

## Capítulo 4. Efeito dominó: a falha na defesa em profundidade

Uma série de defesas ou controles deveria ter impedido a explosão de Macondo. Se pelo menos uma dessas defesas tivesse funcionado como planejado, o acidente não teria acontecido. Mas todas elas falharam. Como isso ocorreu? Foi pura coincidência ou houve algo sistemático nessas falhas? Este capítulo fornece uma resposta.

Vamos pensar de forma abstrata por um momento. Os acidentes em sistemas bem defendidos ocorrem apenas quando todas as defesas falham simultaneamente. Usando a metáfora do queijo suíço, elas ocorrem apenas quando todos os buracos se alinham. Supondo que os buracos sejam independentes um do outro, a probabilidade de que todos eles se alinhem, ou seja, que todas as barreiras falhem simultaneamente, deve ser infinitesimal. Deste ponto de vista, um acidente grave é um evento estranho, contra todas as probabilidades.

Mas há outra possibilidade: a de que as falhas nas barreiras não sejam eventos independentes. Em vez disso, as barreiras são conectadas de maneiras que tornam falhas múltiplas mais prováveis. Foi o que aconteceu no acidente de Macondo. O uso de múltiplas barreiras para proteger contra um evento catastrófico é conhecido como “defesa em profundidade”. O argumento aqui, então, é que foi toda a estratégia de defesa em profundidade que falhou. Além disso, como veremos, é provável que os motivos pelos quais ela falhou operem em muitas outras situações nas quais se deposita confiança nessa estratégia.

Este capítulo está dividido em duas partes. A Parte 1 analisa algumas das falhas de barreiras que permitiram a explosão. A Parte 2 analisa as falhas após a explosão, cujos resultados fizeram com que a explosão se transformasse numa catástrofe humana e ambiental.

## Parte 1: Falhas nas barreiras pré- explosão

Para os propósitos desta análise, quero me concentrar nas quatro falhas a seguir e demonstrar como elas interagiram:

- (1) a falha do trabalho de cimento,
  - em conjunto com a declaração de êxito, e
  - a decisão de não usar uma ferramenta de avaliação de cimento;
- (2) a falha no teste de integridade do poço;
- (3) a falha no monitoramento; e
- (4) a falha do preventor de explosão (BOP).

Essa sequência está resumida na Figura 4.1 para pronta referência. Tratarei brevemente dos dois primeiros, uma vez que foram discutidos em detalhes nos capítulos anteriores.

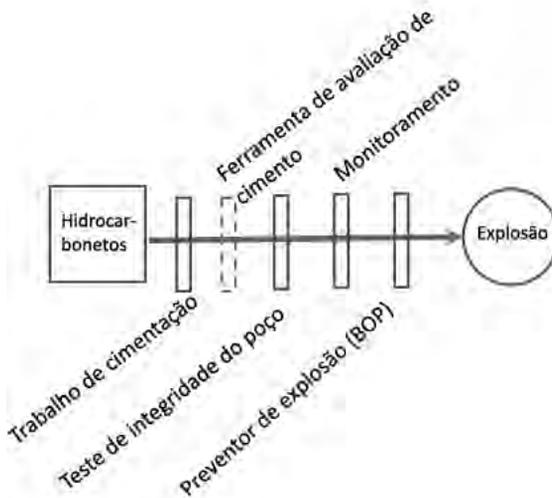


Figura 4.1 Falhas das barreiras pré- explosão

## O trabalho de cimentação

Um bom trabalho de cimentação no fundo do poço é vital para a prevenção de explosões. Ele consiste em uma barreira física que deve ser colocada quando a perfuração for concluída e a plataforma de perfuração estiver prestes a passar para a próxima tarefa.

Apesar da importância dessa barreira física, o trabalho de cimento não foi projetado de maneira a maximizar suas chances de sucesso. Como vimos, foram tomadas várias decisões de projeto que eram amplamente vistas na época como um aumento no risco de falha. Mostrarei aqui que isso foi considerado aceitável pela suposição de que as defesas subsequentes funcionariam como pretendido.

Como foi observado no Capítulo 2, um engenheiro de Macondo escreveu sobre uma das decisões arriscadas de cimentação da seguinte forma: “Mas quem se importa, já está feito, fim da história, [nós] *provavelmente* ficaremos bem” (grifo nosso). Esse comentário reconhece implicitamente que, para ter certeza, a equipe precisaria confiar em avaliações e testes subsequentes, como o teste de integridade do poço.

Um outro exemplo dessa atitude foi descrito no Capítulo 2. Antes de bombear cimento para o poço, uma válvula no fundo do poço precisava ser ativada. Isso exigia que a pressão do fluido de perfuração fosse aumentada. Para surpresa e preocupação de todos, foram necessárias seis vezes a pressão esperada para que algo acontecesse e, mesmo assim, ninguém tinha certeza do que havia acontecido. (Alguma coisa quebrou?) As questões se tornaram ainda mais misteriosas quando, posteriormente, foi necessária menos pressão do que o esperado para manter o fluido de perfuração em movimento. Foram eventos anômalos que puseram em dúvida se o trabalho de cimento seria eficaz. No entanto, a equipe decidiu ignorá-los e confiar em testes de integridade posteriores para determinar se esses eventos impediram ou não o cimento de selar o poço.<sup>1</sup> Infelizmente, a importância que estava sendo colocada no teste posterior nunca foi comunicada àqueles que o realizaram.

O uso de cimento nitrificado ou espumado foi outro fator que aumentou o risco de falha no trabalho do cimento. O funcionário sênior da *Transocean* na plataforma expressou dúvidas sobre o cimento nitrificado e comentou na época: “Acho que é para isso que temos esses alicates de corte”. Esta foi uma referência ao BOP, sentado no fundo do mar em cima do poço. O BOP estava

---

1 CCR, p. 90.

equipado com tesouras poderosas que, em teoria, podiam cortar o tubo de perfuração e fechar completamente o poço, se o pior acontecesse. Esses eram os alicates de corte aos quais o gerente da *Transocean* estava se referindo, que, em sua mente, compensavam o aumento do risco de usar cimento nitrificado.<sup>2</sup> O funcionário sênior da BP na plataforma evidentemente tinha a mesma preocupação. Há relatos de que ele disse: “Tenha cuidado com o nitrogênio e esteja pronto para fechar a bolsa”, outra referência ao BOP.<sup>3</sup> Em outras palavras, esses dois homens duvidavam do trabalho do cimento, mas presumiram que a última linha de defesa, o BOP, seriam a salvação se necessário. Examinaremos em breve por que essa fé foi colocada no lugar errado.

