de plataformas mais sofisticadas, e também nas salas de controle das refinarias, apesar das deficiências em termos de manutenção e investimentos) e, por outro lado, pela *expertise* coletiva dos trabalhadores em todos os níveis (inclusive subcontratados e empresas terceirizadas). Contudo, não podemos deixar de observar que nem todas as UN produziram eventos de

grande envergadura, pois os atores, situações e artefatos de algumas delas se adaptaram melhor aos condicionantes da empresa e gerenciaram sua autonomia de forma mais viável.

A dinâmica da construção da segurança é, portanto, particularmente interessante aqui, pois resulta da interação entre atores no campo dos mercados, dos meios de comunicação, das empresas de consultoria e autoridades de controle dos Estados Unidos, cujos papéis são bem documentados pelo jornalista. Todos eles confiavam na BP, na sua direção, e se limitavam a aceitar o relato da empresa, em um período de globalização, internacionalização das empresas e inovação tecnológica, econômica, financeira e gerencial, descrito neste capítulo de forma mais geral, em termos da sociedade informacional. Esses atores não questionaram os ganhos da BP em relação a seus concorrentes, por um lado, nem seu nível de segurança, por outro. Cabe pensar que isso tudo foi atribuído à natureza inovadora da empresa, o que contribuiu para dar à BP a margem de manobra suficiente para se manter nessa direção. Nesse contexto, como a estratégia do grupo, que parecia estar ganhando em todas as frentes, poderia ser desviada? Os contrapesos técnicos e de *expertise* dentro do grupo, que poderiam desempenhar esse papel, tinham sido descentralizados, e sua voz se perdeu no nível da direção. O Estado desempenhava apenas um papel regulatório mínimo, em termos de regulamentação e de fiscalização, como mostram os dois acidentes maiores de Texas City e DWH, deixando o setor decidir sobre os *standards* que pretendia aplicar a si mesmo.<sup>35</sup>

Essa seleção de dados disponíveis sobre a BP seguiu os princípios de leitura estabelecidos pelo modelo sistêmico e dinâmico de construção da segurança (MSDCS). Em todos esses aspectos, retrospectivamente, fica claro que a empresa transformou seus modos de funcionamento de tal maneira que as consequências negativas não puderam ser transmitidas para que os atores da organização pudessem refletir sobre elas e discutir as opções a serem consideradas. No entanto, esta leitura *a posteriori* dos problemas da BP, utilizando esse modelo, não pretende promover uma forma de ilusão retrospectiva nem implica a possibilidade de prever esses acidentes precisamente. Trata-se de insistir no fato de que é essencial levar em consideração todos esses pontos ao avaliar a segurança industrial. A segurança industrial é tanto uma questão de estratégia organizacional, de regulação e escrutínio externo, quanto de contrapesos internos e *expertise* em engenharia e segurança, de *expertise* em atividades operacionais, de arquitetura tecnológica de segurança e do espaço para os sinais e lançadores de alerta, sob configurações e dinâmicas sempre particulares. Se não há certeza, há pelo menos a certeza de que o interesse por

essa dinâmica e seu debate constante dentro da empresa fornece os meios para estar mais alerta.

Este estudo de caso também teve como objetivo destacar e apoiar um aspecto da problemática do risco sociotecnológico, em que as investigações conceituais e empíricas desta obra se encontram, descrito como “a multiplicação de entidades”.

## A multiplicação de entidades

As visões mais macroscópicas das transformações tecnológicas e sociais dos últimos trinta anos (ilustradas pelo caso da BP) fornecem um marco interpretativo e referências temporais que oferecem informações contextuais interessantes em relação aos capítulos anteriores. De fato, de uma perspectiva socio-tecnológica, ou seja, considerando a necessidade de pensar entrelaçadamente sobre as dimensões tecnológica e social, as implicações dessa nova paisagem são importantes. Em primeiro lugar, olhando cronologicamente para as diferentes disciplinas e tradições de pesquisa nas categorias de “instalações”, “cognição”, “organização” e “regulação” (Capítulo 2), essas transformações fundamentais que acabam de ser discutidas são bastante visíveis.

## Instalações

Assim, a categoria “instalações”, particularmente por meio da prática da análise de risco, reflete a quantidade de instrumentos, sensores, *software* e monitores que têm sido progressivamente integrados nos últimos trinta anos em arquiteturas de segurança cada vez mais automatizadas, informatizadas e complexas, no sentido de haver cada vez mais artefatos conectados uns aos outros, bem como atores dos quais eles dependem para sua instalação, ativação, fiscalização ou manutenção.<sup>36</sup> Essas mudanças tiveram o efeito, na indústria, de reduzir o número de pessoas encarregadas da produção, por meio da automação, mas também de melhorar a produtividade, permitindo a operação simultânea das instalações graças à centralização das informações nas salas de controle. A tecnologia da informação tem, portanto, desempenhado um papel fundamental, combinando-se com sistemas de produção mais antigos, como na indústria química (reações químicas em reatores) ou em plataformas *offshore* que se beneficiam de tecnologia sofisticada. Essa tendência levou

à multiplicação de artefatos de natureza diversa (mecânicos, elétricos, automáticos, eletrônicos, informáticos) a serem avaliados a fim de planejar uma determinada infraestrutura, em termos de análise de risco, bem como todos os atores necessários para sua operação e manutenção. Além disso, embora a prática de análise de risco sempre tenha incluído perigos externos (relâmpagos, terremotos etc.), o interesse por esses fenômenos de eventos naturais extremos se intensificou em conexão com a repetição de eventos naturais extremos.

## Cognição

Dentro da categoria de “cognição”, o lugar da automação e depois da informatização das situações de trabalho é bastante claro no campo do risco tecnológico a partir dos anos 1980, nos estudos de caso e abordagens teóricas propostas. A engenharia cognitiva está diretamente ligada ao desenvolvimento dos computadores e à necessidade de especificar recomendações para o *design* de interfaces que levem em conta as características dos usuários sob ângulos cognitivos. Mas essa primeira abordagem combina-se com as contribuições concomitantes, em parte complementares e em parte alternativas, da cognição situada e distribuída, bem como do trabalho cooperativo apoiado por computador. Esses campos de pesquisa ilustram a necessidade de integrar as dinâmicas cognitivas, materiais e corporais, junto com os artefatos dos ambientes de trabalho. Essa perspectiva, que estende a mente (*extended mind*) nessas interações com os objetos, contribui para uma necessidade analítica de considerar a interação da cognição com seu ambiente. O ponto de partida não é mais o indivíduo diante de sua tela, senão a rede ou o sistema de vínculos estabelecidos entre vários artefatos e atores, a fim de captar a dinâmica de conjunto. Os novos artefatos hoje disponíveis, como os *tablets*, na esteira de uma conectividade cada vez maior, só servem para reforçar essa tendência da externalização da cognição e da sua conexão em rede.

## Organização

Na categoria “organização”, os trabalhos sobre organizações de alta confiabilidade fornecem numerosas oportunidades de constatar o aparecimento dessas transformações nos anos 1980 e 1990. A noção de macrossistemas técnicos, com o controle do tráfego aéreo em particular, trouxe claramente à tona

essa ideia de uma rede complexa e emaranhada de artefatos e múltiplos atores, uma tendência que só aumentou com o desenvolvimento de novas tecnologias e a evolução das organizações nos últimos anos. Consequentemente, é necessário, por um lado, considerar em conjunto numerosos atores, situações e artefatos, a fim de caracterizar uma determinada situação e compreender a construção da segurança industrial. Por outro lado, os atores envolvidos estão trabalhando cada vez mais em entidades jurídicas distintas, empresas terceirizadas ou subsidiárias, embora necessitem igualmente sair da empresa para ver o papel de empresas de consultoria, analistas financeiros etc. (como acabou de ser ilustrado com o caso da BP). E, em um nível mais gerencial, os procedimentos, documentos, métodos, ferramentas, dispositivos e instrumentos vêm proliferando já há alguns anos, servindo para estruturar e gerenciar as atividades de segurança industrial. Assim, os sistemas de gestão da segurança são pilares gerenciais em torno dos quais foram proliferando todos esses objetos. Aumentaram os artefatos, por exemplo, com as bases de dados e os programas informáticos para organizar a comunicação de incidentes para fins de retorno de experiências, e também com as ferramentas e métodos de análise de risco, ou ainda com os formulários de auditoria formalizados e os *checklists* dos processos de gerenciamento de mudanças.

## Regulação

Finalmente, na categoria “regulação”, uma forte tendência é a crescente participação de outros atores para além do Estado. De um modo geral, seja no âmbito local, territorial, europeu ou internacional, ou no âmbito de atores coletivos como as organizações representativas da profissão, existe uma tendência de aumentar o número de escalões a serem considerados, o que se reflete na noção relativamente recente no campo político de “governança”. A mudança de abordagens regulatórias prescritivas para abordagens baseadas em objetivos, dando às empresas margem de manobra para definir os meios que utilizam, é uma clara indicação dessas mudanças no papel do Estado, que contribuem assim para um aumento do número de atores envolvidos na regulação (em particular no desenvolvimento de padrões profissionais, como foi mencionado no caso da indústria petrolífera nos Estados Unidos). Mas o aumento das preocupações ambientais entre os cidadãos, incluindo o risco ligado aos desenvolvimentos tecnológicos, também contribui em certos casos. Existem formas de oposição da sociedade civil, por meio de associações, que não existiam no

passado. Isso introduziu novos espaços de negociação, instâncias e atores a serem integrados nos processos gerenciais e de tomada de decisões das empresas de risco (como no caso da BP e sua estratégia de responsabilidade social em resposta aos movimentos sociais e políticos sobre o tema). Assim, é possível, com bastante facilidade e sem grandes surpresas, mostrar como as dinâmicas descritas de um ponto de vista global aparecem, implicitamente, nas contribuições mais disciplinares e nas tradições de pesquisa no campo da segurança industrial apresentadas no Capítulo 2.

Uma tendência emerge da descrição que pode ser resumida da seguinte forma: estamos presenciando a multiplicação de entidades, sendo elas entendidas em um sentido amplo, ou seja, atores, situações e vários artefatos, inclusive a natureza, com a qual a empresa entra em contato:

- 1) multiplicação de artefatos (mecânicos, elétricos, eletrônicos, informáticos) nas infraestruturas materiais e informacionais cada vez mais complexas em nossa relação com a realidade e o mundo, e dependentes de um maior número de *expertises* e atores a serem coordenados e mobilizados para fazê-los funcionar, acompanhando a revolução tecnológica da informação;
- 2) multiplicação de documentos, procedimentos, registros, ferramentas e dispositivos ou instrumentos gerenciais implementados nas organizações em torno de sistemas padronizados e destinados a estruturar a atividade por meio da formalização (na sequência da internacionalização e globalização das atividades econômicas);
- 3) multiplicação de atores a serem considerados nas dinâmicas sociotecnológicas e, em inúmeros casos, dentro de entidades jurídicas distintas, decorrentes das transformações tecnológicas, organizacionais, sociais, econômicas e políticas dos últimos trinta anos, cuja noção de redes tenta captar, e que também pode ser considerada como um estilhaçamento ou uma divisão;
- 4) multiplicação de entidades a serem consideradas na caracterização do comportamento de sistemas sociotecnológicos em relação à segurança industrial, obviamente, na materialidade dos seus processos de produção (reações químicas, nucleares etc.) e no seu meio ambiente natural, incluindo as ancoragens biológicas, terrestres, atmosféricas e ecológicas que contribuem para moldar os contextos de funcionamento.

A partir dessa tendência, temas sociológicos clássicos não estão ausentes dessa tendência. Em primeiro lugar, a importância da tecnologia em uma leitura das transformações da sociedade e da nossa relação com a natureza, herdada de Karl Marx, se exprime, notadamente, na importância da revolução da informação e dos artefatos que dela resultam. Em segundo lugar, a racionalização e a problemática da burocracia de Max Weber estão hoje presentes nas tendências à normalização e padronização em todas as áreas de atividade das empresas. Em terceiro lugar, a diferenciação de Émile Durkheim está subjacente à multiplicação de atores especializados em campos cada vez mais diversos (tema clássico da divisão do trabalho), o que gera questões de coerência e coordenação nessa fragmentação. Por último, em quarto lugar, os novos movimentos sociais, particularmente os ecológicos, se inserem na expressão de uma liberdade e criatividade que coloca no centro da leitura social a expressão subjetiva decorrente do processo de individualização descrito por Alexis de Tocqueville, e que requer pensar a sociedade na perspectiva da ação individual.

Mas esse tema da multiplicação de entidades nos últimos trinta anos, que pode ser constatada utilizando as categorias “instalações”, “cognição”, “organização” ou “regulação” para rastrear as transformações descritas neste capítulo, com apoio nos trabalhos de Manuel Castells e Pierre Veltz, também pode ser apreciado por meio da versão “ecologizada” das ciências humanas e sociais que foi introduzida nos Capítulos 3 e 4. A complexidade, na perspectiva da complexidade generalizada de Edgar Morin, aponta a necessidade de levar em consideração as interações e retroalimentações entre natureza e cultura para pensar o homem, a sociedade e os eventos, interações até então excluídas dos modos tradicionais de raciocínio. As redes mostradas por Bruno Latour indicam que materialidade, objetos, artefatos e inscrições devem ser integrados a fim de reorientar uma leitura do social capaz de captar suas múltiplas ligações. Ao propor essa abertura, em nível conceitual, a dinâmicas e dimensões até então consideradas externas aos modos tradicionais de raciocínio, mas que agora entram no léxico cognitivo e sociológico para poder pensar sobre os vínculos entre natureza e cultura, essas abordagens “ecologizadas” também fazem parte da “multiplicação de entidades” a ser integrada na descrição dos fenômenos.

Há, portanto, contida nesta obra, uma convergência empírica e conceitual para a necessidade de considerar a multiplicidade de entidades (atores, situações e artefatos) e suas interações, a fim de compreender e apreender os fenômenos de construção sociotecnológica da segurança industrial. O caso relativamente simples apresentado no Capítulo 6, sobre uma cooperativa e seus

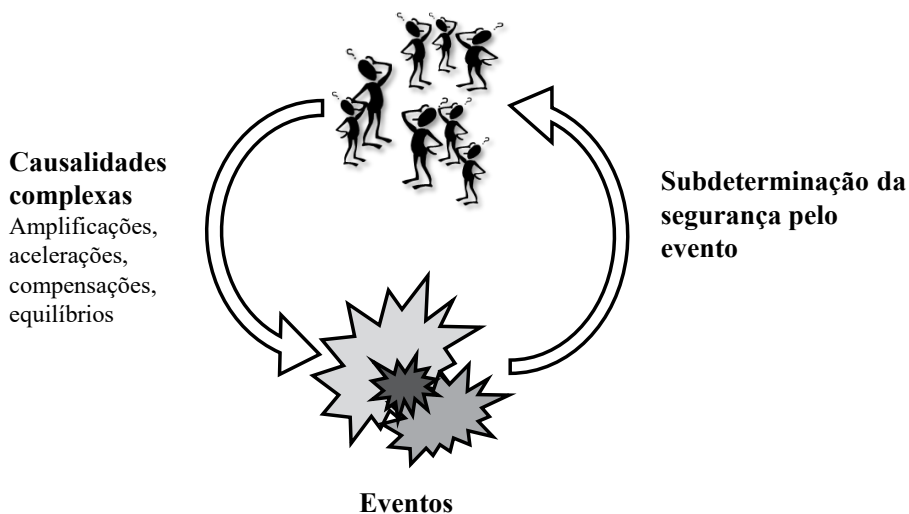


silos, mostra essa tendência. As novas automatizações e informatizações, por exemplo, do registro de temperaturas, indicam essa transformação das condições operacionais pela tecnologia, incluindo as possibilidades de supervisão a distância pelos líderes de equipe. Os atores protagonistas de novas problemáticas surgidas em resposta às exigências do mercado, como o aumento da demanda ou a qualidade dos produtos para os clientes, resultam na utilização de novos equipamentos de testes que refletem o novo contexto competitivo enfrentado por essa empresa. A sensibilidade da sociedade sobre temas como o meio ambiente e a segurança industrial (após acidentes) leva a novos documentos e procedimentos, incluindo a implementação de sistemas de gestão ambiental e da segurança, bem como das fichas de funções, delegação de autoridade e atores internos (departamento de QSSMA), e essa tendência também reflete as transformações descritas. Os atores externos, com a regulação e os novos regulamentos que levam a uma intensificação e a novas práticas de fiscalização, resultam em uma maior carga de interações a serem geridas pela empresa. São todas essas entidades, em sentido mais amplo, atores e artefatos, que devem ser pensadas conjuntamente, em uma dinâmica de construção da segurança industrial, e que estão representadas no sistema sociotecnológico modificado (SSTM).

Essa visão das transformações macroscópicas dos últimos vinte a trinta anos fornece um marco histórico para pensar a situação contemporânea e para dar um passo atrás em relação às investigações e sistemas sociotecnológicos atualmente pesquisados e avaliados em termos de segurança industrial. Evidentemente, essa leitura deve ser sempre aplicada de forma singular, para cada caso específico, da mesma forma que foi discutido para o uso do modelo MSDCS. Cada situação é diferente, embora moldada por um contexto histórico mais amplo. As tendências descritas não se refletem uniformemente na dinâmica das empresas. Algumas empresas se informatizaram mais rapidamente do que outras, têm mais subcontratados ou externalização, têm um mercado mais ou menos competitivo, têm um grau de formalização mais ou menos desenvolvido, têm estruturas mais ou menos em rede, desenvolvimentos tecnológicos, ambientes urbanos ou naturais que as expõem a escrutínios externos mais ou menos intensos, incluindo os atores da sociedade civil etc.