Vemos, então, que houve um reconhecimento generalizado de que as circunstâncias do trabalho de cimento aumentavam o risco de fracasso e que muitas pessoas, lá no fundo, estavam confiando nas defesas subsequentes para funcionar adequadamente, caso o trabalho de cimento falhasse de fato.

## A declaração de sucesso

Depois que a equipe terminou de bombear o cimento, ocorreu uma mudança de pensamento sutil. Eles sabiam que o cimento havia chegado ao local pretendido, porque eles tinham retornos plenos. Com base nisso, eles anunciaram que o trabalho de cimento havia sido bem-sucedido, mesmo antes que o cimento estivesse curado. Ao fazer isso, eles não levaram em consideração as outras maneiras pelas quais o cimento poderia ter falhado (por exemplo, por fuga de nitrogênio – a migração e coalescência das bolhas de nitrogênio – ou contaminação com lama). As reservas anteriores pareceram desaparecer e o trabalho de cimento foi implicitamente considerado um sucesso em todos os aspectos.

## A decisão de não usar a ferramenta de avaliação de cimento

Uma consequência da declaração de sucesso foi a decisão de não avaliar a qualidade do cimento usando um perfil CBL, conforme discutido no Capítulo

---

2 DWI, 26 de maio, p. 132; DWI, 27 de maio, pp. 57, 106.

3 DWI, 27 de maio, Harrell, p. 72.

2. O uso dessa ferramenta provavelmente teria revelado a falha do trabalho de cimento. No entanto, não o tratarei aqui como uma falha de barreira separada, porque nunca se pretendeu que fosse uma barreira independente. A intenção era usar um registro de ligação de cimento apenas se houvesse outras indicações de que o trabalho de cimento poderia ter falhado. Por esse motivo, nos diagramas de barreira deste livro, ele é representado com uma linha pontilhada.

## O teste de integridade do poço

O teste de integridade do poço foi um ponto crucial na estratégia de defesa em profundidade. Esse era o teste que estabeleceria definitivamente se o cimento havia selado o poço. Este era o teste no qual os engenheiros se apoiavam, quando pensavam sobre isso, para resolver quaisquer incertezas que pudessem ter sobre o sucesso do trabalho de cimento.

Mas os engenheiros não estavam diretamente envolvidos na realização do teste. Esse era o trabalho do funcionário da BP na plataforma, junto com os sondadores da *Transocean*. Essas pessoas não viram o teste como essencial. O trabalho de cimento já havia sido declarado um sucesso e, do ponto de vista deles, o teste de integridade do poço era apenas uma atividade de rotina projetada para confirmar o que eles já sabiam. Como vimos no Capítulo 3, esses homens foram profundamente afetados por um viés de confirmação que os impedia até mesmo de considerar que o poço poderia não estar selado. O relatório do conselheiro-chefe descreve bem:<sup>4</sup>

[Os testadores] começaram com a suposição de que o trabalho de cimento havia sido bem-sucedido e continuaram executando testes e propondo explicações até se convencerem de que sua suposição estava correta.

A questão é que isso não era mais uma linha de defesa independente. Ela foi totalmente minada pelas crenças sobre as linhas de defesa anteriores. Falhou precisamente por causa do anúncio incorreto de que o trabalho de cimento fora um sucesso.

---

4 CCR, p. 161.

## A falha no monitoramento

A próxima falha na sequência foi a falha no monitoramento. Por quase uma hora antes de a lama e o gás começarem a derramar incontrolavelmente no chão da plataforma, havia indicações claras do que estava prestes a acontecer. Se as pessoas estivessem monitorando o poço, como deveriam, teriam reconhecido essas indicações e adotado medidas preventivas. Então, por que eles não estavam monitorando o poço? Para responder a essa pergunta, precisamos de mais algumas informações básicas. As operações de perfuração envolvem uma circulação constante de fluidos para dentro e para fora do poço. Normalmente esses fluxos estão em equilíbrio. Mas se o petróleo e o gás estiverem entrando no fundo do poço, a vazão excederá a entrada e o poço estará “fluindo”. É fundamental para a operação segura de uma plataforma de perfuração que os fluxos para dentro e para fora de um poço sejam monitorados continuamente, para que os fluxos em excesso possam ser detectados rapidamente e o poço fechado, muito antes de o petróleo e o gás que escapam atingirem a superfície.

Normalmente, os fluidos que entram no poço são retirados de um tanque de entrada ou “reservatório”, enquanto os fluidos que saem do poço entram em um reservatório de saída. Existem instrumentos que medem os níveis nesses reservatórios. O volume no reservatório que recebe o fluido do poço deve aumentar na mesma taxa em que diminui o volume no reservatório que injeta fluido no poço. Se aumentar a uma taxa mais rápida, é provável que o poço esteja fluindo. Existe até um alarme que pode ser definido para indicar quando as alterações de volume em um reservatório são significativamente diferentes das alterações de volume no outro. Essa comparação entre volume *entrando* e volume *saindo* é o indicador mais básico e também mais confiável para saber se um poço está fluindo.

Havia dois grupos de pessoas na *Deepwater Horizon* responsáveis pelo monitoramento dos fluxos. Primeiro, havia os sondadores e seus assistentes, todos funcionários da proprietária da plataforma, *Transocean*. Segundo, a BP havia contratado outra organização, a *Sperry Sun*, para fornecer um serviço de monitoramento independente. Um funcionário da *Sperry Sun*,<sup>5</sup> conhecido como puxador de lama (*mudlogger*),<sup>6</sup> estava de plantão o tempo todo na plataforma.

---

5 Uma subsidiária da *Halliburton*.

6 O *mudlogger* é o técnico responsável pelo serviço de operação dos equipamentos de extração de lama. [N.T.]

Na tarde do acidente, a lama pesada do *riser* estava sendo substituída por água do mar mais leve, para que o *riser* pudesse ser removido antes da partida da plataforma. Em algum momento dessa operação, o poço ficaria desequilibrado, o que significa que o peso da lama no poço e no *riser* não seria mais suficiente para contrabalançar a pressão de petróleo e gás no reservatório. Nesse estágio, o poço começaria a fluir, a menos que houvesse pelo menos uma barreira de cimento efetiva em vigor. Mas o trabalho de cimento havia falhado, de forma que o poço começou a fluir a partir do momento em que ficou desequilibrado.