## Um novo “ar familiar”

O modelo MSDCS desenvolvido nesta obra tem uma função de pano de fundo. Serve de referência para estabelecer, apesar de suas grandes diferenças, um “ar familiar” entre os casos que foram descritos nos diferentes capítulos. Em linha com os modelos de segurança industrial e acidentes discutidos no Capítulo 5, fornece pontes entre os três casos evocados. James Reason havia formulado explicitamente que o desenvolvimento desse tipo de modelo tem essa propriedade e persegue a ambição de aumentar a generalização: “Se focarmos apenas os detalhes superficiais, cada um desses acidentes pode ser visto como uma singularidade, única em sua etiologia e consequências. Em um nível mais geral, no entanto, esses desastres compartilham uma série de características”.<sup>37</sup> A perspectiva dinâmica e sistêmica de construção da segurança tem por objetivo renovar o legado dos clássicos da segurança industrial, enriquecendo-o com a adição de dimensões gerenciais, sociológicas e políticas. Surge assim um “novo ar familiar” entre os três casos. Esse novo “ar familiar” deve-se à tentativa de ligar e articular vários níveis descritivos de análise, o que, de maneira mais simples, pode expressar-se por uma tentativa de estabelecer a relação entre mudanças e probabilidade de eventos (Figura 7.1).



**Figura 7.1** Relação entre mudanças e probabilidade de eventos



**Quadro 7.2 Um novo “ar familiar” (2)**

Temas em interação no MSDCS	Caso silos	Caso explosivos	Caso petro
Estratégia da organização no ambiente	Nova estrutura organizacional impulsionada pela administração para adaptar o sistema à sua falta de experiência operacional e a sua orientação estratégica	Troca de diretor, nova estrutura que consiste em alocar suas atividades em dois locais e compartilhamento de atividades entre os locais, decisões impulsionadas pela direção do grupo em termos da estratégia operacional	Nova organização impulsionada pela direção para aproveitar as estruturas descentralizadas e autônomas em nível local, como parte de uma nova estratégia para o grupo
Consequências das mudanças	Redistribuição de funções, com novos cargos supervisionando as atividades nos silos de forma diferente do passado, junto com uma maior formalização das expectativas de desempenho dos novos cargos	Redistribuição de funções na fábrica, resultado de um novo perfil de diretor sem experiência operacional, que depende do engenheiro de produção, levando a novos modos de interação na instalação	Redistribuição de funções que resulta da autonomia das unidades de negócio (UN) do grupo, aumento da subcontratação e terceirização e retrocesso dos aspectos técnicos em favor do lado comercial
Influência da função de segurança	Perda de centralização pela QSSMA em relação aos novos cargos nas tomadas de decisão resolvidas pela diretoria	Perda de influência do departamento em favor da produção e as consequentes mudanças organizacionais em nível do grupo	Perda da centralização, em nível de grupo, da <i>expertise</i> dedicada à segurança de processos
Reflexividade e sinais	Sinais atenuados pela nova estratégia da direção, favorecendo a implementação da nova estrutura	Sinais de aumento de corpos estranhos levados em consideração nas instalações seguidos de medidas corretivas, porém sob mudanças que afetam o retorno de experiência	Sinais confinados às instalações sob a estratégia de autonomia das UNs, com dificuldade em considerá-los no nível da direção, especialmente após mudanças organizacionais (descentralização)

Temas em interação no MSDCS	Caso silos	Caso explosivos	Caso petro
Escrutínio externo	Redundância e conflito nos sistemas de controle/auditoria entre a QSSMA e os novos cargos, enquanto a capacidade de fiscalização pelas autoridades de controle é limitada diante do número de silos a serem fiscalizados	Mudança nos modos de fiscalização após mudanças regulatórias (atividades com risco de explosão/instalações listadas) e eliminação de auditorias cruzadas dentro do grupo	Abolição das auditorias internas do grupo sob <i>expertise</i> centralizada e problema da fiscalização pelas autoridades de controle, limitada nos Estados Unidos (OSHA, MMS)
Arquitetura de segurança e atividades operacionais	Problemática em relação aos novos trabalhadores (supervisão etc.), redução de pessoal e disparidade entre equipamentos dos silos	Problemas de gestão de horários e circulação na fábrica durante produções simultâneas, e diferenças de automação entre instalações fabris	Problemáticas da garantia da integridade das instalações (refinaria) e da gestão de prazos do projeto em uma atividade de risco (perfuração <i>offshore</i> )

É importante ressaltar que o evento desempenha, portanto, um papel fundamental, pois é ele que serve de referência entre os movimentos, por um lado, e a probabilidade de acidentes, por outro. Como enfatizava Todd La Porte, as empresas de risco devem estar *nearly error-free*, ou seja, quase isentas de erros.<sup>40</sup> Isso não significa, é claro, que não devamos interessar-nos por erros e dedicar-nos apenas a “o que vai bem”, sem incidente ou acidente. Porque não há nada que funcione de maneira ideal e a realidade das empresas é feita, em maior ou menor medida, de desvios, anomalias, incidentes e às vezes acidentes, eventos cujo significado para a gestão da segurança industrial depende do contexto da empresa e seu entorno, onde ocorrem. Todas as empresas, portanto, enfrentam eventos. A avaliação do funcionamento cotidiano requer então levar em conta o evento para captar os mecanismos na construção da segurança. Desse ponto de vista, o evento tem uma centralidade real. Mas, ao mesmo tempo, sob outro ângulo, precisamos relativizá-lo, no sentido de que o evento não pode ser usado como a única base para a compreensão da dinâmica de uma empresa. Para tanto, o(s) evento(s) deve(m) ser ressituaado(s) mais amplamente dentro dos movimentos da empresa, entendida como uma construção, baseando-se

em todos os elementos de leitura que foram mobilizados, incluindo poder, cognição e socializações, bem como as estruturas organizacionais e tecnológicas e as múltiplas atividades em um contexto com orientação gerencial e estratégica. É a partir desse movimento global de causalidades complexas e da subdeterminação da segurança que o evento assumirá um significado, procurando limitar os efeitos da ilusão retrospectiva. Por esses motivos, há tanto centralidade quanto relatividade do evento.

## Reformulando a tese do acidente normal

Após todas as discussões propostas neste capítulo e fora dele, devemos voltar a Charles Perrow e sua tese publicada em 1984 sobre o “acidente normal”. Ele foi uma referência que contribuiu para o título deste livro, *Trinta anos de acidentes*. As novas circunstâncias descritas neste capítulo com o auxílio de contribuições sociológicas e econômicas constituem um entorno de complexidades e incertezas que voltam a questionar aquela tese. O sociólogo publicou sua obra antes da série de acidentes dos anos 1980. Ele baseava seu raciocínio na complexidade e no acoplamento tecnológico como fontes de acidentes imprevisíveis. No novo contexto de hoje, e seguindo muitos autores que questionaram o que podemos chamar de determinismo tecnológico de Charles Perrow, é interessante tentar especificar os novos contornos do acidente normal.

Primeiramente, a recorrência de desastres nos últimos anos impõe uma mudança semântica na noção de acidente “normal” no sentido de imprevisível para acidente “normal” no sentido de “esperado”. Não é mais surpreendente que um acidente ocorra onde se acreditava que não poderia acontecer. Em segundo lugar, reforçando o primeiro ponto, a complexidade e a normalidade do acidente de Charles Perrow passaram, como discutido no Capítulo 3, da problemática tecnológica para a problemática cognitiva dos operadores,<sup>41</sup> engenheiros<sup>42</sup> e gestores,<sup>43</sup> assim como para a problemática sociotecnológica global<sup>44</sup> e depois, como foi argumentado nesta obra, para a problemática epistemológica da complexidade.<sup>45</sup> Todos esses autores documentam, para inúmeros atores, as incertezas e a complexidade que enfrentam e os limites da ilusão retrospectiva, quando nos tornamos mais familiarizados e conscientes do cotidiano das empresas. Finalmente, em uma terceira etapa, o novo contexto globalizado resultante das grandes transformações tecnológicas, sociais, econômicas, culturais e políticas dos últimos trinta anos aumentou consideravelmente as incertezas e complexidades em que operam as empresas de risco.

Dado o que sabemos agora sobre as imperfeições das tecnologias, pessoas, organizações e instituições, bem como sobre as incertezas e a complexidade globalizada do mundo, o acidente é normal por bem mais razões do que apenas o determinismo tecnológico. Essa realidade faz com que, mesmo quando, *a posteriori*, um acidente parece previsível desde um certo ponto de vista (vem à mente o caso da refinaria da BP Texas City, no qual as avaliações periciais eram particularmente alarmantes), isso não significa que seja prevenido, pois, no contexto em que essa informação é produzida, ela não pode ser atendida. Portanto, é possível traduzir essa nova visão do acidente normal em uma construção de segurança muito mais dinâmica do que Charles Perrow:

- 1) os sistemas de risco operam em entornos que os submetem a pressões e restrições tecnológicas, competitivas, sociais e financeiras que implicam complexos equilíbrios e processos de tomada de decisão (entre fatores de saúde, segurança, produção, sociais, ambientais etc.), dentro de universos (às vezes) em rede ou fragmentados, com uma multiplicidade de entidades;
- 2) assim, operadores, engenheiros e gestores adaptam-se, decidem e constroem a segurança em universos incertos e complexos constituídos por:
  - incertezas tecnológicas no projeto e na operação, por parte dos engenheiros;
  - incertezas das instalações e das automatizações, por parte dos operadores e supervisores da linha de frente;
  - incertezas das organizações, mercados e concorrência, por parte dos gestores;
  - cuja agregação produz efeitos emergentes que são difíceis de antecipar;
- 3) ninguém pode pretender ter uma visão global completa, porque nossa racionalidade é limitada, as causalidades são complexas e nunca inteiramente claras (subdeterminação da segurança pelo evento), e isso é ainda mais verdadeiro em sistemas em rede e fragmentados que são objeto de constructos cognitivos, sociais, de poderes e de artefatos, cujo tema de construção reflete as implicações;
- 4) nesses espaços de constructos, restrições, movimento, dinâmicas e múltiplas interações entre entidades, os limites operacionais de segurança são provavelmente muito mais ambíguos e menos claros do que muitos atores públicos e privados estão dispostos a admitir publicamente,

especialmente nesse universo onde mais se valoriza a inovação tecnológica, gerencial e financeira.

## Notas

1. H. Rosa (2010).
2. R. Aron (1962, p. 21)
3. Esse raciocínio não é diferente do que é defendido para os modelos de segurança no Capítulo 5, especialmente em psicologia cognitiva, sobre as tensões entre modelo descritivo e normativo, local ou geral.
4. R. Aron (1967).
5. R. Nisbet (1966).
6. A. Touraine (1969).
7. Todos esses temas ligados à cultura de massa, à entrada na modernidade de um município da Bretanha nos anos 1960, bem como os acontecimentos de maio de 1968 podem ser encontrados nas obras empíricas e sociológicas de Edgar Morin (Morin, 1962, 1967, 1969b).
8. A cibernética desempenhou um papel preponderante, material e tecnologicamente, mas também no plano do imaginário social, na segunda metade do século XX. O engenheiro e matemático americano Norbert Wiener escreveu em 1948 que o século XVII e o início do século XVIII constituíram a era do relógio, os séculos XVIII e XIX, a era da máquina a vapor, e a atualidade é a era da comunicação. A sua ideia é que “o pensamento de cada época se reflete na sua técnica” (Wiener, 1948, p. 38). Os desenvolvimentos da cibernética estão muito ligados às aplicações militares, como escreve o historiador da ciência Peter Galison (Galison, 1994), mas há também outra história da cibernética (por exemplo, como precursora da complexidade com Ross Ashby ou Heinz von Foerster; ver o Capítulo 3 deste livro). Histórias alternativas desvinculadas desse ambiente militar estão disponíveis nas obras do filósofo Jean-Pierre Dupuy (Dupuy, 1999) e do sociólogo da ciência Andrew Pickering (Pickering, 2010).
9. A. Touraine (1969, p. 10).
10. M. Castells (1999a, p. 403).
11. Fala-se da terceira revolução tecnológica. Uma primeira revolução tecnológica e industrial ocorreu no final do século XVIII e início do século XIX, com a invenção do tear, a produção de ferro fundido, assim como da máquina a vapor, que permitiu o desenvolvimento do trem. Uma segunda revolução tecnológica e industrial ocorreu durante o século XIX e início do século XX, com novas fontes de energia, petróleo, gás e eletricidade, o desenvolvimento da química, a invenção do carro com motor a combustão e, em seguida, a aeronave, assim como meios de comunicação como o telégrafo, o telefone e o rádio. A terceira revolução tecnológica está ligada à física nuclear, eletrônica, informática e engenharia genética. O historiador da tecnologia Thomas Hughes, em um espírito muito próximo de Manuel Castells, considera indissociáveis os entrelaçamentos tecnológicos, sociais, políticos, econômicos e culturais desses momentos de transformações sociotecnológicas. Ele ilustrou esse ponto de vista em várias obras (Hughes, 1989, 1998), incluindo um livro de síntese que coloca em perspectiva essas diferentes fases de entrelaçamentos tecnossociais (Hughes, 2005).
12. P. Veltz (2008).
13. P. Veltz (2008, p. 248).



14. Para a cientista política Isabelle Hibou, “O desejo de normalização é um projeto antigo, indissociável do capitalismo, mas a concretização e a amplitude da sua organização datam da segunda metade do século XX e do crescimento exponencial, a partir dos anos 1970–1980, das trocas internacionais de bens (e, portanto, da atividade de transporte) e de serviços, da utilização crescente da subcontratação e da terceirização, das deslocalizações, da decomposição e da internacionalização dos processos de produção, bem como no desenvolvimento de regras de gestão e nas tecnologias da informação e da comunicação” (Hibou, 2012, p. 94).
15. P. Veltz (2008, p. 147).
16. P. Veltz (2008, p. 249).
17. Algumas dessas mudanças foram previstas por Ulrich Beck e Anthony Giddens sob o ângulo dos riscos ou da modernidade reflexiva, como vimos no Capítulo 2 (categoria “regulação”). Isso também pode se relacionar com o diagnóstico de Edgar Morin, em *Terre Patrie*, próximo da dinâmica pensada por Manuel Castells, associando movimentos identitários com transformações tecnológicas e econômicas “Essa concepção tecno-econômica ignora os problemas humanos de identidade, comunidade, solidariedade, cultura [...] uma dinâmica complexa, em que interagem a identidade/religião/nação/Estado/técnica e em que intervêm o capitalismo, as ideologias ocidentais, a ideologia revolucionária, a cultura de massa, gerando revolta, esperança e depois resignação, desespero, re-revolta” (Morin, 1993, p. 93, 96).
18. S. Sassen (2007).
19. A. Appadurai (2005).
20. G. Rot (2006).
21. F. Dupuy (2011).
22. D. Segrestin (2004); V. Boussard (2005, 2009).
23. M. Lallement (2007, 2008).
24. P. Veltz (2008, p. 114).
25. Deve-se lembrar aqui que esses relatórios são produzidos com base na mobilização de uma vasta *expertise* em um grande número de campos (das ciências da engenharia até as ciências humanas e sociais, passando por diversas *expertises* técnicas, operacionais e de engenharia dos atores do setor). Essa visibilidade *a posteriori* desses eventos não deve levar a crer que os atores da empresa disponham do mesmo nível de informação antes dos eventos. Por um lado, tais *expertises* e recursos não são mobilizados dessa forma no cotidiano e, por outro lado, essas *expertises* se concentram em um cenário específico que reduz a gama de problemáticas enfrentadas pelos atores da empresa. Isso obviamente não invalida o interesse dessas investigações, mas é preciso ter essas precauções em mente em relação à ilusão retrospectiva.
26. Chief Counsel’s Report (2011).
27. Um estudo realizado pela filósofa e socióloga Hélène Mialet no mundo da modelagem descreve bem esse mundo de *expertise* e pesquisa (Mialet et al., 2009).
28. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2007); Baker Panel (2007).
29. Baker Panel (2007).
30. A. Hopkins (2008).
31. A. Hopkins (2012).
32. A. Hopkins (2000, 2005).
33. J. Stiglitz (2003).

34. Há uma passagem no livro que descreve como o governo de Tony Blair solicitou assessoramento dos dirigentes e gestores da BP para melhorar a eficiência e a produtividade dos serviços públicos (Bergin, 2011, p. 66).
35. Esses dados também oferecem, evidentemente, grande margem para “críticas”: críticas à influência das finanças que, por meio de analistas, fornecem avaliações das empresas com base em critérios muito restritivos; ao *status* dos dirigentes das grandes empresas, à margem de manobra e ao poder que têm para orientar estrategicamente essas organizações (os conselhos de administração não desempenham praticamente nenhum papel a esse respeito); ao papel das empresas de consultoria que difundem modismos gerenciais desconectadas da realidade complexa das empresas; aos vieses da direção, que coloca no centro de sua gestão indicadores controversos, uma vez que são elaborados em detrimento da *expertise* dos coletivos; à formalização que serve de fachada para as empresas pretenderem implementar uma racionalidade apenas aparente, por meio da rastreabilidade da documentação; à falta de independência e de recursos das autoridades de controle, que são objeto de “captura” pela indústria e pelas empresas; à redução dos custos, que prejudica a qualidade das tomadas de decisão que envolvem equilíbrios entre múltiplas dimensões; à situação dos trabalhadores (gestores, engenheiros, supervisores e operadores), sobre os quais recai a complexidade e o peso das tomadas de decisão em um contexto competitivo e de concorrência entre as diversas entidades; ao declínio do sindicalismo, que torna ineficaz esse contrapeso (diante apenas da *expertise* interna); e assim por diante. A lista é longa. O problema, de um ponto de vista analítico, é que, evidentemente, todos esses aspectos são igualmente válidos em maior ou menor medida para as outras empresas, sem elas terem produzido acidentes maiores repetidamente como a BP. Portanto, embora concordemos em grande parte com essas críticas, devemos, no entanto, nunca perder de vista uma análise precisa em cada caso.
36. Essa situação se reflete concretamente nas análises de risco, quando se trata de as empresas fornecerem indicações e informações sobre suas próprias instalações. Como algumas partes não são instaladas, nem, às vezes, mantidas pela empresa, as informações correspondentes estão disponíveis apenas em uma entidade juridicamente externa à empresa, que nem sempre está imediatamente disponível para responder às perguntas surgidas na análise de risco.
37. J. Reason (1990, p. 475).
38. Diane Vaughan utilizou a noção de *trickledown effect* para essa ideia (Vaughan, 1997).
39. No momento da investigação, em 2004.
40. T. La Porte (1981).
41. R. Amalberti (2001); G. Klein (1997).
42. B. Wynne (1989); T. Pinch (1991).
43. W. Starbuck & F. Milliken (1988); A. Meyer & W. Starbuck (1993).
44. A. Giddens (1993); D. Vaughan (1996); W.M. Evan & M. Manion (2002).
45. E. Morin (1977, 1981, 1986, 1990).

## Conclusão

Qual é então, no final desta obra, a nova face dos riscos sociotecnológicos anunciada no título? Antes de mais nada, devemos falar de riscos “sociotecnológicos” mais do que de riscos “tecnológicos”. A dupla tecno/social é inseparável. Entretanto, para entrar nesse universo sociotecnológico, foi necessário desenvolver algumas referências, algumas formas de colocar o problema, de orientar o olhar, de construir um objeto, de compreender as suas múltiplas facetas, de problematizar sua coordenação, de testá-la empiricamente, de situá-la em contextos mais amplos. Esta conclusão retomará essas etapas, mas é necessário recordar dois elementos contextuais que se tornaram essenciais ao longo do desenvolvimento deste livro.

Por um lado, abordar a segurança industrial significa explorar um espaço que pode ser vantajosamente balizado pela complexidade, “palavra do século” para alguns, palavra-chave aqui. Na segurança industrial, a complexidade, como já vimos, tem múltiplas facetas na ergonomia, sociologia, engenharia, ciência política ou ciência da administração. Ela foi introduzida nesta obra sob o ângulo epistêmico ou ainda da complexidade generalizada tal como conceitualizada por Edgar Morin. Remete-nos à dinâmica da ciência e da pesquisa, feita de histórias poli-, trans-, inter-, multi- ou pluri-, mas também, é claro, monodisciplinares, e convida a uma reflexão sobre as virtudes e limitações das fronteiras entre as ciências. Trata-se também do questionamento do determinismo (como marca da cientificidade) e o retorno do evento para um mundo incerto, em um naturalismo não reducionista por sua problematização da ancoragem cosmológica, terrestre, ecológica e biológica do homem e da sociedade, ressitando os dualismos natureza/cultura e sujeito/objeto em uma perspectiva “ecologizada” das CHS.

Por outro lado, a complexidade envolve também as novas transformações do mundo contemporâneo, de ordem tecnológica, social, econômica, cultural e política, levando ao entrelaçamento dos componentes do globo em uma escala sem precedentes. Segundo uma leitura cujos eixos-chave Manuel Castells destacou bem, um certo número de transformações em curso desde os anos 1980, incluindo uma nova revolução tecnológica e uma abertura dos mercados mundiais aos fluxos de capitais pela desregulação e liberalização do comércio e dos investimentos internacionais (financeirização da economia), contribuiu, junto com outros acontecimentos (aumento dos serviços, movimentos ecológicos, questionamento dos Estados-nações, etc.), para um novo mundo industrial, em “redes”, que não deixa de ter influência na segurança industrial.

Nesse novo cenário, e diante de uma nova onda de acidentes que recorda a primeira série dos anos 1980, a linha diretriz deste trabalho consistiu em rever o legado dos trabalhos de referência em segurança industrial. Para isso, este trabalho de pesquisa traçou os contornos dinâmico e sistêmico da construção da segurança, que fazem interagir múltiplos atores, situações e artefatos, no tempo e no espaço. Diretor de grupo, operadores, chefes de equipe, diretores de instalações, responsáveis técnicos de grupo, engenheiros de produção, engenheiros de qualidade e segurança, trabalhadores temporários, gerentes de recursos humanos, fiscais das autoridades de controle, *designers*, mas também máquinas, produtos, documentos, procedimentos, interfaces e monitores, ou mesmo ferramentas e planos de treinamento, são todos atores e artefatos a serem levados em consideração, imersos em interações de grande complexidade.

Os modelos clássicos de segurança industrial (e de acidentes) contribuíram para um primeiro esforço de autonomização e enquadramento de tal problemática. Isso foi facilitado especialmente pela qualidade visual dos modelos, ao desempenhar papéis de objetos de fronteira entre a pesquisa e a indústria: os modelos do “queijo suíço” de James Reason, da “migração para as fronteiras do funcionamento seguro” de Jens Rasmussen ou da “vigilância coletiva” de Karl Weick e seus coautores. Após rever as vantagens desses clássicos do campo, bem como suas limitações, foram introduzidos dois modelos que especificam as condições para a construção sistêmica e dinâmica da segurança (MSDCS, SSTM). Eles oferecem um conjunto de elementos mais precisos para responder à seguinte pergunta concreta, que é o tema principal desta obra: “onde, quem, o que, como e quando interrogar ou observar os múltiplos atores e entidades heterogêneas que constituem esses sistemas para melhor compreender, mas também antecipar e prevenir desastres industriais?”

Sob a ótica desses novos modelos, a segurança industrial é tanto uma questão de estratégia e mudanças organizacionais quanto de regulação e controle externo, contrapesos internos, *expertise* em engenharia e segurança, *expertise* operacional, arquitetura tecnológica de segurança e de dar atenção aos sinais e *whistleblowers*, em configurações e dinâmicas específicas para cada caso. A partir dos estudos de caso apresentados nesta obra (caso explosivos, silos e petro) e da constatação de uma multiplicação de entidades, ou seja, a necessidade, simultaneamente conceitual e empírica, de considerar cada vez mais interações entre atores, situações e artefatos dentro de dinâmicas complexas, o livro volta para a tese do acidente “normal” de Charles Perrow, trinta anos após sua publicação em 1984, propondo uma revisão. Trata-se, assim, de considerar essa tese de um ângulo muito mais dinâmico e menos ancorado no determinismo tecnológico inicial do autor.

Como deve estar claro agora, a compreensão da construção da segurança industrial e sua avaliação devem superar uma série de dificuldades a fim de fornecer respostas aos desafios dos riscos sociotecnológicos, concretas, por um lado, e suficientemente conceituais, por outro, para serem úteis no debate e nas novas relações contemporâneas de “ciência e sociedade”. Esta obra trata das condições empíricas e teóricas, entre disciplinas e indisciplinas, para manter e avançar no projeto de um campo autônomo da segurança industrial, perante as transformações em andamento. Nesse projeto, este livro quer ser ao mesmo tempo um fruto e uma base sólida de trabalho, um novo ponto de partida, principalmente. É agora necessário documentar o cotidiano dos sistemas de risco sob o ângulo dos modelos que foram produzidos, em uma atitude comparativa, aproveitando o valor heurístico do acontecimento, e desenvolver, a partir dos temas providos pelo modelo MSDSC, estratégias de investigação empírica mono-, multi- e interdisciplinares, sem perder de vista o conjunto, em particular os desafios trazidos pelo novo mundo, assim como traduzir as implicações dos avanços aqui apresentados para os diferentes tipos de atores da segurança industrial, diante dos diferentes tipos de problemas.



# Referências

- Actes CNRS. (1994). Séminaire du Programme Risques Collectifs et Situations de Crise (Département des Sciences de l'Homme et de la Société). *Sociologie des sciences, analyse des risques collectifs et situations de crise. Point de vue de Bruno Latour*. École des Mines de Paris, France, 15 novembre.
- Aggeri, F., & Labatut, J. (2008). La gestion au prisme de ses instruments. Une généalogie des approches par les instruments en gestion. Comunicação apresentada na *Conférence AIMS NICE 2008*, Nice–Sophia Antipolis, Nice, France, 28–30 mai.
- Alter, N. (1990). *La gestion du désordre en entreprise*. Paris, France: L'Harmattan.
- Alter, N. (2000). *L'innovation ordinaire*. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Amalberti, R. (2001). *La conduite des systèmes à risques*. 2e. édition. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Amalberti, R., Fuchs, C., & Gilbert, C. (Eds.) (2003). Risques, erreurs et défaillances: Approche interdisciplinaire. Actes de la première séance du Séminaire “*Le risque de défaillance et son contrôle par les individus et les organisations dans les activités à hauts risques*”, CNRS – Ministère de la Recherche. Grenoble, France: Publication de la MSH–Alpes, 2001.
- Amalberti, R., Montmollin, M. de & Theureau, J. (Eds.) (1991). *Modèles en analyse du travail*. Bruxelles, Belgique: Mardaga éditions.
- Amsterdamski, S. (1990). *La querelle du déterminisme*. Paris, France: Gallimard.
- Andler, D. (2002). Processus cognitifs. In D. Andler, A. Fagot-Largeault, & B. Saint-Sernin (Eds.), *Philosophie des sciences*, vol. 1 (pp. 226–408). Paris, France: Gallimard. (Collection Folio essais). [*Filosofia da ciência I*. São Paulo, Brasil: Atlântica, 2005].
- Ansart, P. (1990). *Les sociologies contemporaines*. Paris, France: Le Seuil.
- Ansell, C., & Boin, R.A. (2011). On being a LaPortian. *Journal of Contingencies and Crisis Management*. Special Issue: In honor of Todd R. LaPorte, 19(1), 1–2, March.
- Antonsen, S. (2009). The relationship between culture and safety on offshore supply vessels. *Safety Science*, 47(8), 1118–1128.

- Appadurai, A. (2005). *Après le colonialisme: Les conséquences culturelles de la globalisation*. Paris, France: Payot.
- Arasse, D. (2003). *Léonard de Vinci: Le rythme du monde*. Paris, France: Hazan.
- Arendt, H. (1961). *Condition de l'homme moderne*. Paris, France: Calmann-Lévy. [A condição humana. Barueri, Brasil: Forense Universitaria – Grupo Gen, 2014].
- Aron, R. (1986). *Introduction à la philosophie de l'histoire*. Paris, France: Gallimard.
- Aron, R. (1962). *Dix-huit leçons sur la société industrielle*. Paris, France: Gallimard. (Collection Folio essais). [Dezoito lições sobre a sociedade industrial. Tradução: Sérgio Bath. Brasília, Brasil: UnB, 1981].
- Aron, R. (1967). *Les étapes de la pensée sociologique*. Paris, France: Gallimard. [As etapas do pensamento sociológico. Tradução: Sérgio Bath. São Paulo, Brasil: Martins Fontes, 2008].
- Baker Panel. (2007). *The report of the BP U.S. refineries independent safety review panel*. Disponível em <<http://sunnyday.mit.edu/Baker-panel-report.pdf>>.
- Barnard, C.I. (1938). *The functions of the executive*. Cambridge, USA: Harvard University Press. [Funções do executivo. São Paulo, Brasil: Atlas, 1971 / Lisboa, Portugal: Edições Sílabo, 2019].
- Barry, A., & Born, G. (Eds.) (2013). *Interdisciplinarity: Reconfigurations of the social and natural sciences*. London, UK: Routledge.
- Bartlett, F.C. (1932). *Remembering: A study in experimental and social psychology*. Cambridge, USA: Cambridge University Press.
- Bauman, Z. (2000). *Liquid modernity*. Cambridge, UK: Polity Press. [Modernidade líquida. Tradução: Plínio Dentzien. Rio de Janeiro, Brasil: Zahar, 2021].
- Beck, U. (1998). Politics of risk society. In J. Franklin (Ed.), *The politics of risk society*. Cambridge, UK: Polity Press.
- Beck, U. (2001/1986). *La société du risque: Sur la voie d'une autre modernité*. Paris, France: La Découverte. [Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade. Tradução: Sebastião Nascimento. São Paulo, Brasil: Editora 34, 2010].
- Beck, U., Giddens, A., & Lash, S. (1994). *Reflexive modernization: Politics, tradition and aesthetics in the modern social order*. Redwood City, USA: Stanford University Press. [Modernização reflexiva: Política, tradição e estética na ordem social moderna. Tradução: Magda Lopes. São Paulo, Brasil: Editora Unesp, 2012].
- Bedau, M.A., & Humphreys, P. (Eds.) (2008). *Emergence: Contemporary readings in philosophy and science*. Cambridge, USA: MIT Press.
- Benkirane, R. (2003). *La complexité, vertiges et promesses: 18 histoires de sciences*. Entretiens avec Edgar Morin, Ilya Prigogine, Francisco Varela...et al. Paris, France: Le Pommier. [A complexidade, vertigens e promessas: 18 histórias de ciência. Tradução: Maria João Reis. Lisboa, Portugal: Edições Piaget, 2004].
- Benkirane, R. (2013). La complexité, le mot du siècle. In R. Benkirane (Ed.), *La complexité, vertiges et promesses: 18 histoires de sciences*. Entretiens avec Edgar Morin, Ilya Prigogine, Francisco Varela... et al. (pp. 1-6). 2e. édition. Paris, France: Le Pommier.



- Bensaude-Vincent, B. (2009). *Les vertiges de la technoscience. Façonner le monde atome par atome*. Paris, France: La Découverte. [As vertigens da tecnociência. Tradução: José Luiz Cazarotto. São Paulo, Brasil: Ideias & Letras, 2013].
- Berger, P.L., & Luckmann, T. (1966). *The social construction of reality. A treatise in the sociology of knowledge*. Garden City, USA: Anchor Books. [Construção social da realidade. Tratado de sociologia do conhecimento. Tradução: Floriano de Souza Fernandes. Petrópolis, Brasil: Editora Vozes, 2014].
- Bergin, T. (2011). *Spills and Spin: The inside story of BP*. London, UK: Random House Business Books.
- Bergson, H. (1913). *L'évolution créatrice*. Disponível em <<http://classiques.uqac.ca>>. [A evolução criadora. São Paulo, Brasil: Editora Unesp, 2010].
- Bertin, E., Gandrillon, O., Beslon, G., Grauwin, S., Jensen, P., & Schabanel, N. (2011). Les complexités: Point de vue d'un institut des systèmes complexes. *Hermès, La Revue*, 60(2), 145-150.
- Bessin, M., Bidart, C., & Grossetti, M. (Eds.) (2010). *Bifurcations. Les sciences sociales face aux ruptures et à l'événement*. Paris, France: La Découverte.
- Bidet, A. (2011). *L'Engagement dans le travail. Qu'est-ce que le vrai boulot?* Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Birkland, T.A. (1998). Focusing events, mobilization, and agenda setting. *Journal of Public Policy*, 18(1), 53-74.
- Bloor, A. (1999). Anti Latour. *Studies in History and Philosophy of Science*, 30(1), 81-112.
- Blumer, H. (1969). *Symbolic interactionism. Perspective and method*. Los Angeles, USA: University California Press.
- Bogg, J., & Geyer, M. (Eds.) (2007). *Complexity, science and society*. Oxford, UK: Radcliffe Publishing.
- Boin, A., & Schulman, P. (2009). Assessing NASA's safety culture: The limits and possibilities of high-reliability theory. *Public Administration Review*, 68(6), 1050-1062.
- Bolle de Bal, M. (2003). Reliance, déliance, liance: Émergence de trois notions sociologiques. *Société*, 80, 99-131.
- Boltanski, L. (1990). Sociologie critique et sociologie de la critique. *Politix*, 3(10-11), 124-134.
- Boltanski, L. (2009). *De la critique. Précis de sociologie de l'émancipation*. Paris, France: Gallimard.
- Bonnaud, L. (2005). Au nom de la loi et de la technique: L'évolution de la figure de l'inspecteur des installations classées depuis les années 1970. *Politix*, 24(69), 131-161.
- Bonneuil, C., & Joly, P.-B. (2013). *Sciences, techniques et société*. Paris, France: La Découverte.
- Booth, R. (2012). How hindsight bias distorts history. An iconoclastic analysis of the Buncefield explosion. Artigo apresentado na *6th Working on Safety Conference*, Sopot, Poland, September 11-14.