No entanto, durante várias horas naquela tarde, a equipe da *Transocean* impossibilitou o monitoramento confiável dos fluxos que saíam do poço. Em vez de transportar a vazão para um tanque onde o volume pudesse ser medido, eles estavam descarregando-a diretamente para um navio de abastecimento ao lado da plataforma, para economizar tempo. A puxadora de lama apontou para a equipe da *Transocean* que isso a impedia de realizar seu trabalho de monitoramento adequadamente, mas ninguém deu atenção a sua queixa.<sup>7</sup> Mais tarde, por razões que não precisam ser discutidas aqui, a equipe começou a direcionar o fluido de saída diretamente para o mar, novamente impossibilitando o monitoramento preciso das alterações de volume. Esse segundo período de descarga ocorreu no exato momento em que o poço estava fluindo e mascarou as indicações que, de outra forma, seriam aparentes para o puxador de lama (um segundo puxador de lama estava de serviço agora, após uma mudança de turno).<sup>8</sup>

Fica claro a partir desse relato que a equipe de perfuração tomou atitudes que impediram que os puxadores de lama realizassem seu trabalho com eficiência. A capacidade dos próprios sondadores de monitorar o poço também foi afetada.

Apesar das reservas dos puxadores de lama,<sup>9</sup> esse desvio do reservatório de saída pode muito bem ter sido a norma. Como um funcionário da *Transocean* disse: “[...] bombear [diretamente] para o barco era algo que a sonda fazia”.<sup>10</sup> Além disso, essas operações estavam acontecendo ao mesmo tempo que um grupo de executivos seniores da BP e da *Transocean* estavam visitando a plataforma. Curiosamente, eles não questionaram o que estava acontecendo, o que

---

7 BP, 2010, p. 91.

8 Durante o período crítico em que o poço estava fluindo, os sondadores também se envolveram em outras atividades (esvaziamento de tanques de viagem) que tornaram impossível para o puxador de lama fazer seu trabalho corretamente.

9 DWI, 7 de dezembro, Keith, p. 94.

10 DWI, 9 de julho, Bertone, p. 350.

sugere que eles não viam nada de anormal na prática. Mesmo que essa inferência seja contestada, o que está claro é que o pessoal da plataforma naquela tarde não tinha noção de que o que estavam fazendo poderia ser questionável de alguma forma, ou que deveriam mudar seu comportamento enquanto esses executivos seniores estivessem a bordo.

Então, por que os sondadores estavam se comportando dessa maneira, com tão pouca preocupação sobre se o monitoramento estava sendo realizado com eficácia? Qual era o estado de espírito deles?

Para eles, o trabalho terminara. De acordo com uma testemunha do inquérito: “[...] quando você chega a esse ponto, todo mundo vai para uma mentalidade de que terminou; esse trabalho está concluído”.<sup>11</sup> O poço havia sido perfurado e por duas vezes declarado seguro: uma vez quando os engenheiros anunciaram que o trabalho de cimento havia sido bem-sucedido e outra vez quando o funcionário da BP na plataforma declarou que o poço havia passado pelo teste de integridade. A equipe agora estava só terminando e, do ponto de vista deles, era desnecessário monitorar o poço de perto. Além disso, eles estavam com pressa. Os limpadores de tanque viriam a bordo à meia-noite e a lama precisava ser removida antes que eles pudessem começar a trabalhar.<sup>12</sup> Se os atalhos que eles estavam tomando interferiam na capacidade dos puxadores de lama de fazer seu trabalho, que assim fosse.

O resultado desse estado de espírito foi que outra das defesas contra explosões foi completamente desativada. Presumiu-se que ela era desnecessária precisamente por causa do funcionamento de defesas anteriores.

## O preventor de explosão

Na perfuração em águas profundas, o preventor de explosão (BOP) fica no fundo do mar, acima do poço. O tubo de perfuração passa por ele no caminho da sonda até o fundo do poço. O BOP possui dois modos principais de operação. Primeiro, ele pode ser usado para fechar um poço durante operações normais, como é necessário de tempos em tempos. Segundo, em uma emergência, ele pode ser usado para cortar o tubo de perfuração e selar o poço.

Nesse modo de emergência, o BOP foi considerado por muitos como a última linha de defesa. Se tudo o mais falhasse, o BOP os salvaria. Essa foi uma

---

11 Boemre, p. 86.

12 DWI, 8 de dezembro, PM, Spraghe, p. 50.

suposição explícita de várias pessoas envolvidas na perfuração do poço de Macondo. Mas essa fé foi indevida pelas seguintes razões.

Primeiro, há o registro de falhas. Em 2009, a *Transocean* encomendou um estudo confidencial da confiabilidade dos BOPs usados pelas plataformas de perfuração em águas profundas. Segundo o *New York Times*,<sup>13</sup> o estudo:

[...] encontrou 11 casos em que equipes de plataformas de águas profundas perderam o controle de seus poços e, em seguida, ativaram preventores de explosão para impedir um derramamento. Em apenas seis desses casos os poços foram controlados, levando os pesquisadores a concluir que, na prática, os preventores de explosão usados pelas plataformas de águas profundas tinham uma taxa de “fracasso” de 45%.

Essas são descobertas chocantes. Eles indicam que ninguém deveria ter confiado no BOP para operar efetivamente em uma emergência. Essa foi uma defesa que forneceu uma sensação totalmente falsa de segurança.

Fundamentalmente, havia limitações de design do BOP em uso na *Deepwater Horizon*. O tubo usado para perfurar um poço consiste em seções parafusadas. A espessura do metal nessas junções tem o dobro da espessura normal do tubo de perfuração. As junções representam 10% do comprimento do tubo. Sabia-se que o BOP não conseguiria atravessar essas junções. Desse ponto de vista, se o BOP fosse chamado a cortar o tubo para fechar o poço em uma emergência, há 10% de chance de que ele falhe. Esse fato em si deveria ter alertado contra a dependência do BOP como o salvador final.

Além disso, o BOP não foi projetado para lidar com uma explosão que já estava em intensidade máxima.<sup>14</sup> O pressuposto do projeto era que a equipe estivesse monitorando o poço o tempo todo e que eles reconheceriam rapidamente quando o controle do poço fosse perdido. Eles ativariam o BOP muito antes de o material começar a ser expelido no convés da plataforma. No poço de Macondo, a explosão se desenvolveu sem reconhecimento e sem controle, fazendo com que o tubo de perfuração dentro do BOP se deformasse e dobrasse.<sup>15</sup>

---

13 20 de junho de 2010.

14 Veja a discussão em *Transocean*, 2011, seções 3.4.5, 3.4.6, 3.4.7. Ver também Boemre, p. 145; e o relatório da Academia Nacional de Engenheiros, cap. 3.

15 As condições que levaram à deformação estiveram presentes a partir do momento em que o poço começou a vaziar (Boemre, p. 140), e significou que a dobra do tubo de perfuração “provavelmente ocorreu no momento ou perto do momento em que o controle do poço foi perdido” (Boemre, p. 5).