- Borraz, O., & Gilbert, C. (2008). Quand l'état prend des risques. In O. Borraz, & V. Guiraudon (Eds.), *Politiques Publiques 1. La France dans la gouvernance européenne* (pp. 337-357). Paris, France: Presses de Sciences Po.
- Borraz, O. & Guiraudon, V. (Eds.) (2008). *Politiques Publiques 1. La France dans la gouvernance européenne*. Paris, France: Presses de Sciences Po.
- Boudon, R. (1979). *La logique du social. Introduction à l'analyse sociologique*. Paris, France: Hachette.
- Boudon, R. (1984). *La place du désordre. Critique des théories du changement social*. Paris, France: Presses Universitaires de France. [O lugar da desordem. Lisboa, Portugal: Gradiva, 1990].
- Boudon, R. (2003). *Ya-t-il encore une sociologie?* Paris, France: Odile Jacob.
- Bourricaud, F. (1977). *L'individualisme institutionnel. Essai sur la sociologie de Talcott Parsons*. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Bourrier, M. (1997). Elements for designing self-correcting organizations: Examples from nuclear power plants. In M. Baram, & A. Hale (Eds.), *Safety management and the challenge of organizational change*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science.
- Bourrier, M. (1999a). *Le nucléaire à l'épreuve de l'organisation*. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Bourrier, M. (1999b). Constructing organisational reliability: The problem of embeddedness and duality. In J. Misumi, B. Wilpert, & R. Miller (Eds.), *Nuclear safety – A human factors perspective* (pp. 25-48). London, UK/Philadelphia, USA: Taylor & Francis Group.
- Bourrier, M. (Ed.) (2001). *Organiser la fiabilité*. Paris, France: L'Harmattan.
- Bourrier, M. (2007). Risques et organisations. In C. Burton-Jeangros, C. Grosse, & V. November (Eds.), *Face au risque* (pp. 159-182). Genève, Suisse: Georg Editeur. (L'Equinoxe – Collection de sciences humaines).
- Bourrier, M. (2011). The legacy of the high reliability organization project. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 19(1), 9-13.
- Bourrier, M., & Laroche, H. (2001). Risque et défaillance: Les approches organisationnelles. In R. Amalberti, C. Fuchs, & C. Gilbert (Eds.), *Risques, erreurs et défaillances: Approche interdisciplinaire* (pp. 15-51). Grenoble, France: Publications de la MSH-Alpes.
- Boussard V. (Ed.) (2005). *Au nom de la norme. Les dispositifs de gestion entre normes organisationnelles et normes professionnelles*. Paris, France: L'Harmattan.
- Boussard V. (2009). *Sociologie de la gestion. Les faiseurs de performance*. Paris, France: Éditions Belin.
- Bryant, A. (2009). Grounded theory and pragmatism: The curious case of Anselm Strauss. *Forum: Qualitative Social Research*, 10(3), art 2.
- Bunge, M. (2003). *Emergence and convergence: Qualitative novelty and the unity of knowledge*. Toronto, Canada: University of Toronto Press.
- Burawoy, M. (1998). The extended case method. *Sociological Theory*, 16(1), 4-33.

- Cacciabue, P.C., & Hollnagel, E. (1995). Simulation of cognition: applications. In J.-M. Hoc, P.C. Cacciabue, & E. Hollnagel (Eds.), *Expertise and technology: Cognition and human-computer cooperation* (pp. 55-73). London, UK: Lawrence Erlbaum Associates.
- Callon, M., & Latour, B. (1992). Don't throw the baby out with the bath school! A reply to Collins and Yearley. In A. Pickering (Ed.), *Science as practice and culture* (pp. 343-368). Chicago, USA/London, UK: University of Chicago Press.
- Cassé, M., & Morin, E. (2003). *Enfants du ciel: Entre vide, lumière, matière*. Paris, France: Odile Jacob. [*Filhos do céu: Entre vazio, luz e matéria*. 1a. edição. Rio de Janeiro, Brasil: Bertrand Brasil, 2008].
- Castellani, B., & Hafferty, F. (2009). *Sociology and complexity science: A new field of inquiry*. Berlin, Germany: Springer.
- Castells, M. (1999a). *Le pouvoir de l'identité. L'ère de l'information*, 2. Paris, France: Fayard. [*O poder da identidade. A era da informação: Economia, sociedade e cultura*, vol. 2. 9a. edição. São Paulo, Brasil: Paz & Terra, 2018].
- Castells, M. (1999b). *Fin de millénaire. L'ère de l'information*, 3. Paris, France: Fayard. [*Fim de milênio – A era da informação*, vol. 3. São Paulo, Brasil: Paz e Terra, 2020].
- Castells, M. (2001). *La société en réseaux. Nouvelle édition. L'ère de l'information*, 1. Paris, France: Fayard. [*A sociedade em rede. A era da informação: Economia, sociedade e cultura*, vol. 1. 23a. edição. São Paulo, Brasil: Paz & Terra, 2013].
- Cefaï, D. (2003). *L'enquête de terrain*. Paris, France: La Découverte.
- Ceruti, M. (1994/1986). *Constraints and possibilities. The evolution of knowledge and the knowledge of evolution*. London, UK: Routledge.
- Chaisson, E. (1980). *Cosmic dawn: The origins of matter and life*. Boston, USA: Little Brown & Company. [*A aurora cósmica: As origens da matéria e da vida*. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Francisco Alves, 1984].
- Chaisson, E. (2000). *Cosmic evolution: The rise of complexity in nature*. Cambridge, USA: Harvard University Press.
- Chemical Safety and Hazard Investigation Board. (2007). *Investigation report. Refinery explosion and fire. BP Texas City*. March 23, 2005.
- Chief Counsel's Report. (2011). *Macondo. The Gulf oil disaster*. Washington, D.C., USA: National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling.
- Clark, A. (1997). *Being there: Putting brain, body and world together again*. Cambridge, USA: MIT Press.
- Clark, A. (2008). *Supersizing the mind. Embodiment, action, and cognitive extension*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Claverie, B. (2010). Pluri-, inter-, transdisciplinarité: Ou le réel décomposé en réseaux de savoir. *Projectique*, 2010/1, 4, 5-27.
- Clayton, P. (Ed.) (2006). *The re-emergence of emergence: The emergentist hypothesis from science to religion*. Oxford, UK: Oxford University Press.

- Collins, H., & Pinch, T. (1998). *The Golem at large: What you should know about technology*. Cambridge, USA: Cambridge University Press. [O golem à solta. O que você deveria saber sobre tecnologia. 1a. edição. Belo Horizonte, Brasil: Fabrefactum, 2010].
- Collins, H.M., & Yearley, S. (1992). Epistemological chicken. In A. Pickering (Ed.), *Science as practice and culture* (pp. 301-326). Chicago, USA: University of Chicago Press.
- Columbia Accident Investigation Board. (2003).
- Cometti, J.-P. (2010). *Qu'est-ce que le pragmatisme?* Paris, France: Gallimard.
- Conein, B., & Jacopin, E. (1994). Action située et cognition. Le savoir en place. *Sociologie du Travail*, 36, 475-500.
- Coppens, Y., & Picq, P. (Eds.) (2002). *Aux origines de l'humanité. 2 volumes*. Paris, France: Fayard.
- Corcuff, P. (2004). *Les nouvelles sociologies. Entre le collectif et l'individuel*. Paris, France: Armand Colin.
- Crandall, B., Klein, G., & Hoffman, RR. (2006). *Working minds: A practitioner's guide to cognitive task analysis*. Cambridge, USA: MIT Press.
- Crombie, A. (2008/1996). Styles et traditions de la science occidentale. In J.-F. Braunschtein (Ed.), *L'histoire des sciences. Méthodes, styles et controverses* (pp. 273-286). Paris, France: Librairie Philosophique J. Vrin.
- Crozier, M. (1963). *Le phénomène bureaucratique*. Paris, France: Le Seuil. [O fenômeno burocrático. Brasília, Brasil: UnB, 1981].
- Crozier, M., & Friedberg, E. (1977). *L'acteur et le système*. Paris, France: Le Seuil.
- Cusset, F. (2003). *French theory. Foucault, Derrida, Deleuze, & Cie et les mutations de la vie intellectuelle aux États-Unis*. Paris, France: La Découverte. [Filosofia francesa: A influência de Foucault, Derrida, Deleuze & Cia. Tradução: Fátima Murad. Porto Alegre, Brasil: Artmed, 2008].
- Cyrulnik, B. (2011). Rien n'est plus simple qu'une pensée complexe. *Hermès, La Revue. Edgar Morin, aux risques d'une pensée libre*, 2(60), 39-42.
- Daniel, J.-Y. (Ed.) (2006). *Sciences de la terre et de l'univers*. Paris, France: Vuibert.
- Daniellou, F. (1986). *La vanne, l'acteur et l'écran. L'ergonomie des salles de contrôle*. Lyon, France: ANACT.
- Daniellou, F. (2012). Les facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle: des questions pour progresser. *Cahiers de la Sécurité Industrielle*, 2012-03. Toulouse, France: Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle.
- Daniellou, F. (Ed.) (2015/1996). *L'ergonomie en quête de ses principes*. 2ed. édition revue et augmentée. Toulouse, France: Octarès.
- Darbellay, F. (2011). Vers une théorie de l'interdisciplinarité? Entre unité et diversité. Nouvelles perspectives en sciences sociales. *Revue Internationale de Systémique Complexe et d'Études Relationnelles*, 7(1), 65-87.
- Darbellay, F. (Ed.) (2012). *La circulation des savoirs. Interdisciplinarité, concepts nomades, analogies, métaphores*. Bern, Berlin, Bruxelles, Frankfurt am Main, New York, Oxford, Wien: Peter Lang.

- De Ricqlès, A. (2005). L'évolution selon Gould. L'histoire de la vie. Les grandes étapes de l'évolution. *Les Dossiers de La Recherche*, no. 19, Mai-Juillet.
- De Terssac, G. (1992). *Autonomie dans le travail*. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Deacon, T. (2003a). Multilevel selection in a complex adaptive system: The problem of language origins. In B. Weber, & D. Depew (Eds.), *Evolution and learning: The Baldwin effect reconsidered*. Cambridge, USA: MIT Press.
- Deacon, T. (2003b). The hierarchical logic of emergence: Untangling the interdependence of evolution and self-organization. In B. Weber, & D. Depew (Eds.), *Evolution and learning: The Baldwin effect reconsidered* (pp. 81-1-6). Cambridge, USA: MIT Press.
- Debru, C. (Ed.) (2011). *La transdisciplinarité. Comment explorer les nouvelles interfaces*. Paris, France: Hermann.
- Decrop, G., & Gilbert, C. (1993). L'usage des politiques de transition: Le cas des risques majeurs. *Revue Politique et Management Public*, 11(2), 143-157.
- Deep Water. (2011). *The gulf oil disaster and the future of offshore drilling*. Report to the president. National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling. Disponível em <<https://www.govinfo.gov/content/pkg/GPO-OILCOMMISSION/pdf/GPO-OILCOMMISSION.pdf>>.
- Dekker, S. (2002a). *The field guide to human error investigations*. Aldershot, UK: Ashgate.
- Dekker, S. (2002b). Reconstructing human contributions to accidents: The new view on error and performance. *Journal of Safety Research*, 33(3), 371-385.
- Dekker, S. (2004). *Ten questions about human error. A new view of human factors and system safety (human factors in transportation)*. London, UK: CRC Press.
- Dekker, S. (2007). *Just culture. Balancing safety and accountability*. Aldershot, UK: Ashgate.
- Dekker, S. (2011). *Drift into failure. From hunting broken components to understanding complex systems*. Aldershot, UK: Ashgate.
- Dennett, D. (1995). *Darwin's dangerous idea: Evolution and the meanings of life*. New York, USA: Simon and Schuster. [A perigosa ideia de Darwin. A evolução e os significados da vida. Tradução: Talita M. Rodrigues. Rio de Janeiro, Brasil: Rocco, 1998].
- Dewey, J. (1958). *Experience and nature*. New York, USA: Dover Publications.
- Donald, M. (1993). Human cognitive evolution: What we were, what we are becoming. *Social Research*, 60(1), 143-170.
- Donald, M. (2004). The virtues of rigorous interdisciplinarity. In J.M. Lucariello, J.A. Hudson, R. Fivush, & P.J. Bauer (Eds.), *The development of the mediated mind. Sociocultural context and cognitive development* (pp. 245-257). Mahwah, USA: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Donaldson, L. (1992). The Weick stuff: Managing beyond games. *Organization Science*, 3(4), 461-466.
- Dosse, F. (2010). *Renaissance de l'événement. Un défi pour l'historien: Entre Sphinx et Phénix*. Paris, France: Presses Universitaires de France. [Renascimento do acontecimento. Um

- desafio para o historiador: Entre Esfinge e Fênix*. Tradução: Constanca Morel. 1a. edição. São Paulo, Brasil: Editora Unesp, 2013].
- Douglas, M., & Wildavsky, A.B. (1982). *Risk and culture: An essay on the selection of technical and environmental dangers*. Berkeley, USA: University of California Press. [Risco e cultura: Um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais. Tradução: Cristiana de Assis Serra. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier Brasil, 2012].
- Downer, J. (2011). “737-Cabriolet”: The limits of knowledge and the sociology of inevitable failure. *American Journal of Sociology*, 117(3), 725-762.
- Dupré, J. (2001). *Human nature and the limits of science*. Oxford, UK: Clarendon Press.
- Dupré, M., & Le Coze, J.-C. (2014). *Réactions à risque – Regards croisés sur la sécurité dans la chimie*. Paris, France: Lavoisier.
- Dupré, M., Etienne, J., & Le Coze, J.-C. (2009). L’interaction régulateur régule: Considérations à partir du cas d’une entreprise Seveso II seuil haut. *Annales des Mines: Gérer et comprendre*, 97, 16-27.
- Dupuy, F. (2011). *Lost in management. La vie quotidienne des entreprises au XXIe siècle*. Paris, France: Le Seuil.
- Dupuy, J.-P. (1981). *Ordres et désordres. Enquête sur un nouveau paradigme*. Paris, France: Le Seuil.
- Dupuy, J.-P. (1999). *Aux origines des sciences cognitives*. Paris, France: La Découverte. [Nas origens das ciências cognitivas. São Paulo, Brasil: Editora Unesp, 1996].
- Embrey, D.E. (1992). Incorporating management and organisational factors into probabilistic safety assessment. *Reliability Engineering and System Safety*, 38(1/2), 199-208.
- Evan, M.W., & Manion, M. (2002). *Minding the machines. Preventing technological disasters*. Upper Saddle River, USA: Prentice Hall PTR.
- Fagot-Largeault, A. (2002). L’émergence. In D. Andler, A. Fagot-Largeault, & B. Saint-Sernin, (Eds.), *Philosophie des sciences, vol. II* (pp. 939-1048). Paris, France: Galilimard. (Collection Folio essais). [Filosofia da ciência II. São Paulo, Brasil: Atlântica, 2005].
- Farjoun, M. (2005). History and policy at the space shuttle program. In H.W. Starbuck, & M. Farjoun (Eds.), *Organization at the limit. Lessons from the Columbia disaster* (pp. 21-40). Malden, USA: Blackwell Publishing.
- Farjoun, M., & Starbuck, W.H. (2005). Lessons from the Columbia disaster. In H.W. Starbuck, & M. Farjoun (Eds.), *Organization at the limit. Lessons from the Columbia disaster* (pp. 349-362). Malden, USA: Blackwell Publishing.
- Farjoun, M., & Starbuck, W.H. (2007). Organizing at and beyond the limits. *Organization Studies*, 28(4), 541-566.
- Faverge, J.-M. (1970). L’homme agent d’infiabilité et de fiabilité du processus industriel. *Ergonomics*, 13(3), 301-327.
- Feenberg, A. (1999). *Questioning technology*. London, UK and New York, USA: Routledge.
- Feenberg, A. (2006). Symmetry, asymmetry, and the real possibility of radical change: Reply to Kochan. *Studies in History and Philosophy of Science*, 37(4), 721-727.

- Ferrarese, E. (2007). *Niklas Luhmann. Une introduction*. Paris, France: Agora.
- Ferris, T. (1992). *Histoire du cosmos de l'antiquité au big bang*. Paris, France: Pluriel. [O despertar na Via Láctea – Uma história da astronomia. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Campus, 1990].
- Feyerabend, P.K. (1975). *Contre la méthode. Esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance*. Paris, France: Le Seuil. [Contra o método. 2a. edição. Tradução: Cezar A. Mortari. São Paulo, Brasil: Editora Unesp, 2011].
- Fischhoff, B. (1975). Hindsight  $\neq$  foresight: The effect of outcome knowledge on judgment under uncertainty. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1(3), 288-299.
- Fleck, L. (2008/1935). Observation scientifique et perception en général. In J.F. Braunschtein (Ed.), *L'histoire des sciences, méthodes, styles et controverses* (pp. 246-272). Paris, France: Librairie Philosophique J. Vrin.
- Fox Keller, E. (2010). *The mirage of a space between nature and nurture*. Duke, USA: Duke University Press.
- Fressoz, J.-B. (2012). *L'apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*. Paris, France: Le Seuil.
- Fressoz, J.-B. (2014). Autoriser, normaliser et compenser: La régulation de l'industrie chimique au XIXe siècle. In M. Dupré, & J.C. Le Coze, *Réactions à risque. Regards croisés sur la sécurité dans la chimie* (pp. 43-50). Paris, France: Lavoisier.
- Friedberg, E. (1993). *Le pouvoir et la règle. Dynamiques de l'action organisée*. Paris, France: Le Seuil. [O poder e a regra: Dinâmicas da ação organizada. Tradução: Armando Pereira da Silva. Lisboa, Portugal: Edições Piaget, 1995].
- Galison, P. (1994). The ontology of the enemy: Norbert Wiener and the cybernetic vision. *Critical Inquiry*, 21(1), 228-266.
- Galison, P. (2000). An accident of history. In P. Galison, & A. Roland (Eds.), *Atmospheric flight in the twentieth century* (pp. 3-44). London, UK and Dordrecht, Germany: Kluwer Academic Publishers.
- Galison, P. (2005). *L'empire du temps. Les horloges d'Einstein et les cartes de Poincaré*. Paris, France: Gallimard. (Collection Folio essais). [Os relógios de Einstein e os mapas de Poincaré. Tradução: Nuno Garrido de Figueiredo. Lisboa, Portugal: Gradiva, 2005].
- Gardner, H. (1985). *Histoire de la révolution cognitive. La nouvelle science de l'esprit*. Paris, France: Payot. [Nova ciência da mente. Uma história da revolução cognitiva. Tradução: Cláudia Malbergier Caon. 3a. edição. São Paulo, Brasil: Edusp, 2003].
- Gell-Mann, M. (1995). *Le quark et le jaguar: Voyage au cœur du simple et du complexe*. Paris, France: Flammarion. [O quark e o jaguar. As aventuras no simples e no complexo. Tradução: José Luis Malaquias. 1a. edição. Rio de Janeiro, Brasil: Rocco, 1997].
- Gherardi, S., Nicolini, D., & Odella, F. (1998). What do you mean by safety? Conflicting perspectives on accident causation and safety management in a construction firm. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 6(4), 202-213.

- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny H., Schwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. London, UK: Sage Publications.
- Giddens, A. (1987/1984). *La constitution de la société*. Paris, France: Presses Universitaires de France. [A constituição da sociedade. 3a. edição. São Paulo, Brasil: WMF Martins Fontes, 2009].
- Giddens, A. (1993/1991). *Les conséquences de la modernité*. Paris, France: L'Harmattan. [As consequências da modernidade. Tradução: Raul Fiker. São Paulo, Brasil: Editora Unesp, 2002].
- Gilbert, C. (1995). *Objets 'flous' et action publique: À propos des 'risques majeurs'*. Grenoble, France: C.E.R.A.T. – I.E.P.
- Gilbert, C. (2008). Les risques collectifs: Objet d'une rencontre problématique entre chercheurs et acteurs. *Sociologies Pratiques*, 16, 81-93.
- Gilbert, C., & Bourdeaux, I. (2007). Le risque comme objet de recherche académique. *La revue pour l'histoire du CNRS*, 16. Disponível em <<https://journals.openedition.org/histoire-cnrs/1527>>.
- Gilbert, C., Caille, F., & Lemieux, C. (1998). Des objets à géométrie très variable. Entretien avec Claude Gilbert. *Politix*, 11(44), 29-38.
- Girin, J. (2000). Management et complexité: Comment importer en gestion un concept polysémique? In A. David, A. Hatchuel, & R. Laufer, *Les nouvelles fondations des sciences de gestion. Éléments d'épistémologie de la recherche en management* (pp. 125-140). Paris, France: Vuibert Fnege.
- Glaser, B.G., & Strauss, A.L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. New York, USA: AldineTransaction.
- Gleick, J. (1987). *Chaos. Making a new science*. New York, USA: Viking Penguin Inc. [Caos. A criação de uma nova ciência. 8a. edição. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier, 2006].
- Glendon A.I., & Stanton, N.A. (2000). Perspectives on safety culture. *Safety Science*, 34(1-3), 193-214.
- Goodman, P.S., Ramanujam, R., Carroll, J.S., Edmondson, A.C., Hofmann, D.A., & Sutcliffe, K.M. (2011). Organizational errors: Directions for future research. *Research in Organizational Behavior*, 31, 151-176.
- Goodstein, L.P., Andersen, H.B. & Olsen, S.E. (Eds.) (1988). *Tasks, errors, and mental models. A festschrift to celebrate the 60th birthday of professor Jens Rasmussen*. London, UK: Taylor & Francis Group.
- Goodwin, C., & Goodwin, M.H. (1996). Seeing as situated activity: Formulating planes. In Y. Engeström, & D. Middleton (Eds.), *Cognition and communication at work* (pp. 61-95). New York, USA: Cambridge University Press.
- Gould, S.J. (1991). *La vie est belle*. Paris, France: Le Seuil. [Vida maravilhosa. Tradução: Paulo César de Oliveira. São Paulo, Brasil: Companhia das Letras: 1990].
- Gould, S.J. (2003). *Le renard et le hérisson*. Paris, France: Le Seuil.
- Gouldner, A.W. (1954). *Patterns of industrial bureaucracy*. New York, USA: Free Press.



- Gras, A. (1993). *Grandeur et dépendance. Sociologie des macro-systèmes techniques*. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Grosjean, M. (2004). L'awareness à l'épreuve des activités dans les centres de coordination. *@ctivités, Association Recherches et Pratiques sur les ACTivités*, 2(1), 76-98.
- Grossetti, M. (2004). *Sociologie de l'imprévisible. Dynamiques de l'activité et des formes sociales*. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Guarnieri, F. (2003). Acquis, tendances et perspectives d'une science des dangers. *Annales des Mines*, mai, 12-17.
- Guillo, D. (2000). *Sciences sociales et sciences de la vie*. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Guldenmund, F.W. (2000). The nature of safety culture: A review of theory and research. *Safety Science*, 34(1-3), 215-257.
- Haavik, T.K. (2011). On components and relations in sociotechnical systems. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 19(2), 99-109.
- Habermas, J. (1976). *Connaissance et intérêt*. Paris, France: Gallimard. [*Conhecimento e interesse*. São Paulo, Brasil: Editora Unesp, 2014].
- Hacking, I. (1999). *Entre science et réalité. La construction sociale de quoi?* Paris, France: La Découverte.
- Hacking, I. (2008). Style pour historiens et philosophes. In J.F. Braunstein (Ed.), *L'histoire des sciences. Méthodes, styles et controverses* (pp. 287-320). Paris, France: Librairie Philosophique J. Vrin.
- Hale, A. (2006). *Method in your madness: System in your safety*. Delft, The Netherlands: TU Delft.
- Hale, A.R. (1999). Assessment of safety management systems. Comunicação apresentada na 2nd International Conference on Ergonomics, Occupational Safety and Hygiene. Braga, Portugal. 27-28 May 1999.
- Hale, A.R. (2000). Culture's confusions. *Safety Science*, 34(1-3), 1-14 (Editorial for the special issue on safety culture and safety climate).
- Hale, A.R. (2003). Safety management in production. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 13(3), 185-201.
- Hale, A.R., & Glendon, A.I. (1987). *Individual behavior in the control of danger*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Hale, A.R., & Hovden, J. (1998). Management and culture: The third age of safety. A review of approaches to organizational aspects of safety, health and environment. In A.M. Feyer, A. Williamson, *Occupational Injury. Risk, prevention and intervention* (pp. 85-201). London, UK: Taylor & Francis Group.
- Hanson, N.R. (1959). *Pattern of discovery. An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge, USA: Cambridge University Press.
- Harms-Ringdhal, L. (2009). Analysis of safety functions and barriers in accidents. *Safety Science*, 47, 353-363.

- Haukelid, K. (2008). Theories of (safety) culture revisited – An anthropological approach. *Safety Science*, 46(3), 413–426.
- Heath, C., & Luff, P. (1992). Collaboration and control: Crisis management and multi-media technology in London Underground line control rooms. *Computer Supported Cooperative Work*, 1, 69–94.
- Heath, C., Knoblauch, H., & Luff, P. (2000). Technology and social interaction: The emergence of ‘workplace studies’. *British Journal of Sociology*, 51(2), 299–320.
- Heidegger, M. (1956). *Essays et conférences*. Paris, France: Gallimard.
- Heisenberg, W. (1972/1969). *La partie et le tout*. Paris, France: Flammarion. [A parte e o todo. 1a. edição. Rio de Janeiro, Brasil: Contraponto Editora, 2007].
- Hempel, C. (1972/1966). *Eléments d'épistémologie*. Paris, France: Armand Colin. [*Filosofia da ciência natural*. Rio de Janeiro, Brasil: Zahar, 1970].
- Hermès, La Revue (2011). *Edgar Morin, aux risques d'une pensée libre*, 2, 60.
- Heylinghen, F., Cilliers, P., & Gershenson, C. (2007). Complexity and philosophy. In J. Bogg, & R. Geyer (Eds.), *Complexity, science and society*. Oxford: Radcliff.
- Hibou, B. (2012). *La bureaucratisation du monde à l'ère néolibérale*. Paris, France: La Découverte.
- Hilgartner, S. (1992). The social construction of risk objects: Or, how to pry open networks of risk. In J.F. Short, & L. Clarke (Eds.), *Organizations, uncertainties and risks* (pp. 34–53). Boulder, USA: Westview Press.
- Hollnagel, E. (1993). *Human reliability analysis: Context and control*. London, UK: Academic Press.
- Hollnagel, E. (1998). *Cognitive reliability and error analysis method (CREAM)*. London, UK: Elsevier.
- Hollnagel, E. (2004). *Barriers and accident prevention*. Aldersghot, UK: Ashgate.
- Hollnagel, E., Woods, D.D., & Leveson, N. (Eds.) (2006). *Resilience engineering: Concepts and precepts*. Aldersghot, UK: Ashgate.
- Hood, C., Rothstein, H., & Baldwin, R. (2001). *The government of risk: Understanding risk regulation regimes*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Hood, C., Rothstein, H., Baldwin, R., Rees, J., & Spackman, M. (1999). Where risk society meets the regulatory state: Exploring variations in risk regulation regimes. *Risk Management*, 1(1), 21–34.
- Hopkins, A. (2000). *Lessons learnt from Longford. The Esso gas plant explosion*. Sydney, Australia: CCH Australia Limited.
- Hopkins, A. (2001). Was Three Miles Island a ‘normal accident’? *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 9(2), 65–72.
- Hopkins, A. (2005). *Safety, culture and risk*. Sydney, Australia: CCH Australia Limited.
- Hopkins, A. (2006). Studying organisational cultures and their effects on safety. *Safety Science*, 44(10), 875–889.
- Hopkins, A. (2008). *Failure to learn: The BP Texas City refinery disaster*. Sydney, Australia: CCH Australia Limited.

- Hopkins, A. (Ed.) (2009). *Learning from high reliability organisations*. Sydney, Australia: CCH Australia Limited.
- Hopkins, A. (2012). *Disastrous decisions: The human and organisational causes of the Gulf of Mexico blowout*. Sydney, Australia: CCH Australia Limited.
- Hudson, P. (2007). Implementing a safety culture in a major multi-national. *Safety Science*, 45(6), 697-722.
- Hughes, T. (1989). *American genesis. A century of invention and technological enthusiasm, 1870-1970*. New York, USA: Penguin Books.
- Hughes, T. (1998). *Rescuing Prometheus. Four monumental projects that changed the modern world*. New York, USA: Vintage books.
- Hughes, T.P. (2005). *Human-built world. How to think about technology and culture*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- Hutchins, E. (1990). The technology of team navigation. In J. Galegher, R.E. Kraut, & C. Egido, *Intellectual teamwork: Social and technological foundations of cooperative work* (pp. 191-221). Hillsdale, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hutter, B.M. (2001). Is enforced self-regulation a form of risk taking?: The case of railway health and safety. *International Journal of the Sociology of Law*, 29(4), 370-400.
- Hutter, B.M. (2006). Risk, regulation and management. In P. Taylor-Goody, & J. Zinn (Eds.), *Risk in social science*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Jablonka, E., & Lamb, M.J. (2005). *Evolution in four dimensions. Genetic, epigenetic, behavioral and symbolic variation in the history of life*. Cambridge, USA: MIT Press. [Evolução em quatro dimensões. Tradução: Claudio Angelo. São Paulo, Brasil: Companhia das Letras, 2010].
- Jacob, P. (Ed.) (1980). *De Vienne à Cambridge. L'héritage du positivisme logique de 1950 à nos jours*. Paris, France: Gallimard.
- Jantsch, E. (1977). *The self-organizing universe. Scientific and human implications of the emerging paradigm of evolution*. New York, USA: Pergamon Press.
- Jasanoff, S. (1986). *Risk management and political culture*. New York, USA: Russell Sage Foundation.
- Jasanoff, S. (1990). *The fifth branch. Science advisers as policymakers*. Cambridge, USA: Harvard University Press.
- Jasanoff, S. (1993). Bridging the two cultures of risk analysis. *Risk Analysis*, 13(2), 123-129.
- Jervis, R. (1997). *System effects: Complexity in political and social life*. Princeton, USA: Princeton University Press.
- Joas, H. (1999). *La créativité de l'agir*. Paris, France: Éditions du Cerf.
- Johnson, W.G. (1973). The Management Oversight and Risk Tree – MORT: Including systems developed by the Idaho Operations Office and Aerojet Nuclear Company. Disponível em <<https://www.nri.eu.com/SAN8212.pdf>>.
- Kahane, J.-P. (2011). Notions de discipline: Pluridisciplinarité, interdisciplinarité transdisciplinarité. In C. Debru (Ed.), *La transdisciplinarité. Comment explorer les nouvelles interfaces* (pp. 19-26). Paris, France: Hermann.

- Kervern, G.-Y. (1995). *Éléments fondamentaux des Cindyniques*. Paris, France: Économica. [Elementos fundamentais das ciências cindínicas: Compreender e prever os acidentes e catástrofes. Lisboa, Portugal: Edições Piaget, 2016].
- Kervern, G.-Y., Rubise, P., & Laborit, H. (1991). *L'archipel du danger. Introduction aux cindyniques*. Paris, France: Économica.
- Keucheyan, R. (2012). Comment peut-on être constructiviste? Sur le constructivisme dans les sciences sociales. In G. Bronner, & R. Keucheyan (Eds.), *La théorie sociale contemporaine* (pp. 67-80). Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Kirwan, B. (1994). *A guide to practical human reliability assessment*. London, UK: CRC Press.
- Kirwan, B. (1998). Safety management assessment and task analysis – A missing link? In A. Hale, & M. Baram (Eds.), *Safety management: The challenge of change* (pp. 67-92). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science.
- Kirwan, B., Hale, A., & Hopkins, A. (2002). *Changing regulation: Controlling risks in society*. London, UK: Pergamon.
- Klein, G. (1997). *Sources of power. How people make decisions*. Cambridge, USA: MIT Press. [Fontes do poder. O modo como as pessoas tomam decisões. 1a. edição. Lisboa, Portugal: Edições Piaget, 2001].
- Klein, G. (2004). *Streetlights and shadows. Searching for the keys to adaptive decision making*. Cambridge, USA: MIT Press.
- Klein, J.T. (2010). Une taxinomie de l'interdisciplinarité. *Nouvelles perspectives en sciences sociales*, 7(1), 15-48.
- Kletz, T.A. (1983). *Hazop and Hazan: Notes on the identification and assessment of hazards*. Rugby, UK: Institution of Chemical Engineers.
- Knorr-Cetina, K., & Cicourel, A.V. (Eds.) (1981). *Advances in social theory and methodology. Toward an integration of micro-and macro-sociologies*. Boston, USA: Routledge and Kegan Paul.
- Krimsky, S., & Golding, D. (Eds.) (1992). *Social theories of risk*. London, UK: Greenwood Publishing Group.
- Kuhn, T. (1962). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris, France: Flammarion. [A estrutura das revoluções científicas. 13a. edição. São Paulo, Brasil: Perspectiva, 2017].
- La Porte, T.R. (1975). Organized social complexity as an analytical problem: An introduction and explication. In T.R. La Porte (Ed.), *Organized social complexity: Challenge to politics and policy* (pp. 3-39). Princeton, USA: Princeton University Press.
- La Porte, T.R. (1981). Design and management of nearly error free safety. In D. Sills (Ed.), *Social science aspects of the accident at the Three Mile Island* (pp. 185-200). Colorado, USA: Westview press.
- La Porte, T.R., & Consolini, P.M. (1991). Working in practice but not in theory: Theoretical challenges of "high-reliability organizations". *Journal of Public Administration Research and Theory*, 1(1), 19-48.
- Lacoumes, P. (1987). De l'atteinte à la prévention des risques industriels. Réglementation des installations classées et développement d'une 'magistrature technique'. In

- C. Dourlens, J.P. Galland, J. Gheys, & P.A. Vidal-Nauquet, *Conquête de la sécurité, gestion des risques* (pp. 65-86). Paris, France: L'Harmattan.
- Laflamme, S. (2011). Recherche interdisciplinaire et réflexion sur l'interdisciplinarité. *Nouvelles Perspectives en Sciences Sociales*, 7(1), 49-64.
- Lagadec, P. (1979). Faire face aux risques technologiques. *La Recherche*, 10(105), 1146-1153.
- Lagadec, P. (1981). *Le risque technologique majeur. Politique, risque et processus de développement*. London, UK: Pergamon Press.
- Lagadec, P. (1991). *La gestion des crises. Outils de réflexion à l'usage des décideurs*. Paris, France: McGraw Hill.
- Lagadec, P. (2003). Risques, crises et gouvernance: Ruptures d'horizons, ruptures de paradigmes. *Annales des Mines*, numéro spécial: "Sciences et génie des activités à risques", Mai, 5-11.
- Lahire, B. (Ed.) (2004). *À quoi sert la sociologie?* Paris, France: La Découverte.
- Lakatos, I., & Musgrave, A. (1970). Criticism and the growth of knowledge. *Anais do International Colloquium in the Philosophy of Science, London, 1965, volume 4*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lallement, M. (2007). *Le travail: Une sociologie contemporaine*. Paris, France: Gallimard. (Collection Folio essais).
- Lallement, M. (2008). *Sociologie des relations professionnelles*. Paris, France: La Découverte.
- Larrère, C., & Larrère, R. (1997). *Du bon usage de la nature: Pour une philosophie de l'environnement*. Paris, France: Flammarion.
- Latour, B. (1984). *Pasteur: Guerre et paix des microbes. Suivi de irréductions*. Paris, France: La Découverte.
- Latour, B. (1985). Les 'Vues' de l'Esprit: Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques. *Culture Technique*, 14, 5-29.
- Latour, B. (1986). Visualization and cognition: Thinking with eyes and hands. In H. Kuklick (Ed.), *Knowledge and society: Studies in the sociology of culture past and present*, 6 (pp. 1-40). Stamford, USA: Jai Press Inc.
- Latour, B. (1987). *La science en action. Introduction à la sociologie des sciences*. Paris, France: La Découverte. [Ciência em ação. Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. 2a. edição. São Paulo, Brasil: Editora Unesp, 2012].
- Latour, B. (1991). *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*. La Découverte. [Jamais fomos modernos: Ensaio de antropologia simétrica. Tradução: Carlos Irineu da Costa. 1a. edição. São Paulo, Brasil: Editora 34, 2019].
- Latour, B. (1992). *Aramis ou l'amour des techniques*. Paris, France: La Découverte.
- Latour, B. (1999a). For David Bloor... and beyond: A reply to David Bloor's 'Anti-Latour'. *Studies in History and Philosophy of Science*, 30(1), 113-129.
- Latour, B. (1999b). *L'espoir de Pandore. Pour une vision réaliste de l'activité scientifique*. Paris, France: La Découverte. [A esperança de Pandora. Ensaio sobre a realidade dos