Como resultado, quando as tesouras do BOP foram ativadas, elas não conseguiram atravessar o tubo.<sup>16</sup>

Curiosamente, uma avaliação de risco da *Transocean* realizada em 2000 identificou a falha dos operadores em agir rapidamente como uma grande ameaça à confiabilidade do BOP.<sup>17</sup> Aqui, então, está o ponto principal. O BOP não operava independentemente das barreiras anteriores. Ele dependia, para sua eficácia, da atenção dos sondadores na plataforma. Dado que eles haviam baixado a guarda, o BOP não era absolutamente confiável como barreira contra explosões.

Há um paradoxo aqui. Se um poço estiver sendo monitorado adequadamente, os sondadores o fecharão muito antes de perderem o controle e não haverá necessidade de o BOP operar em modo de emergência. Por outro lado, se ocorrer um rompimento porque o poço não está sendo monitorado, essas são as circunstâncias nas quais é menos provável que o BOP opere de maneira eficaz. Em suma, a função de emergência do BOP oferece pouca proteção além daquela oferecida pela atividade de monitoramento de uma equipe de alerta. Se isso fosse compreendido pelos interessados, eles teriam depositado muito menos confiança no BOP.

## Um resumo

As barreiras em discussão podem agora ser vistas como intimamente conectadas. Os engenheiros tomaram decisões arriscadas sobre a cimentação, supondo que o teste de integridade do poço iria identificar qualquer problema. Alguns membros da equipe de Macondo olhavam mais longe ao longo da linha de defesa, para o BOP, que eles consideravam a melhor defesa caso o trabalho de cimento falhasse. Então, antes do trabalho de cimento, as pessoas estavam procurando barreiras *subsequentes* para compensar quaisquer deficiências. Depois veio a declaração de que o trabalho de cimento fora um sucesso, com base em retornos plenos. Consequentemente, a ferramenta de avaliação de cimento foi dispensada. Além disso, as pessoas responsáveis pelas defesas subsequentes começaram agora a considerar as defesas anteriores como garantia de segurança. Os resultados dos testes de integridade do poço foram

---

16 De acordo com Boemre (p. 151), as deficiências de manutenção, tão discutidas, não desempenharam nenhum papel no fracasso do BOP em fechar corretamente, nem houve vários vazamentos no BOP (Boemre, p. 153).

17 Veja <https://documents.nytimes.com/documents-on-the-oilspill#document/p40>.

mal interpretados porque os engenheiros declararam o trabalho de cimento um sucesso, e o monitoramento do poço foi efetivamente abandonado por causa das duas declarações anteriores de sucesso. Finalmente, o BOP falhou em grande parte porque o monitoramento falhou. Uma vez que os engenheiros declararam erroneamente o trabalho do cimento como um sucesso, todas as barreiras subsequentes foram efetivamente anuladas. É difícil imaginar um fracasso mais extraordinário de toda a filosofia da defesa em profundidade.

O outro aspecto importante desse relato é que ele revela que não havia um compromisso real com a filosofia da defesa em profundidade. Ninguém realmente acreditava na importância de múltiplas barreiras. Uma boa barreira era suficiente. Existem algumas razões profundas para esse tipo de pensamento que abordarei no Capítulo 8.

Antes de seguir em frente, é preciso dizer que a crença de que uma barreira é suficiente não é de modo algum uma maneira universal de pensar em indústrias perigosas. Hayes estudou a tomada de decisões da alta gerência de unidades de produção em organizações que se aproximam do ideal de organização de alta confiabilidade.<sup>18</sup> Ela as caracterizou como comprometidas com os princípios de defesa em profundidade. Se descobrissem que nem todas as barreiras estavam em vigor, consideravam que o sistema não estava seguro e que algo precisava ser feito. Hayes descobriu que eles adotavam uma das duas opções:

- (1) interromper/limitar/reduzir a produção dentro dos limites das barreiras restantes; ou
- (2) fornecer uma barreira de substituição temporária (que pode ser simplesmente um aumento no monitoramento pela equipe operacional).

Esse pensamento não estava presente na *Deepwater Horizon*.

## Parte 2: Falhas nas barreiras pós-explosão

Houve duas consequências em grande parte independentes do vazamento do poço de Macondo. A primeira foi uma explosão, com grande perda de vidas. A segunda foi o derramamento de óleo, com consequências ambientais catastróficas. Isso torna o acidente de Macondo incomum. Alguns dos acidentes mais conhecidos, como o de Santa Barbara, na costa da Califórnia em 1969, e

---

18 Hayes, 2012.

o vazamento de Montarra, na costa da Austrália Ocidental, em 2009, resultaram em grandes derramamentos de óleo, mas não houve ignição<sup>19</sup> nem perda de vidas.

O fato de o vazamento de Macondo ter duas consequências desastrosas independentes significa, com efeito, que dois conjuntos independentes de barreiras pós-vazamento falharam. O modelo de queijo suíço pressupõe uma seqüência linear de barreiras e não pode ser usado para representar essa situação. Precisamos generalizar o modelo de alguma maneira. O modelo de gravata-borboleta de causa e prevenção de acidentes faz exatamente isso (veja a Figura 4.2).<sup>20</sup> Um modelo de gravata-borboleta identifica um evento de acidente grave, como um vazamento, rotulado aqui como um “evento principal”.<sup>21</sup> Ele permite a possibilidade de mais de um caminho para esse evento e mais de um caminho a partir do evento. Para evitar o maior acidente ou mitigar suas consequências, devem ser estabelecidas barreiras em cada uma dessas vias.

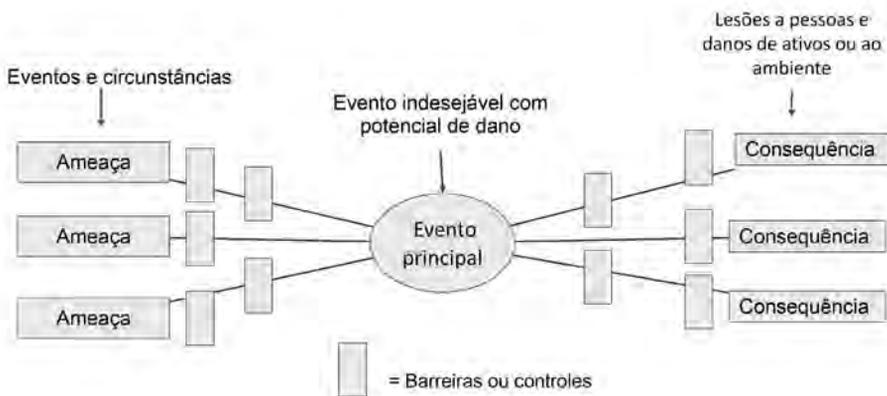


Figura 4.2 Diagrama de gravata-borboleta simples

No caso do vazamento de Macondo, estamos interessados em duas vias que partem do evento, uma levando à explosão e perda de vidas e a outra ao

19 Pelo menos, não naquele momento. O equipamento envolvido no derramamento de Montarra pegou fogo muitos dias após o evento.

20 Bice e Hayes, 2009.

21 Esta terminologia não faz sentido no contexto do modelo de gravata-borboleta. Ela vem da análise da árvore de falhas, onde faz sentido.

derramamento catastrófico de petróleo. Vamos nos concentrar em duas barreiras em potencial para cada uma dessas vias (ver Figura 4.3).

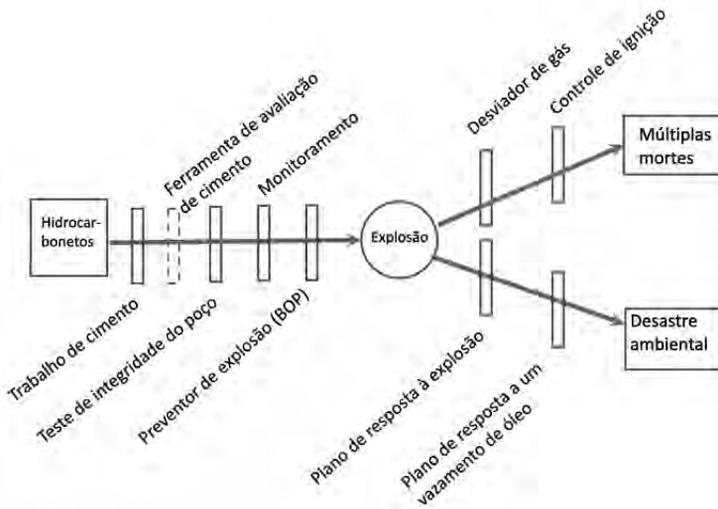


Figura 4.3 Modelo gravata-borboleta simplificado do acidente de Macondo

Em relação ao caminho superior no diagrama, se o gás da explosão tivesse sido desviado para o mar, o risco de explosão teria sido consideravelmente menor. Da mesma forma, se o equipamento tivesse sido projetado para impedir que o gás atingisse todas as fontes potenciais de ignição, a explosão poderia ter sido evitada. Em relação ao caminho de baixo, se a BP tivesse um plano eficaz de resposta ao vazamento ou, na sua falta, um plano eficaz de resposta a derramamentos de óleo, os danos ambientais poderiam ter sido muito reduzidos.

O argumento da Parte 2 deste capítulo é que a BP subestimou consistentemente a importância das barreiras pós-vazamento, seja por depositar confiança nas barreiras pré-explosão ou por subestimar de alguma outra maneira a importância das consequências pós-explosão.

## O *diverter*

A sonda estava equipada com um *diverter* (desviador) que permitia que a lama e o gás fossem desviados para o mar, para bombordo ou estibordo. Se os

ventos fossem favoráveis, isso levaria o gás para longe da embarcação. Mesmo com ventos desfavoráveis, o desvio ao mar reduziria a chance de explosão. Um estudo do regulador revelou que, em 16 das 20 vezes em que os vazamentos foram desviados para o mar, uma explosão foi evitada.<sup>22</sup>

Uma consequência do desvio ao mar é que o fluido de perfuração à base de óleo (lama) acabaria no mar, constituindo um derramamento, um evento ambiental de notificação compulsória.

Havia, portanto, outra opção associada ao *diverter*. A equipe poderia fechar uma válvula e direcionar o fluxo para um dispositivo que separava o gás da lama. Esse dispositivo expeliria o gás para longe do piso da plataforma e permitiria que a lama fosse retida a bordo, evitando assim um derramamento. Essa era uma estratégia apropriada quando o fluxo era relativamente pequeno. Mas o separador de lama/gás não consegue lidar com grandes vazões. Usá-lo em tais circunstâncias inevitavelmente geraria uma nuvem de gás no chão da plataforma.

Quando o vazamento de Macondo começou, a tripulação ativou o *diverter*, mas, em vez de enviar o fluxo para o mar, eles o enviaram através do separador de lama/gás, que foi rapidamente sobrecarregado, gerando uma nuvem de gás na plataforma. É fácil dizer em retrospectiva que esse foi um grave erro de julgamento. A questão então é: por que eles cometeram esse erro?

A posição da *Transocean* era que a tripulação estava simplesmente seguindo procedimentos-padrão,<sup>23</sup> segundo os quais o desvio ao mar era o último recurso. Os procedimentos, em outras palavras, minaram a eficácia do *diverter* como barreira contra explosões. Além disso, o *diverter* havia sido configurado anteriormente para direcionar o fluxo através do separador de lama/gás, não para o mar, e exigia uma intervenção ativa da tripulação para trocá-lo para a posição ao mar.<sup>24</sup> Se a principal consideração fosse fazer essa barreira o mais eficaz possível, a configuração-padrão da válvula teria sido desviar para o mar. O fato de que essa não era a configuração-padrão significava que a principal consideração era evitar pequenos derramamentos de notificação compulsória.<sup>25</sup> Em outras palavras, a equipe estava mais sintonizada com eventos de alta probabilidade e baixo impacto, como pequenos derramamentos, do que com eventos de baixa probabilidade e alto impacto, como explosões. Esse é um tema

---

22 CCR, p. 200.

23 CCR, p. 201.

24 CCR, p. 196.

25 CCR, p. 196.

que abordaremos no Capítulo 5. Mas o ponto importante no contexto atual é o seguinte: uma vez que se pensou tão pouco em maximizar a eficácia do *diverter* como barreira contra explosões, todos os envolvidos devem simplesmente ter assumido que as barreiras anteriores teriam o desempenho pretendido.

## Controle de ignição

O projeto da plataforma leva em consideração o potencial de uma mistura explosiva de ar/gás estar presente em vários locais. O projeto da *Deepwater Horizon* previa que pequenas quantidades do gás produzido pelas operações de perfuração podiam se acumular nas áreas de perfuração da plataforma. Elas foram, portanto, definidas como áreas perigosas e o equipamento elétrico nessas áreas foi projetado para ser à prova de explosão.<sup>26</sup>

No entanto, a casa das máquinas não foi designada como uma área perigosa e não foi projetada para impossibilitar o contato do gás com fontes de ignição.<sup>27</sup> Na noite em questão, a nuvem de gás migrou para a casa das máquinas e provavelmente entrou em combustão por uma faísca de um motor.<sup>28</sup> Um dos relatórios oficiais identificou posteriormente essa falha em tratar a casa de máquinas como área perigosa como um “intensificador de risco”,<sup>29</sup> enquanto outro a chamou de “possível causa contribuinte para a explosão”.<sup>30</sup>

Pode-se perguntar: com base em que a casa das máquinas foi designada como área não perigosa? A resposta é que não se esperava que houvesse uma mistura explosiva de ar/gás na casa das máquinas.<sup>31</sup> Em outras palavras, a classificação desconsiderava implicitamente a possibilidade de um evento como o vazamento de Macondo. A única base para descartar essa possibilidade é a suposição de que as defesas anteriores terão funcionado para impedir que esse vazamento ocorra.