- estudos científicos*. Tradução: Gilson Cesar Cardoso de Sousa. 1a. edição. São Paulo, Brasil: Editora Unesp, 2017].
- Latour, B. (2009). Spheres and networks: Two ways to interpret globalization. *Harvard Design Magazine*, 30, Spring/Summer, 138-144.
- Latour, B. (2010). *Cogitamus. Six lettres sur les humanités scientifiques*. Paris, France: La Découverte. [*Cogitamus. Seis cartas sobre as humanidades científicas*. 1a. edição. São Paulo, Brasil: Editora 34, 2016].
- Latour, B. (2012). *Enquête sur les modes d'existence. Une anthropologie des modernes*. Paris, France: La Découverte. [*Investigação sobre os modos de existência. Uma antropologia dos modernos*. 1a. edição. Petrópolis, Brasil: Editora Vozes, 2019].
- Latour, B., & Ewald F. (2003). *Un monde pluriel mais commun*. La Tour-d'Aigues, France: Éditions de l'Aube.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1978). *La vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*. Paris, France: La Découverte. [*A vida de laboratório. A produção dos fatos científicos*. 1a. edição. Tradução: Angela Ramalho Vianna. Rio de Janeiro, Brasil: Relume-Dumará, 1997].
- Laughlin, R.B. (2005). *A different universe: Reinventing physics from the bottom down*. New York, USA: Basic Books. [*Um universo diferente. Reinventar a física na era da emergência*. Lisboa, Portugal: Gradiva, 2008].
- Laurent, A. (2003). *Sécurité des procédés chimiques. Connaissances de base et méthodes d'analyses de risques*. Paris, France: Lavoisier, Éditions Tec & Doc.
- Le Coze, J.-C. (2005). Are organisations too complex to be integrated in technical risk assessment and current safety auditing? *Safety Science*, 43(8), 613-638.
- Le Coze, J.-C. (2008a). Disasters and organisations: From lessons learnt to theorising. *Safety Science*, 46(1), 132-149.
- Le Coze, J.-C. (2008b). BP Texas city accident: Weak signal or sheer power? In E. Hollnagel, & E. Rigaud (Eds.), *Anais do Third Symposium on Resilience Engineering, October 28-30, 2008 Antibes - Juan-les-Pins, France* (pp. 185-194). Paris, France: Les Presses Mines ParisTech.
- Le Coze, J.-C. (2008c). Complexity and learning from accidents. In *Learning from accidents: An anthology based on thoughts and ideas from young research fellows*. Karlstad, Sweden: Swedish Rescue Services Agency.
- Le Coze, J.-C. (2010). Accident in a French dynamite factory: An example of organisational investigation. *Safety Science*, 48(1), 80-90.
- Le Coze, J.-C. (2012). Towards a constructivist program in safety. *Safety Science*, 50(9), 1873-1887.
- Le Coze, J.-C. (2013a). New models for new times. An anti dualist move. *Safety Science*, 59, 200-218.
- Le Coze, J.-C. (2013b). What have we learned about learning from accidents? Post-disasters reflections. *Safety Science*, 51(1), 441-453.

- Le Coze, J.-C. (2013c). Outlines of a sensitising model for industrial safety assessment. *Safety Science*, 51(1), 187-201.
- Le Coze, J.-C. (2015). Reflecting on Jens Rasmussen's legacy. A strong program for a hard problem. *Safety Science*, 71, Part B, 123-141.
- Le Coze, J.-C., Pettersen, K., & Reiman, T. (2014). The foundations of safety science. *Safety Science*, 67, 1-5.
- Le Moigne, J.-L. (1999). *La modélisation des systèmes complexes*. Paris, France: Dunod.
- Le Moigne, J.-L. (2003). Complexité. In D. Lecourt (Ed.), *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Le Moigne, J.-L. (2007). *Les épistémologies constructivistes. Que sais-je?* Paris, France: Presses Universitaires de France. [O construtivismo, volume I – Dos fundamentos e volume II – Das epistemologias. Lisboa, Portugal: Edições Piaget, 1999].
- Le Monde. (2010). *Edgar Morin. Le philosophe indiscipliné*. Itinéraire d'un penseur sans frontières, par Nicolas Truong. (Hors-série).
- Le Roux, T. (2011). Accidents industriels et régulation des risqués: L'explosion de la poudrière de Grenelle en 1794. *Revue d'Histoire Moderne et Contemporaine*, 58-3, 34-62.
- Lemieux, E. (2008). *Edgar Morin. L'indiscipliné*. Paris, France: Le Seuil.
- Leplat, J. (1985). *Erreur humaine, fiabilité humaine dans le travail*. Paris, France: A. Colin.
- Leplat, J. (1986). L'analyse psychologique du travail. *Revue de Psychologie Appliquée*, 31(1), 9-27.
- Leplat, J. (2003). La modélisation en ergonomie à travers son histoire. In J.-C. Sperandio, & M. Wolff (Eds.), *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie* (pp 1-26). Paris, France: Presses Universitaires de France. (Coll. Le travail humain).
- Leplat, J. (2006). La notion de régulation dans l'analyse de l'activité. *Perspectives Interdisciplinaires sur le Travail et la Santé*, 8(1).
- Leplat, J. (2015/1996). Quelques aspects de la complexité en ergonomie. In F. Danielou (Ed.), *L'ergonomie en quête de ces principes* (pp. 51-68). Toulouse, France: Octarès Éditions.
- Leplat, J., & De Terssac, G. (Eds.) (1990). *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*. Toulouse, France: Octarès Éditions.
- Leveson, N. (2004). A new accident model for engineering safer systems. *Safety Science*, 42(4), 237-270.
- Leveson, N., Cutcher-Gershenfeld, J., Carroll, J.S., Barrett, B., Brown, A., Dulac, N., & Marais, K. (2005). Systems approaches to safety: NASA and the space shuttle disasters. In W.H. Starbuck, & M. Farjoun (Eds.), *Organization at the limit. Lessons from the Columbia disaster* (pp. 269-288). Malden, USA: Blackwell Publishing.
- Lewin, R. (1992). *Complexity. Life at the edge of chaos*. Chicago, USA: University of Chicago Press. [Complexidade. A vida no limite do caos. Rio de Janeiro, Brasil: Rocco, 1994].
- Lewontin, R. (2000). *The triple helix. Gene, organism, and environment*. Cambridge, USA: Harvard University Press. [A tripla hélice. Gene, organismo, ambiente. 1a edição. Coimbra, Portugal: Edições 70, 2001].

- Licoppe, C. (2008). Dans le “carré de l’activité”: perspectives internationales sur le travail et l’activité. *Sociologie du Travail*, 50(3), 287-302.
- Llory, M. (1996). *Accidents industriels: Le cout du silence*. Paris, France: L’Harmattan.
- Llory, M. (1999). *L’accident de la centrale nucléaire de Three Mile Island*. Paris, France: L’Harmattan.
- Llory, M., & Montmayeul, R. (2010). *L’accident et l’organisation*. Bordeaux, France: Éditions. Préventique.
- Luhmann, N. (1995/1984). *Social systems*. Redwood City, USA: Stanford University Press. [Sistemas sociais: Esboço de uma teoria geral. Tradução: Antonio C. Luz Costa, Roberto Dutra Torres Junior e Marco Antonio Casanova. 1a. edição. Petrópolis, Brasil: Editora Vozes, 2016].
- Luminet, J.-P. (2004). Qui a inventé le big bang? In Einstein: l’homme qui a inventé l’univers. *Hors-série. Ciel & Espace*, no. 2H, Septembre.
- Lyotard, J.-F. (1979). *La condition postmoderne*. Paris, France: Les Éditions de Minuit. [A condição pós-moderna. 20a. edição. Tradução: Ricardo Correa Barbosa. Rio de Janeiro, Brasil: José Olympio, 2021].
- Malaina, A. (2012). *Le paradigme de la complexité et la sociologie. Possibilité et limites d’une sociologie complexe*. Paris, France: L’Harmattan.
- Malziak, P. (2002). *Les fondements de la biologie: Le XIXe siècle de Darwin, Pasteur et Claude Bernard*. Paris, France: Vuibert.
- Margulis, L., & Sagan, D. (2002). *L’univers bactériel*. Paris, France: Albin Michel. [Microcosmos: Quatro bilhões de anos de evolução de nossos ancestrais microbianos. Tradução: Mirtes Frange de Oliveira Pinheiro. São Paulo, Brasil: Editora Cultrix, 2002].
- Martinais, E. (1996). Gestion du risque industriel et conflits territoriaux, le cas de Saint-Fons, commune de l’agglomération lyonnaise. *Revue de Géographie de Lyon*, 71(1), 31-44.
- Martinais, E. (2010). L’écriture des règlements par les fonctionnaires du ministère de l’Écologie. La fabrique administrative du Plan de prévention des risques technologiques. *Politix*, 90(2), 193-223.
- Martinais, E. (2011). L’évaluation des risques industriels – Une histoire des analyses de risques de 1970 à nos jours. *Les Annales des Mines, Responsabilité et environnement*, 62(2), 51-61.
- Martinais, E., & Chantelauve, G. (2009). Identification et analyse des risques en entreprise: De l’approche déterministe à l’approche probabiliste. In J.-F. Brillhac, & K. Favro (Eds.), *Planifier le risque industriel* (pp. 30-42). Paris, France: Victoires Editions.
- Martuccelli, D. (2004). Sociologie et posture critique. In B. Lahire (Ed.), *À quoi sert la sociologie?* (pp. 137-154). Paris, France: La Découverte.
- Maturana, H.R., & Varela, F.J. (1987). *The tree of knowledge: The biological roots of human understanding*. Boston, USA: Shambhala. [A árvore do conhecimento. 8a. edição. São Paulo, Brasil: Palas Athena, 2001].



- Mauss, M. (1968/1923-1924). *Essai sur le don. Forme et raison de l'échange dans les sociétés archaïques*. Paris, France: Presses Universitaires de France. [Ensaio sobre a dádiva. Coimbra, Portugal: Edições 70, 2008 / São Paulo, Brasil: Ubu Editora, 2018].
- May, P.-J. (2002). Social regulation. In L.M. Salamon (Ed.), *The tools of government: A guide to the new governance* (pp. 156-185). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Mayer, P. (2003). *Challenger. Les ratages de la décision. La gestion manquée d'un risque majeur*. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Mayer, P. (2007). L'organisation détraquée. *Revue Française de Gestion*, 33(173), 69-83.
- Maynard Smith, J., & Szathmáry, E. (1999). *The origins of life: From the birth of life to the origin of language*. Oxford, UK: Oxford University Press. [As origens da vida. Do nascimento da vida às origens da linguagem. Lisboa, Portugal: Gradiva, 2007].
- Mead, G.H. (1934). *Mind, self and society*. Chicago, USA: University of Chicago Press. [Mente, self e sociedade: Edição definitiva. Tradução: Maria Sílvia Mourão. 1a. edição. Petrópolis, Brasil: Editora Vozes, 2021].
- Merle, I. (2014). Qualité, prix, délais et sécurité: Comment concilier l'inconciliable dans une usine chimique innovante? In M. Dupré, & J.-C. Le Coze (Eds.), *Réactions à risque. Regards croisés sur la sécurité industrielle dans la chimie*. Paris, France: Lavoisier.
- Meyer, A.D., & Starbuck, W.H. (1993). Interaction between politics and ideology in strategy formation. In K.H. Roberts (Ed.), *New challenges to understanding organizations* (pp. 99-116). New York, USA: Macmillan Coll Div.
- Mialet, H. (2008). *L'entreprise créatrice. Le rôle des récits, des objets et de l'acteur dans l'invention*. Paris, France: Hermès-Lavoisier.
- Mialet, H. (2012). *Hawking incorporated. Stephen Hawking and the anthropology of the knowing subject*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- Mialet, H., William, X., & Mister, H. (2009). Repenser l'acteur de l'invention. *Documents pour l'Histoire des Techniques*, 17, 1er semestre, 134-148.
- Michaud, C., & Thoenig, J.-C. (2001). *Stratégie et sociologie de l'entreprise*. Paris, France: Village Mondial.
- Milliken, F., Lant, T.K., & Bridwell-Mitchell, E. (2005). Barriers to the interpretation and diffusion of information about potential problems in organizations: lessons from the space shuttle Columbia. In W. Starbuck, & M. Farjoun (Eds.), *Organization at the limit. Lessons from the Columbia disaster* (pp. 246-265). Malden, USA, Oxford, UK, and Carlton, Australia: Blackwell Publishing Ltd.
- Mitchell, M. (2009). *Complexity. A guided tour*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Mitchell, S.D. (2009). *Unsimple truths. Science, complexity and policy*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- Moison, J.-C. (Ed.) (1997). *Du mode d'existence des outils de gestion*. Paris, France: Seli Arslan.
- Morange, M. (2012). *Les secrets du vivant. Contre la pensée unique en biologie*. Paris, France: La Découverte.

- Morgan, G. (1986). *Images of organizations*. London, UK: Sage Publications. [*Imagens da organização*. 1a. edição. Barueri, Brasil: Gen-Atlas, 1996].
- Morin, E. (1951). *L'homme et la mort*. Paris, France: Le Seuil. [*O homem e a morte*. Algueirão-Mem Martins, Portugal: Europa-América, 1988 / Rio de Janeiro, Brasil: Imago, 1997].
- Morin, E. (1962). *L'esprit du temps*. Paris, France: Grasset. [*O espírito do tempo*. Tradução: João Paz. Lisboa, Portugal: Edições Piaget, 2015 / *Cultura de massas no século XX – O espírito do tempo – Neurose e Necrose*. 11a. edição. Barueri, Brasil: Forense Universitaria – Grupo Gen, 2018].
- Morin, E. (1967). *Commune en France. La métamorphose de Plodémet*. Paris, France: Fayard.
- Morin, E. (1969a). *Introduction à une politique de l'homme*. Paris, France: Le Seuil. [*Introdução à política do homem e argumentos políticos*. Rio de Janeiro, Brasil: Forense Universitária, 1969].
- Morin, E. (1969b). *La rumeur d'Orléans*. Paris, France: Le Seuil.
- Morin, E. (1972a). Le retour de l'évènement. *Communications*, 18(1), 6-20.
- Morin, E. (1972b). L'évènement-sphinx. *Communications*, 18(1), 173-192.
- Morin, E. (1973). *Le paradigme perdu, la nature humaine*. Paris, France: Le Seuil. [*Enigma do Homem – Para uma nova Antropologia*. Rio de Janeiro, Brasil. Zahar, 1979 / *O paradigma perdido – A natureza humana*. Algueirão-Mem Martins, Portugal: Europa-América, 1991].
- Morin, E. (1976). Pour une crisologie. *Communications*, 25(1), 149-163.
- Morin, E. (1977). *La méthode, tome I: La nature de la nature*. Paris, France: Le Seuil. [*O método 1: A natureza da natureza*. Algueirão-Mem Martins, Portugal: Europa-América, 1987 / Porto Alegre, Brasil: Sulina, 2002].
- Morin, E. (1980). *La méthode, tome II: La vie de la vie*. Paris, France: Le Seuil. [*O método 2: A vida da vida*. Algueirão-Mem Martins, Portugal: Europa-América, 1999 / Porto Alegre, Brasil: Sulina, 2001].
- Morin, E. (1986). *La méthode, tome III: La connaissance de la connaissance*. Paris, France: Le Seuil. [*O método 3: O conhecimento do conhecimento*. Algueirão-Mem Martins, Portugal: Europa-América, 1996 / Porto Alegre, Brasil: Sulina, 1999].
- Morin, E. (1990a). *Articuler les disciplines*. Actes du colloque Carrefour des Sciences, CNRS.
- Morin, E. (1990b). *Science avec conscience*. Paris, France: Le Seuil. [*Ciência com consciência*. Rio de Janeiro, Brasil: Bertrand Brasil, 1998].
- Morin, E. (1990c). *Introduction à la pensée complexe*. Paris, France: Le Seuil. [*Introdução ao pensamento complexo*. Lisboa, Portugal: Edições Piaget, 1995 / Porto Alegre, Brasil: Sulina, 2005].
- Morin, E. (1991). *La méthode, tome IV: Les idées, leur habitat, leur vie, leur moeurs, leur organisation*. Paris, France: Le Seuil. [*O método 4: As ideias: habitat, vida, costumes, organização*. Porto Alegre, Brasil: Sulina, 1998 / Algueirão-Mem Martins, Portugal: Europa-América, 2002].