Apesar de ser classificada como não perigosa, a possibilidade de gás entrar na casa das máquinas havia sido prevista, e o pessoal da plataforma deveria fechar

26 *Transocean*, 2011, seg. 3.5.3.

27 *Transocean*, 2011, p. 190.

28 *Transocean*, 2011, p. 190. Boemre (p. 15) afirma que, além dos motores, o separador de lama/gás era outra fonte possível de ignição.

29 Guarda Costeira dos EUA, Relatório de investigação da *Deepwater Horizon*, pp. M-3.

30 Boemre, p. 126.

31 B. Campbell, “Análise da causa da explosão na *Deepwater Horizon*”, 24 de junho de 2010, artigo publicado no website *Deepwater Horizon Study Group*, 5 de agosto de 2010, p. 7.

manualmente as entradas de ar na casa das máquinas no caso desse evento.<sup>32</sup> Talvez não seja surpreendente, dada a situação caótica que eles enfrentaram, que a tripulação da *Deepwater Horizon* não o tenha feito. O comentário da BP sobre esta situação é o seguinte:<sup>33</sup>

[...] havia um alto nível de confiança na intervenção manual/humana na ativação dos sistemas de segurança da *Deepwater Horizon* [...] A confiabilidade dos sistemas era, portanto, limitada pela capacidade dos indivíduos de responder em um ambiente estressante.

A agência regulatória foi um passo além em seu relatório oficial:<sup>34</sup>

A ausência de dispositivos de desligamento de emergência que pudessem ser acionados *automaticamente* em resposta a altos níveis de gás na plataforma foi uma possível causa contribuinte da explosão da *Deepwater Horizon*. (grifo nosso)

De acordo com um analista do Reino Unido, esse aspecto do projeto da *Deepwater Horizon* não seria aceitável pelo quadro regulatório da segurança do Reino Unido.<sup>35</sup> No mínimo, as entradas de ar para a casa das máquinas seriam equipadas com mecanismos de fechamento automáticos, que teriam sido ativados automaticamente na detecção de gás.<sup>36</sup> Essa, segundo ele, foi uma das lições do desastre de *Piper Alpha* em 1988. Ele continua:<sup>37</sup>

[...] parece que, quase um quarto de século depois que 167 pessoas foram mortas porque o gás entrou em uma área não perigosa contendo fontes de ignição, isso aparentemente aconteceu de novo na *Deepwater Horizon*.

---

32 BP, 2010, pp. 132, 139.

33 BP, 2010, p. 139.

34 Boemre, p. 198.

35 Campbell, op. cit., p. 33.

36 Campbell, op. cit., p. 7.

37 Campbell, op. cit., p. 8. Tanto o relatório da *Transocean* quanto o relatório do Boemre explicam a ausência de disjuntores automáticos com base no fato de que a plataforma estava posicionada dinamicamente e precisava ser capaz de usar seus motores no caso de uma emergência (*Transocean*, p. 190; Boemre, p. 116). O argumento é difícil de ser seguido. Se a situação exigir que o ar de entrada seja cortado, é certamente melhor fazer isso automaticamente em vez de confiar em um ser humano que previsivelmente não será confiável.

## A falta de um plano de resposta para vazamentos

Considere agora a outra consequência decorrente do vazamento, o derramamento catastrófico de petróleo. Logicamente, há duas coisas que precisam ser feitas para evitar um desastre ambiental. O vazamento deve ser interrompido e o que foi extravasado deve ser limpo. Em relação ao primeiro, a BP não tinha um plano para lidar com petróleo e gás fluindo descontroladamente do fundo do mar 1,6 km abaixo da superfície do mar, a não ser perfurar um poço de alívio para interceptar o poço que estava vazando e bombear cimento no poço até fechá-lo.<sup>38</sup> Isso deixaria o vazamento fluindo incontrolavelmente por muitas semanas até que o poço de alívio pudesse ser perfurado. É claro que, quando chegou nesse ponto, a BP improvisou brilhantemente e, desde então, houve um grande progresso na tecnologia de bloqueio e contenção que pode ser usada para parar esse fluxo. Mas, na época, os executivos da BP admitiram que estavam inventando a cada dia e que não tinham “equipamentos e tecnologia comprovados” para lidar com um vazamento.

O plano de exploração apresentado à agência regulatória antes de a BP começar a perfurar o poço de Macondo continha as seguintes declarações:<sup>39</sup>

### Controle de poços em águas profundas

*A BP Exploration and Production Inc, empresa MMS número 02481, tem capacidade financeira para perfurar um poço de alívio e realizar outras operações de controle de emergência.*

### *Cenário de vazamento*

*Um cenário para um vazamento potencial do poço a partir do qual a BP esperaria ter o maior volume de hidrocarbonetos líquidos não é necessário para as operações propostas neste PE [plano de exploração].*

Essas afirmações demonstram uma abordagem minimalista e burocrática aos requisitos regulatórios do plano de exploração. Não há nenhuma evidência no plano de que a BP tenha considerado como lidaria com um vazamento. Novamente, ficamos com a impressão de que a BP presumiu que as defesas anteriores funcionariam para impedir um vazamento e também que, se isso ocorresse, o plano de resposta a derramamentos de óleo funcionaria como planejado para evitar danos ambientais sérios. Em outras palavras, a suposição de

---

38 OSC, p. 273.

39 A exigência normal para um cenário de explosão é especificada em 30 CFR 250.213(g).

que outras defesas funcionariam conforme o planejado os isentava de qualquer necessidade de pensar cuidadosamente sobre como impediriam um vazamento em águas profundas.<sup>40</sup>

## O Plano de Resposta a Vazamento de Óleo

Embora o regulador não exigisse um plano de resposta para explosões, era exigido um plano de resposta para derramamentos de petróleo e uma avaliação de impacto ambiental (AIA). Esses documentos subestimaram seriamente as possíveis consequências ambientais. De acordo com o AIA:<sup>41</sup>

Um derramamento acidental de petróleo a partir das atividades propostas poderia causar impactos nas praias. No entanto, devido à distância da costa (48 milhas) e às capacidades de resposta que estariam instaladas, não são esperados impactos significativos.