- Morin, E. (1994a). *Sociologie*. 2e édition. Paris, France: Le Seuil. [*Sociologia – A sociologia do microssocial ao macroplanetário*. Algueirão-Mem Martins, Portugal: Europa-América, 1998].
- Morin, E. (1994b). *Mes démons*. Paris, France: Stock. [*Meus demônios*. Algueirão-Mem Martins, Portugal: Europa-América, 1996 / Rio de Janeiro, Brasil: Bertrand Brasil, 1997].
- Morin, E. (2001). *La méthode, Tome V: L'humanité de l'humanité – L'identité humaine*. Paris, France: Le Seuil. [*O método 5: A humanidade da humanidade – A identidade humana*. Porto Alegre, Brasil: Sulina, 2002 / Algueirão-Mem Martins, Portugal: Europa-América, 2003].
- Morin, E. (2004). *La méthode, Tome VI: Ethique*. Paris, France: Le Seuil. [*O método 6: A ética*. Algueirão-Mem Martins, Portugal: Europa-América, 2005 / Porto Alegre, Brasil: Sulina, 2005].
- Morin, E. (2005). Complexité restreinte, complexité générale. In J.-L. Moigne, & E. Morin, (Eds.), *L'intelligence de la complexité: Épistémologie et pragmatique* (pp. 3-33). Colloque de Cerisy-La-Salle, France, 26 juin 2005. Paris, France: Éditions de l'Aube.
- Morin, E. (2008). *Mon chemin: Entretiens avec Djénane Kareh Tager*. Paris, France: Fayard. [*Meu caminho. Entrevistas com Djénane Kareh Tager*. Rio de Janeiro, Brasil: Bertrand Brasil, 2010].
- Morin, E. (2010). *Pour et contre Marx*. Paris, France: Flammarion.
- Morin, E. (2011). *Mes philosophes*. Paris, France: Germina. [*Meus filósofos*. Porto Alegre, Brasil: Sulina, 2012].
- Morin, E. (em colaboração com Anne Brigitte Kern) (1993). *Terre-Patrie*. Paris, France: Le Seuil. [*Terra-Pátria*. Porto Alegre, Brasil: Sulina, 1995].
- Morin, E., & Cyrulnik, B. (2003). *Dialogue sur la nature humaine*. Paris, France: Le Seuil. [*Diálogo sobre a natureza humana*. Tradução: Edgard de Assis Carvalho. São Paulo, Brasil: Palas Athena, 2013].
- Morin, E., & Piatelli-Palmarini, M. (1974). *L'unité de l'homme*. 3 volumes. Paris, France: Le Seuil. [*A unidade do homem, vol. I, II e III*. São Paulo, Brasil: Editora Cultrix e Edusp, 1978].
- National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling (2011) Deep Water. The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling. Report to the President.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York, USA: Appleton-Century-Crofts.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and reality*. San Francisco, USA: W.H. Freeman.
- Nisbet, R.A. (1966). *La tradition sociologique*. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Noble, D. (2006). *The music of life. Biology beyond genes*. New York, USA: Oxford University Press.

- Norman, D. (1988). *The psychology of everyday things*. Cambridge, USA: The MIT Press. [O design do dia a dia. 1a. edição. Tradução: Ana Deiró. Rio de Janeiro, Brasil: Anfiteatro-Rocco, 2006].
- Nowotny, H., Scott, P., & Gibbons, M. (2003/2001). *Repenser la science*. Paris, France: Belin.
- Odin, F., & Thuderoz, C. (Eds.) (2010). *Des mondes bricolés? Arts et sciences à l'épreuve de la notion de bricolage*. Lausanne, Suisse: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Olson, D.R. (2010). *L'univers de l'écrit. Comment la culture écrite donne forme à la pensée*. Paris, France: Retz. [O mundo no papel. 1a. edição. São Paulo, Brasil: Ática, 1997].
- Osty, F. (2003). *Le désir de métier: Engagement, identité et reconnaissance au travail*. Rennes, France: Presses Universitaires de Rennes.
- Parrochia, D. (1998). *La conception technologique*. Paris, France: Lavoisier.
- Paté-Cornell, M.E., & Murphy, D.M. (1996). Human and management factors in probabilistic risk analysis: The SAM approach and observations from recent applications. *Reliability Engineering and System Safety*, 53(2), 115-126.
- Perin, C. (2004). *Shouldering risks: The culture of control in the nuclear power industry*. Princeton, USA: Princeton University Press.
- Perrow, C. (1984). *Normal accidents. Living with high risk technologies*. First edition. New York, USA: Basic Books.
- Perrow, C. (1999). *Normal accidents: Living with high risk technologies*. Updated Edition. Princeton, USA: Princeton University Press.
- Pestre, D. (2003). Controverses. L'analyse de controverses dans l'étude des sciences depuis trente ans: Entre outil méthodologique et objet de l'histoire des sciences. In D. Lecourt (Ed.), *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*. 4e. édition. Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Pestre, D. (2006). Introduction aux *Science Studies*. Paris, La Découverte.
- Pestre, D. (2013). *À contre-science. Politique et savoirs des sociétés contemporaines*. Paris, France: Le Seuil. (Coll La Couleur des Idées).
- Piaget, J. (1967). *L'épistémologie génétique. Que sais-je?* Paris, France: Presses Universitaires de France. [Epistemologia genética. 4a. edição. São Paulo, Brasil: WMF Martins Fontes, 2012].
- Pickering, A. (2010). *The cybernetic brain. Sketches of another future*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- Pickering, A. (2013). Ontology and antidisciplinarity. In A. Barry, & G. Born (Eds.), *Interdisciplinarity. Reconfigurations of the social and natural sciences*. London, UK: Routledge.
- Pidgeon, N. (2010). Systems thinking, culture of reliability and safety. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 27(3), 211-217.
- Pidgeon, N.F., Blockley, D. & Turner, B.A. (1986). Design practice and snow loading: Lessons from a roof collapse. *The Structural Engineer*, 64(A), 67-71.

- Pidgeon, N.F., Turner, B.A. (1986). Human error and socio-technical system failure in structural engineering. In A.S. Nowak, *Modeling human error in structural design and construction* (pp. 193-203). New York, USA: American Society of Civil Engineers.
- Pinch, T. (1991). How do we treat technical uncertainty in systems failure? The case of the Space Shuttle Challenger. In T.R. La Porte (Ed.), *Social responses to large technical systems* (pp. 143-158). NATO ASI Series D – Behavioural and Social Sciences – Vol. 58. Berkeley, USA: Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Planchette, G., Nicolet, J.L., & Valancogne, J. (2002). *Et si les risques m'étaient comptés!* Toulouse, France: Editions Octarès.
- Power, M. (1997). *The audit society: Rituals of verification*. New York, USA: Oxford University Press.
- Presidential Commission (1986). Report of the Space Shuttle Challenger Accident. Washington, D.C., USA.
- Prigogine, I., & Stengers, I. (1978). *La nouvelle alliance*. Paris, France: Le Seuil. [A nova aliança. Brasília, Brasil: UnB, 1997].
- Prochiantz, A. (2012). *Qu'est-ce que le vivant?* Paris, France: Le Seuil.
- Puech, M. (2008). *Homo sapiens technologicus. Philosophie de la technologie contemporaine, philosophie de la sagesse contemporaine*. Paris, France: Le Pommier.
- Putnam, H. (1984/1981). *Raison, vérité et histoire*. Paris, France: Les Éditions de Minuit. [Razão, verdade e história. Tradução: António Duarte. Lisboa, Portugal: Dom Quixote, 1992].
- Putnam, H. (2002). *Fait/valor: la fin d'un dogme et autres essais*. Paris, France: Éditions de l'Éclat. [O colapso da verdade e outros ensaios. 1a. edição. São Paulo, Brasil: Ideias e Letras, 2008].
- Rasmussen, J. (1969). Man-Machine Communication in the Light of Accident Record. Comunicação apresentada no *International Symposium on Man-Machine Systems*, Cambridge, UK. September 8-12. In: IEEE Conference Records, no. 69, 58-MMS, vol. 3.
- Rasmussen, J. (1976). Outlines of a hybrid model of the process plant operator. In T.B. Sheridan, & G. Johannsen (Eds.), *Monitoring behavior and supervisory control* (pp. 371-383). New York, USA: Plenum Press.
- Rasmussen, J. (1980). The human as a system component. In H.T. Smith, & T.R.G. Green (Eds.), *Human interaction with computers*. London, UK: Academic Press.
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction. An approach to cognitive engineering* (North-Holland Series in System Science and Engineering, 12). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Rasmussen, J. (1987). Approaches to the control of the effects of human error on chemical plant safety. Comunicação apresentada no *International Symposium on Preventing Major Chemical Accidents*, February 3-5, Omni Shoreham Hotel, Washington, D.C., USA.
- Rasmussen, J. (1990a). Human error and the problem of causality in analysis of accidents. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 327(1241), 449-462.

- Rasmussen, J. (1990b). The role of error in organizing behaviour. *Ergonomics*, 33, 1185-1199.
- Rasmussen, J. (1993). Market economy, management culture and accident causation: New research issues? Comunicação apresentada na *Second International Conference on Safety Science*, Budapest, Hungary.
- Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: A modelling problem. *Safety Science*, 27(2-3), 183-213.
- Rasmussen, J., & Batstone, R. (1989). Why do complex organizational systems fail? The World Bank Policy Planning and Research Staff. *Environment Working Paper*, 20.
- Rasmussen, J., & Jensen, A. (1974). Mental procedures in real-life tasks: A case of electronic trouble shooting. *Ergonomics*, 17(3), 293-307.
- Rasmussen, J., & Lind, M. (1981). *Coping with complexity*. Roskilde, Denmark: Risø National Laboratory.
- Rasmussen, J., & Svedung, I. (2000). *Proactive risk management in a dynamic society*. Karlstad, Sweden: Swedish Rescue Service Agency.
- Rasmussen, J., Duncan, K., & Leplat, J. (1987). *New technology and human error*. London, UK, New York, USA: John Wiley.
- Reason, J. (1988). Framework models of human performance and error: a consumer guide. In L.P. Goodstein, H.B. Andersen, & S.E. Olsen (Eds.), *Tasks, errors, and mental models: a festschrift to celebrate the 60th birthday of Professor Jens Rasmussen* (pp. 21-34). London: Taylor & Francis.
- Reason, J. (1990a). *Human error*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Reason, J. (1990b). The contribution of latent human failures to the breakdown of complex systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 327(1241), 475-484.
- Reason, J. (1997). *Managing the risk of organisational accidents*. Aldershot, UK: Ashgate.
- Reason, J. (1998). Broadening the cognitive engineering horizons: More engineering, less cognition and no philosophy of science, please. *Ergonomics*, 41(2), 150-152.
- Reason, J. (1999). Are we casting the net too widely in our search for the factors contributing to errors and accidents? In J. Misumi, B. Wilpert, & R. Miller (Eds.), *Nuclear safety – A human factors perspective*. London, UK: Taylor & Francis Group.
- Reason, J. (2008). *The human contribution: Unsafe acts, accidents and heroic recoveries*. Aldershot, UK: Ashgate.
- Reason, J. Hollnagel, E., & Paries, J. (2006). *Revisiting the “Swiss Cheese” model of accidents*. EEC Note No. 13/06. Brétigny-sur-Orge, France: Eurocontrol Experimental Centre.
- Renn, O. (1992). The social arena concept of risk debates. In S. Krimsky, & D. Golding (Eds.), *Social theories of risk* (pp. 179-197). Westport, USA, London, UK: Praeger.
- Renn, O. (1998). The role of risk perception for risk management. *Reliability Engineering and System Safety*, 59(1), 49-62.
- Rescher, N. (1996). *Process metaphysics. An introduction to process philosophy*. New York, USA: State University of New York Press.

- Reynaud, J.-D. (1999/1995). *Le conflit, la négociation et la règle*. Toulouse, France: Octarès Éditions.
- Richter, A., & Koch, C. (2004). Integration, differentiation and ambiguity in safety cultures. *Safety Science*, 42(8), 703-722.
- Rijpma, J. (2003). From deadlock to dead end: The normal accidents-high reliability debate revisited. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 11(1), 5-23.
- Roberts, K. (Ed.) (1993). *New challenges in understanding organisations*. New York, USA: Macmillan.
- Rochlin, G.I. (1993). Defining 'high reliability' organizations in practice: A taxonomic prologue. In K.H. Roberts (Ed.), *New challenges in understanding organisations* (pp. 11-32). New York, USA: Macmillan.
- Rochlin, G.I. (1999a). The social construction of safety. In J. Misumi, B. Wilpert, & R. Miller (Eds.), *Nuclear safety: A human factors perspective*. London, UK: Taylor & Francis Group.
- Rochlin, G.I. (1999b). Safe operation as a social construct. *Ergonomics*, 42(11), 1549-1560.
- Rochlin, G.I. (2011). How to hunt a very reliable organization. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 19(1), 14-20.
- Rochlin, G.I., La Porte, T.R., & Roberts, K.H. (1987). The Self-designing high-reliability organization: Aircraft carrier flight operations at sea. *Naval War College Review*, 40(4), 76-90.
- Roe, E., & Schulman, P. (2008). *High reliability management: Operating on the edge*. Redwood City, USA: Stanford University Press.
- Rorty, R. (1979). *Philosophy and the mirror of nature*. Princeton, USA: Princeton University Press. [A filosofia e o espelho da natureza. Rio de Janeiro, Brasil: Relume Dumará, 1995].
- Rosa, H. (2010). *Accélération. Une critique sociale du temps*. Paris, France: La Découverte. [Aceleração: A transformação das estruturas temporais na modernidade. Tradução: Rafael H. Silveira. São Paulo, Brasil: Editora Unesp, 2019].
- Rose, H., & Rose, S. (2000). *Alas, poor Darwin: Arguments against evolutionary psychology*. London, UK: Jonathan Cape.
- Rose, N. (2013). The human sciences in a biological age. *Theory, Culture & Society*, 30(1), 3-34.
- Rose, S. (2013). Genetics, reductionism and autopoiesis. In *eLS*. London, UK: John Wiley & Sons.
- Rot, G. (2006). *Sociologie de l'atelier: Renault, le travail ouvrier et le sociologue*. Toulouse, France: Octarès Editions.
- Rothstein, H. (2003). Neglected risk regulation: The institutional attenuation phenomenon. *Health, Risk & Society*, 5(1), 85-103.
- Ruse, M. (2007). L'apparition de l'homme était-elle inévitable? *Les dossier de La Recherche*. Mai-Juillet.
- Sagan, S.D. (1993). *The limits of safety: Organizations, accidents, and nuclear weapons*. Princeton, USA: Princeton University Press.

- Sagan, S.D. (2004). The problem of redundancy problem: Why more nuclear security forces may produce less nuclear security. *Risk Analysis*, 24(4), 935-946.
- Saint-Sernin, B. (2007). *Le rationalisme qui vient*. Paris, France: Gallimard.
- Sassen, S. (2007). *A sociology of globalization*. New York, USA: W. W. Norton & Company. [*Sociologia da globalização*. Porto Alegre, Brasil: Artmed, 2010].
- Schaffer, S., & Latour, B. (1991). The eighteenth Brumaire of Bruno Latour. *Studies in History and Philosophy of Science*, 22(1), 174-192.
- Schmidt, K. (1991). Cooperative work: A conceptual framework. In J. Rasmussen, B. Brehmer, & J. Leplat (Eds.), *Distributed decision making: Cognitive models for cooperative work* (pp. 75-109). London, UK: John Wiley & Sons.
- Schmidt, K., & Bannon, L.J. (1992). Taking CSCW seriously: Supporting articulation work. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 1(1-2), 7-40.
- Schneiberg, M., & Bartley, T. (2010). Regulating or redesigning finance? Market architectures, normal accidents, and dilemmas of regulatory reform. In M. Lounsbury, & P.M. Hirsch (Eds.), *Markets on Trial: The Economic Sociology of the U.S. Financial Crisis: Part A (Research in the Sociology of Organizations, Vol. 30 Part A)* (pp. 281-307). Bingley, UK: Emerald Group Publishing Limited.
- Schrodinger, E. (1944). *What is life?* Cambridge, UK: Cambridge University Press. [*O que é vida? O aspecto físico da célula viva*. 1a. edição. São Paulo, Brasil: Editora Unesp, 2007].
- Schulman, P.R. (1993). The analysis of high reliability organizations: A comparative framework. In K. Roberts (Ed.), *New challenges to understanding organisations* (pp. 33-53). New York, USA: Macmillan.
- Sciences Humaines. (2013). Edgar Morin. L'aventure d'une pensée. *Hors-série*, 18, Mai-Juin.
- Scott, W.R. (2003). *Organization, rational, natural and open systems*. 5th edition. Upper Saddle River, USA: Prentice Hall.
- Segrestin, D. (2004). *Les chantiers du manager*. Paris, France: Armand Colin.
- Sennett, R. (2006). *The culture of the new capitalism*. Yale, USA: Yale University Press. [*A cultura do novo capitalismo*. Tradução: Clóvis Marques. 6a. edição. Rio de Janeiro, Brasil: Record, 2006].
- Sennett, R. (2009). *The craftsman*. Yale, USA: Yale University Press. [*O artífice*. Tradução: Clóvis Marques. Rio de Janeiro, Brasil: Record, 2009].
- Serres, M. (1977). *Hermès IV. La distribution*. Paris, France: Les Éditions de Minuit.
- Serres, M. (1981). *Le parasite*. Paris, France: Hachette.
- Serres, M. (1987). *Statues*. Paris, France: Flammarion.
- Serres, M. (1990). *Le contrat naturel*. Paris, France: Flammarion. [*O contrato natural*. Lisboa, Portugal: Edições Piaget, 1990].
- Serres, M. (2001). *Hominsecence*. Paris, France: Le Pommier. [*Hominescências. O começo de uma outra humanidade?* Tradução: Luís M. Couceiro Feio. Rio de Janeiro, Brasil: Bertrand Brasil, 2003].