O plano de exploração também contém a seguinte passagem, que acaba sendo extremamente otimista:

No caso de uma explosão imprevista que resulte em um derramamento de petróleo, é improvável que tenha um impacto, com base nos padrões gerais da indústria de uso de equipamentos e tecnologia comprovados para essas respostas e na implementação do Plano Regional de Resposta a Derrames de Petróleo da BP, que trata dos equipamentos disponíveis e pessoal, técnicas de contenção, recuperação e remoção do derramamento de óleo.

Em alguns aspectos, o plano de resposta a derramamentos de óleo e a AIA foram exemplos do que um escritor chamou de “documentos fantasia” – documentos que as empresas produzem para demonstrar aos órgãos reguladores e ao público como eles lidariam com eventos catastróficos.<sup>42</sup> Talvez a evidência

---

40 Após o acidente Macondo, a agência regulatória impôs uma exigência de que as operadoras demonstrem que têm a capacidade de limitar e conter um vazamento no fundo do mar. Ver NTL 2010 N10. As principais petroleiras criaram uma empresa de contenção de vazamento de poços marítimos para fornecer este serviço.

41 Ver [www.gomr.boemre.gov/PI/PDFImages/PLANS/29/29977.pdf](http://www.gomr.boemre.gov/PI/PDFImages/PLANS/29/29977.pdf), seções 7.1 e 14.2.2.

42 Clarke, 1999.

mais clara da natureza fantasiosa desses documentos é a menção, no plano de resposta a derramamentos de petróleo, à necessidade de proteger leões-marinhos, lontras e morsas, nenhum dos quais existe no Golfo do México.<sup>43</sup> É claro que, embora a BP tenha preparado vários documentos para atender aos requisitos regulatórios, não havia barreiras eficazes pós-explosão contra desastres ambientais.

## **Explicando a ausência de barreiras pós-explosão eficazes**

Um dos principais motivos da falta de atenção às barreiras pós-explosão foi a dependência da BP dos controles pré-explosão. Isso fica muito claro em uma avaliação de risco genérica que a BP fez em 2009 para perda de controle do poço no Golfo do México. Essa avaliação identifica incêndio e explosão, além de danos ambientais, como possíveis consequências de um vazamento, mas as estratégias de mitigação que ela vislumbra são todas focadas em primeiro lugar na prevenção de um vazamento, e não na limitação de suas consequências depois que ele ocorrer. A principal entre essas estratégias é o treinamento de controle de poço. Não há menção a planos de resposta a vazamento ou de resposta a derramamento de petróleo.

Há um dilema aqui. A melhor maneira de lidar com explosões é impedir que elas ocorram. A prevenção é sempre preferível à resposta de emergência. Mas uma estratégia completa para gerenciar riscos graves deve incluir medidas para mitigar o efeito de um evento de acidente grave, uma vez ocorrido.<sup>44</sup> Deste ponto de vista, não era suficiente para a BP confiar nas barreiras pré-vazamento. Claramente, seria desejável que a BP insistisse em melhores sistemas de prevenção de explosões nas plataformas que ela contratava para fazer sua perfuração e que desenvolvesse um sistema de bloqueio e contenção para controlar os poços com vazamento.

Parece que a BP implementou controles pós-explosão apenas na medida em que eram exigidos pela legislação. Portanto, dado que os sistemas de proteção contra incêndio exigidos no Golfo do México eram menos rigorosos que os exigidos nas águas do Reino Unido, os padrões de proteção contra incêndio nas plataformas utilizadas pela BP no Golfo do México eram mais baixos do que no

---

43 OSC, p. 84.

44 Por exemplo, o fornecimento de alojamento à prova de explosão para o pessoal, e sistemas automáticos de combate a incêndios.

Reino Unido.<sup>45</sup> Da mesma forma, a atenção da BP à resposta a vazamento e derramamento de petróleo limitou-se ao exigido pelo órgão regulatório. E, dado que esse órgão não tinha os recursos para examinar e questionar efetivamente os planos de exploração fornecidos a ele, quando a hora da crise chegou, esses planos tinham muito pouca substância. Não poderia haver maior demonstração da importância de uma regulamentação eficaz. É uma questão que discutirei no Capítulo 10.

Se nos concentrarmos por um momento em segurança e não no risco ambiental, há outro fator que ajuda a explicar a aparente falta de preocupação com a eficácia das barreiras pós- explosão. A avaliação de risco genérica do Golfo do México avaliou formalmente o risco de segurança representado por uma explosão como “baixo”. Esta é uma avaliação um tanto surpreendente. De fato, ela foi explicitamente baseada na crença de que um evento de perda de controle do poço seria precedido por indicadores de fluxo/pressão que dariam tempo para a evacuação segura do pessoal. A suposição aqui é que a equipe estaria monitorando esses indicadores efetivamente. Em outras palavras, a avaliação do risco como “baixa” depende da suposição de que uma defesa anterior funcionou. Obviamente, nessa suposição, há pouco sentido em se preocupar com as defesas subsequentes. Deste ponto de vista, a confiança em uma defesa anterior prejudicou qualquer compromisso de garantir a eficácia das defesas pós- explosão.

A avaliação de que o risco à segurança era “baixo” teve outra consequência. A política da BP era que um risco de baixo nível poderia ser aprovado por um gerente de baixo escalão. Por isso, do ponto de vista da segurança, as mitigações para lidar com o risco de uma explosão catastrófica precisavam apenas da aprovação do líder da equipe do poço. O problema é que algumas das estratégias mais eficazes de gerenciamento de riscos estão muito além do controle de um gerente de baixo escalão. Considere, por exemplo: melhorar o design dos BOPs para que funcionem de maneira mais confiável em circunstâncias extremas; alterar os projetos das plataformas para que elas sejam menos vulneráveis a explosão; automatizar sistemas de monitoramento e implantar padrões de engenharia mais rigorosos. Todas essas estratégias exigem um comprometimento de recursos que só pode ser feito no mais alto nível corporativo. A designação do risco de segurança como baixo pela BP atua contra qualquer envolvimento de alto escalão. Avaliações de risco dessa natureza são notoriamente não confiáveis, no sentido de que avaliadores independentes costumam fazer

---

45 Veja o artigo de B. Campbell citado anteriormente.

juízos bastante diferentes sobre o nível de risco.<sup>46</sup> Portanto, é preocupante encontrar empresas concluindo que uma explosão catastrófica pode não ser um risco que exija um exame minucioso da situação no nível hierárquico mais alto.

## Um aparte sobre avaliação de risco

As incertezas do processo de avaliação de risco podem ser mais ilustradas no caso em discussão aqui. Diferentemente da avaliação *genérica* de risco de vazamento discutida acima, a equipe de Macondo realizou uma avaliação de risco específica para esse poço antes da sua perfuração. Como foi mostrado no Capítulo 2, essa avaliação de risco se concentrou apenas no risco comercial, embora devesse cobrir também o risco de segurança. É instrutivo voltar e aplicar essa ferramenta de avaliação de risco ao risco de segurança de um vazamento do tipo de Macondo. A ferramenta exige que avaliemos o nível de impacto e a probabilidade e, em seguida, eles sejam combinados em uma única avaliação de risco (ver o Apêndice 2). Uma explosão do tipo de Macondo, resultando em uma ou mais fatalidades, seria classificada como tendo um *impacto* “muito alto”. Quanto à *probabilidade*, as categorias variam de muito baixa a alta.

Probabilidade “muito baixa” é definida como: “só poderia ocorrer como resultado de várias falhas independentes de sistema ou controle. Ocorrência futura considerada improvável. Nenhuma ocorrência comparável é conhecida”.

“Baixa” é definida como: “pode resultar de uma combinação plausível de falhas no sistema ou controle. Provavelmente ocorreria se o sistema fosse operado por tempo suficiente. Sabe-se que eventos comparáveis ocorreram no passado”.

Vamos dar à BP o benefício da dúvida e classificar a probabilidade de um incidente do tipo de Macondo como “muito baixa”, com base no fato de que “nenhuma ocorrência comparável é conhecida”. A ferramenta de avaliação a seguir exige que o risco seja avaliado em uma escala de cinco pontos: muito baixo, baixo, moderado, alto, muito alto. Um evento de impacto “muito alto” que tem uma probabilidade “muito baixa” é classificado como um risco “moderado”. Em suma, o risco de um incidente do tipo de Macondo está no ponto médio da escala de risco de cinco pontos. Esta não é a conclusão à qual a BP chegou porque ela nunca aplicou sua ferramenta de avaliação de riscos dessa

---

46 Pickering e Cowley, 2011.

maneira. Pode-se perguntar se ela teria dedicado mais recursos para lidar com os riscos à segurança de uma explosão caso aplicasse.

Observe que a definição de probabilidade “muito baixa” inclui a pré-condição de que as falhas na barreira são independentes. Agora sabemos que elas não foram independentes na explosão de Macondo. Se permitirmos a possibilidade de que as barreiras possam não ser independentes, precisaríamos classificar a probabilidade de um evento do tipo de Macondo como baixa, e não muito baixa. O nível de risco mudaria para “alto”. Isso seria inaceitável em quase qualquer ponto de vista.

A discrepância entre a avaliação genérica do risco de segurança de explosão (baixa) e a versão específica de Macondo (moderada ou alta) destaca as incertezas do processo de avaliação de riscos e a importância de considerar as premissas em que se baseiam. Como os incidentes catastróficos são raros, é improvável que as avaliações de risco sejam questionadas no curso normal dos eventos. Seus pressupostos e vieses permanecem, portanto, imperturbáveis até que um incidente como a explosão de Macondo faça com que os holofotes se dirijam para eles. Se não for possível confiar nas empresas para avaliar realisticamente o risco de eventos raros, mas catastróficos, é importante que os órgãos regulatórios façam o máximo para verificar o raciocínio das avaliações de risco que lhes são submetidas. O órgão regulador do Golfo do México na época não tinha recursos para fazer isso.

## Eventos além da base de projeto

A Comissão Presidencial de Macondo incentivou o setor de petróleo e gás a procurar na indústria nuclear estratégias para lidar com os riscos de acidentes graves. Por coincidência, um desenvolvimento recente na indústria nuclear tem uma relevância considerável para essa discussão. Após o acidente da usina nuclear de Fukushima no Japão em 2011, a Comissão Reguladora Nuclear dos Estados Unidos criou uma força-tarefa para identificar lições para a indústria nuclear americana.<sup>47</sup> A força-tarefa observou que o tsunami que desencadeou o acidente foi muito mais severo do que a usina foi projetada para suportar. Por isso, defendia que a filosofia tradicional de defesa em profundidade da Comissão fosse reforçada, incluindo a exigência de levar em conta eventos além da

---

47 Revisão de curto prazo dos conhecimentos do acidente de Fukushima Dai-Ichi, recomendações para aumentar a segurança dos reatores no Século 21, 12 de julho de 2011, US Nuclear Regulatory Commission.

base de projeto, como grandes terremotos, impacto de aeronaves e os chamados “incêndios e explosões além da base de projeto”. Essa é uma ideia desafiadora que poderia muito bem ser implementada na indústria de petróleo e gás. Incentiva os avaliadores de risco a imaginar eventos que estão além da capacidade de seus sistemas de lidar e a considerar qual pode ser a maneira apropriada de responder a tais eventos.<sup>48</sup> Há um paradoxo aqui, pois, quando você começa a projetar para tais eventos, eles deixam de ser um evento além da base de projeto. É um paradoxo criativo, no entanto, na medida em que equivale a uma estratégia de redução contínua de riscos. O significado dessa abordagem é que ela chama explicitamente a atenção para situações nas quais todas as defesas falharam. Isso impede que os analistas confiem implicitamente em defesas anteriores, como parece ter acontecido com o planejamento do cenário pós-vazamento da BP. É algo que todas as indústrias perigosas deveriam contemplar.

## Conclusão

A estratégia de defesa em profundidade deveria significar que a probabilidade de um acidente grave é infinitamente pequena. Claramente não é esse o caso. Uma explicação é que as barreiras não são independentes umas das outras. Foi o que aconteceu em Macondo. As barreiras pós-vazamento eram totalmente inadequadas, em parte porque os projetistas de sistemas de segurança estavam confiando nas barreiras pré-vazamento para realizar seu trabalho. Quanto às barreiras pré-vazamento, a presunção de que uma operara com sucesso parecia anular todas as outras. Depois que os engenheiros anunciaram erroneamente que o trabalho de cimento havia sido bem-sucedido, todas as outras barreiras desabaram, como dominós em queda. A defesa em profundidade só pode funcionar se as barreiras operarem independentemente umas das outras. Essa certamente é uma das lições mais significativas do desastre de Macondo.

---

<sup>48</sup> A central elétrica Fukushima foi projetada para lidar com o pior tsunami que tinha ocorrido na área nos mil anos anteriores; ela não foi projetada para lidar com o pior tsunami possível, ou mesmo com o pior tsunami que tinha ocorrido em outras partes do mundo. Ver C. Perrow, “Fukushima e a inevitabilidade dos acidentes”, em <http://bos.sagepub.com/content/67/6/44>. Se a usina tivesse sido projetada com base neste último, o acidente de Fukushima não teria acontecido. Veja também *The New York Times*, 27 de março de 2011. Nancy Leveson escreve persuasivamente sobre a necessidade de levar a sério o pior cenário concebível, não apenas o pior cenário provável (Leveson, 2011).