- Serres, M. (2003a). *L'incandescent*. Paris, France: Le Pommier. [O incandescente. Tradução: Armando Pereira da Silva. Rio de Janeiro, Brasil: Bertrand Brasil, 2005].
- Serres, M. (2003b). Des sciences qui nous rapprochent de la singularité. In R. Benkirane (Ed.), *La complexité, vertiges et promesses: 18 histoires de sciences*. Entretiens avec Edgar Morin, Ilya Prigogine, Francisco Varela... et al. Paris, France: Le Pommier. [A complexidade, vertigens e promessas: 18 histórias de ciência. Tradução: Maria João Reis. Lisboa, Portugal: Edições Piaget, 2004].
- Serres, M. (2004). *Rameaux*. Paris, France: Le Pommier. [Ramos. Tradução: Edgard de Assis Carvalho e Mariza Perassi Bosco. Rio de Janeiro, Brasil: Bertrand Brasil, 2008].
- Serres, M. (2006). *Récits d'humanisme*. Paris, France: Le Pommier. [Narrativas do humanismo. Tradução: Caio Meira. Rio de Janeiro, Brasil: Bertrand Brasil, 2015].
- Serres, M. (2010). *Jules Vernes. L'enchantement du monde (conversations avec Jean-Paul Dekiss)*. Paris, France: Le Pommier. [Júlio Verne: A ciência e o homem contemporâneo. Rio de Janeiro, Brasil: Bertrand Brasil, 2007].
- Serres, M., & Latour, B. (1992). *Eclaircissements: Cinq entretiens avec Bruno Latour*. Paris, France: Flammarion. [Diálogo sobre a ciência, a cultura e o tempo: conversas com Bruno Latour. Tradução: João Paz, Serafim Ferreira. Lisboa, Portugal: Edições Piaget, 1996].
- Shorrock, S., Young, M., Faulkner, J., & Braithwaite G. (2004). Who moved my (Swiss) cheese? The (r)evolution of human factors in transport safety investigation. *ISASI 2004 Proceedings*, 8, 141-144.
- Short, J.-F. (1984). The social fabric at risk: Toward the social transformation of risk analysis. *American Sociological Review*, 49(6), 711-725.
- Shrivastava, P. (1986). *Bhopal: Anatomy of a crisis*. London, UK: Sage Publications.
- Sills, D. (1981). *Social science aspects of the accident at the three mile island*. Colorado, USA: Westview Press.
- Simon, H. (1962). The architecture of complexity. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 106(6), 467-482.
- Simon, H., & March, J.G. (1958). *Organizations*. New York, USA: John Wiley & Sons. [Teoria das organizações. Rio de Janeiro, Brasil: Fundação Getúlio Vargas, 1981].
- Sismondo, S. (1996). *Science without myth: On constructions, reality and social knowledge*. Albany, USA: Suny Press.
- Sismondo, S. (2008). *An introduction to science and technology studies*. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Sklet, S. (2006). Safety barriers: Definition, classification, and performance. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19(5), 494-506.
- Sloterdijk, P. (2003). *Ni le soleil ni la mort. Jeu de piste sous forme de dialogues avec Hans-Jürgen Heinrichs*. Paris, France: Fayard. [O sol e a morte: Investigações dialógicas. Lisboa, Portugal: Editora Relógio d'Água, 2007].
- Snook, S.A. (2000). *Friendly fire: The accidental shootdown of U.S. Black Hawks over Northern Iraq*. Princeton, USA: Princeton University Press.

- Snow, P.S. (1959). *The two cultures*. New York, USA: Oxford University Press. [As duas culturas. Barcarena, Portugal: Editorial Presença, 1995].
- Sperandio, J.-C. (2003). Modèles et formalismes, ou le fond et la forme. In J.-C. Sperandio, & M. Wolf, *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie. Le travail humain* (pp. 27-74). Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Star, S.L. (1989). The structure of ill-structured solutions: Boundary objects and heterogeneous distributed problem solving. In L. Gasser, & M.N. Huhns (Eds.), *Distributed artificial intelligence, vol. 2* (pp. 37-54). London, UK, San Mateo, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Star, S.L. (2010). Ceci n'est pas un objet-frontière! Réflexions sur l'origine d'un concept. *Revue d'Anthropologie des Connaissances* 2010/1, 4(1), 18-35.
- Star, S.L., & Griesemer, J.R. (1989). Institutional ecology, 'translations' and boundary objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Social Studies of Science*, 19(3), 387-420.
- Starbuck, H.W., & Farjoun M. (Eds.) (2005). *Organization at the limit. Lessons from the Columbia disaster*. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Starbuck, W.H., & Milliken, F.J. (1988a). Executives' perceptual filters: What they notice and how they make sense. In D.C. Hambrick (Ed.), *The executive effect: Concepts and methods for studying top managers* (pp. 35-65). Stamford, USA: JAI Press.
- Starbuck, W.H., & Milliken, F.J. (1988b). Challenger: Fine-Tuning the odds until something breaks. *Journal of Management Studies*, 25(4), 319-340.
- Stiglitz, J.E. (2003). *Quand le capitalisme perd la tête*. Paris, France. Le Livre de Poche. [Os exuberantes anos 90. Tradução: Sylvia Maria S. Cristovão dos Santos, Dante Mendes Aldrighi, José Francisco de Lima Gonçalves e Roberto Mazzer Neto. 1a. edição. São Paulo, Brasil: Companhia das Letras, 2003].
- Suchman, L. (1983). Office procedure as practical action: Models of work and system design. *ACM Transactions on Information Systems*, 1(4), 320-328.
- Suchman, L. (1993). Technologies of accountability: On lizards and airplanes. In G. Button (Ed.), *Technology in working order: Studies of work, interaction, and technology* (pp. 113-126). London, UK: Routledge.
- Suchman, L. (1997). Center of coordination: A case and some themes. In L.B. Resnick, R. Säljö, C. Pontecorvo, & B. Burge (Eds.), *Discourse, tools and reasoning: Essays on situated cognition* (pp. 41-62). Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Suchman, L.A. (1987). *Plans and situated actions: The problem of human-machine communication*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Swain, A.D. (1963). *A method for performing human-factor reliability analysis*. Sandia Corporation Reports. Albuquerque, USA: Sandia Corporation.
- Taylor-Gooby, P., & Zinn, J.O. (Eds.) (2006). *Risk in social sciences*. Oxford, UK: Oxford University Press.


- The Ladbroke Grove rail inquiry. (2001). *Parts 1 & 2. The Rt Hon Lord Cullen PC*. HSE Books. Disponível em <<https://www.railwaysarchive.co.uk/eventssummary.php?eventID=142>>.
- The public inquiry into the Piper Alpha disaster. The Hon Lord Cullen (Chairman). HM Stationery Office. (1990).
- Theureau, J., & Filippi, G. (1994). Cours d'action et conception d'une système d'aide à la coordination: Le cas de la régulation du trafic du RER. *Sociologie du Travail*, 36(4), 547-562.
- Thrift, N. (1999). The place of complexity. *Theory, Culture & Society*, 16(3), 31-69.
- Tierney, K. (2010). L'analyse des risques et leurs dimensions sociales. *Télescope*, 16(2), 93-114.
- Topper, B., & Lagadec, P. (2013). Fractal crises. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 21(1), 4-16.
- Toulmin, S. (1972). *Human understanding*. Princeton, USA: Princeton University Press.
- Toulmin, S. (1989). *Cosmopolis. The hidden agenda of modernity*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- Toulmin, S. (2003). *The return to reason*. Cambridge, USA: Harvard University Press.
- Touraine, A. (1969). *La société post-industrielle. Naissance d'une société*. Paris, France: Denoël. [A sociedade post-industrial. São Paulo, Brasil: Moraes Editores, 1970].
- Touraine, A. (2005). *Un nouveau paradigme pour comprendre le monde aujourd'hui*. Paris, France: Fayard. [Um novo paradigma. Para compreender o mundo de hoje. 3a. edição. Petrópolis, Brasil: Editora Vozes, 2011].
- Trompette, P., & Vinck, D. (2009). Retour sur la notion d'objet-frontière. *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, 3(1), 5-27.
- Tsoukas, H. (2009). *Complex knowledge. Studies in organizational epistemology*. Oxford University Press.
- Turner, B. (1995). A personal trajectory through organization studies. *Research in the Sociology of Organizations*, 13, 275-301.
- Turner, B., & Pidgeon, N. (1997). *Man-made disasters*. Second edition. London, UK: Butterworth-Heinmann.
- Turner, B.A. (1978). *Man-made disasters*. London, UK: Wykeham Publications.
- Urry, J. (2005). The complexity turn. *Theory, Culture & Society*, 22(5), 1-14.
- Varela, F., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. Cambridge, USA: MIT Press. [A mente corpórea: Ciência cognitiva e experiência humana. Lisboa, Portugal: Edições Piaget, 2001].
- Vaughan, D. (1983). *Controlling unlawful organizational behaviour. Social structure and corporate misconduct*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- Vaughan, D. (1986). *Uncoupling: Turning points in intimate relationships*. New York, USA: Vintage Books. [A separação: Momentos decisivos da vida em comum. São Paulo, Brasil: Paz e Terra, 1991].

- Vaughan, D. (1990). Autonomy, interdependence, and social control: NASA and the space shuttle Challenger. *Administrative Science Quarterly*, 35(2), 225-257.
- Vaughan, D. (1992). Theory elaboration: The heuristics of case analysis. In C.C. Ragin, & H.S. Becker (Eds.), *What is a case? Exploring the foundations of social enquiry*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Vaughan, D. (1996). *The Challenger launch decision: Risky technology, culture and deviance at NASA*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- Vaughan, D. (1997). The trickle-down effect: Policy decisions, risky work and the Challenger tragedy. *California Management Review*, 39(2), 80-102.
- Vaughan, D. (1999). The dark side of organizations: Mistake, misconduct, and disaster. *Annual Review of Sociology*, 25, 271-305.
- Vaughan, D. (2003). History as cause: Columbia and Challenger. In *Report of Columbia Accident Investigation Board, Volume I*. Washington, USA: National Aeronautics and Space Administration and the US Government Printing Office.
- Vaughan, D. (2004). Theorizing disaster: Analogy, historical ethnography, and the Challenger accident. *Ethnography*, 5(3), 315-347.
- Vaughan, D. (2005). System effects: On slippery slopes, repeating negative patterns, and learning from mistakes? In H.W. Starbuck, & M. Farjoun, *Organization at the limit. Lessons from the Columbia disaster* (pp. 41-59). Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Veltz, P. (2008). *Le nouveau monde industriel*. Edition revue et augmentée. Paris, France: Gallimard. (Collection Le Débat).
- Vergely, B. (2005). *Boulevard des philosophes. De la renaissance à aujourd'hui*. Toulouse, France: Milan.
- Vergnioux, A. (2003). *L'explication dans les sciences*. Ottignies-Louvain-la-Neuve, Belgique: De Boeck Supérieur.
- Vicente, K. (2004). *The human factor: Revolutionizing the way people live with technology*. London, UK: Routledge.
- Vicente, K.J. (1999). *Cognitive work analysis. Toward safe, productive, and healthy computer-based work*. New York, USA: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Villemeur, A. (1988). *Sûreté de fonctionnement de systèmes industriels*. Paris, France: Eyrolles. (Collection de la Direction des Études et Recherches d'Électricité de France).
- Vinck, D. (2000). *Pratiques de l'interdisciplinarité. Mutations des sciences, de l'industrie et de l'enseignement*. Grenoble, France: Presses Universitaires de Grenoble.
- Visser, J.-P. (1998). Developments in HSE management in oil and gas exploration and production. In A. Hale, & M. Baram (Eds.), *Safety management. The challenge of change*. London, UK: Pergamon.
- Von Foerster, H. (1973). On constructing reality. In F.E. Preiser (Ed.), *Environmental design research, vol. 2* (pp. 35-46). Stroudsburg, USA: Dowden, Hutchinson & Ross, Inc.
- Von Glasersfeld, E. (1995). *Radical constructivism. A way of knowing and learning. Studies in Mathematics Education Series: 6*. London, UK: Taylor & Francis Group. [*Construtivismo radical. Uma forma de conhecer e aprender*. Portugal: Edições Piaget, 1996].

- Waldrop, M. (1992). *Complexity: The emerging science at the edge of order and chaos*. New York, USA: Simon & Schuster.
- Waring, A., & Glendon, A.I. (1998). *Managing risk: Critical issues for survival and success into the 21st century*. London, UK: International Thomson Business.
- Watzlawick, P. (Ed.) (1988). *L'invention de la réalité. Contributions au constructivisme*. Paris, France: Le Seuil.
- Weaver, W. (1948). Science and complexity. *American Scientist*, 36(4), 536–544. Disponível em <<https://people.physics.anu.edu.au/~tas110/Teaching/Lectures/L1/Material/WEAVER1947.pdf>>.
- Weber, M. (1963/1919). *Le savant et le politique*. Saint-Armand, France: Union Générale d'éditions [O político e o cientista. Lisboa, Portugal: Editorial Presença, 1979].
- Weber, M. (1965). *Essais sur la théorie de la science (1904-1917)*. Paris, France: Librairie Plon.
- Weick, K.E. (1969). *The social psychology of organizing*. Reading, USA: Addison-Wesley Publishing Company. [A psicologia social da organização. Tradução: Dante Moreira Leite. São Paulo, Brasil: Editora Edgard Blucher, 1973].
- Weick, K.E. (1987). Organizational culture as a source of high reliability. *California Management Review*, 29(2), 112–127.
- Weick, K.E. (1990). The vulnerable system: An analysis of the Tenerife air disaster. *Journal of Management*, 16(3), 571–593.
- Weick, K.E. (1993). The collapse of sensemaking in organisation. *Administrative Science Quarterly*, 38, 628–652.
- Weick, K.E. (1995). *Sensemaking in organizations*. London, UK: Sage Publications.
- Weick, K.E. (2004). *Making sense of the organizations*, vol. 1. New York, USA: John Wiley.
- Weick, K.E. (2005). Making sense of blurred images: Mindful organizing in mission STS-107. In W.H. Starbuck, & M. Farjoun (Eds.), *Organization at the limit. Lessons from the Columbia Disaster* (pp. 159–177). Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Weick, K.E. (2009). *Making sense of the organizations*, vol. 2: *The impermanent organization*. New York, USA: John Wiley.
- Weick, K.E., & Roberts, K.H. (1993). Collective mind in organizations: Heedful interrelating on flight decks. *Administrative Science Quarterly*, 38(3), 357–381.
- Weick, K.E., & Sutcliffe, K.M. (2007). *Managing the unexpected*. San Francisco, USA: Jossey-Bass.
- Weick, K.E., Sutcliffe, K.M., & Obstfeld, D. (1999). Organizing for high reliability: Processes of collective mindfulness. *Research in Organisational Behavior*, 21, 81–123.
- Whitehead, A.N. (1994/1925). *La science et le monde moderne*. Paris, France: Éditions du Rocher. [A ciência e o mundo moderno. Tradução: Hermann Herbert Watzlawick. São Paulo, Brasil: Paulus Editora, 2006].
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics or control and communication in the animal and the machine*. Cambridge, USA: MIT Press. [Cibernética: Ou controle e comunicação no animal e na máquina. Tradução: Gita K. Guinsburg. São Paulo, Brasil: Perspectiva, 2017].

- Wildavsky, A. (1988). *Searching for safety*. New Brunswick, USA: Social Philosophy and Policy Cented Transaction Books.
- Wilson, E.O. (1998). *Consilience. The unity of knowledge*. London, UK: Abacus. [A unidade do conhecimento. *Consiliência*. Tradução: Ivo Korytowski. Rio de Janeiro, Brasil: Campus, 1999].
- Woods, D. (1988). Coping with complexity: The psychology of human behaviour in complex systems. In L.P. Goodstein, H.B. Andersen, & S.E. Olsen, *Tasks, errors and mental models*. London, UK: Taylor & Francis Group.
- Woods, D.D. (2005). Creating foresight: Lessons for enhancing resilience from Columbia. In W.H. Starbuck, & M. Farjoun (Eds.), *Organization at the limit. Lessons from the Columbia disaster* (pp. 289-308). Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Woods, D.D., & Hollnagel, E. (1983). Cognitive systems engineering: New wine in new bottles. *International Journal of Man-Machine Studies*, 18(6), 583-600.
- Woods, D.D., Dekker, S., Cook, R., Johannesen, L., & Sarter, N. (2010). *Behind human error*. Farnham, UK: Ashgate Publishing.
- Wynne, B. (1982). Institutional mythologies and dual societies in the management of risk. In H. Kunreuther, & E. Ley (Eds.), *The risk analysis controversy: An institutional perspective* (pp. 127-143). Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Wynne, B. (1988). Unruly technology: Practical rules, impractical discourses and public understanding. *Social Studies of Science*, 18, 147-167.





Por que, apesar de trinta anos de pesquisa no campo da segurança industrial, os acidentes continuam acontecendo? Devemos repensar criticamente o legado das abordagens atualmente disponíveis no campo da segurança? Como podemos abordar essa problemática com o devido distanciamento perante sua grande complexidade? Esta obra oferece respostas a essas perguntas e sugestões de soluções concretas. Em um mundo globalizado em plena transformação, trata-se, sem dúvida, de uma questão-chave para as empresas e autoridades de controle. Desenvolvimentos teóricos e exemplos concretos se combinam neste livro para enfrentar esse desafio.

“O texto de Jean-Christophe Le Coze é esclarecedor e necessário, e estou muito feliz que o pensamento complexo tenha ajudado em seu notável trabalho.”

– Edgar Morin

[www.blucher.com.br](http://www.blucher.com.br)

ISBN 978-65-5506-590-9



9 786555 065909

**Blucher**