

Análise apurada

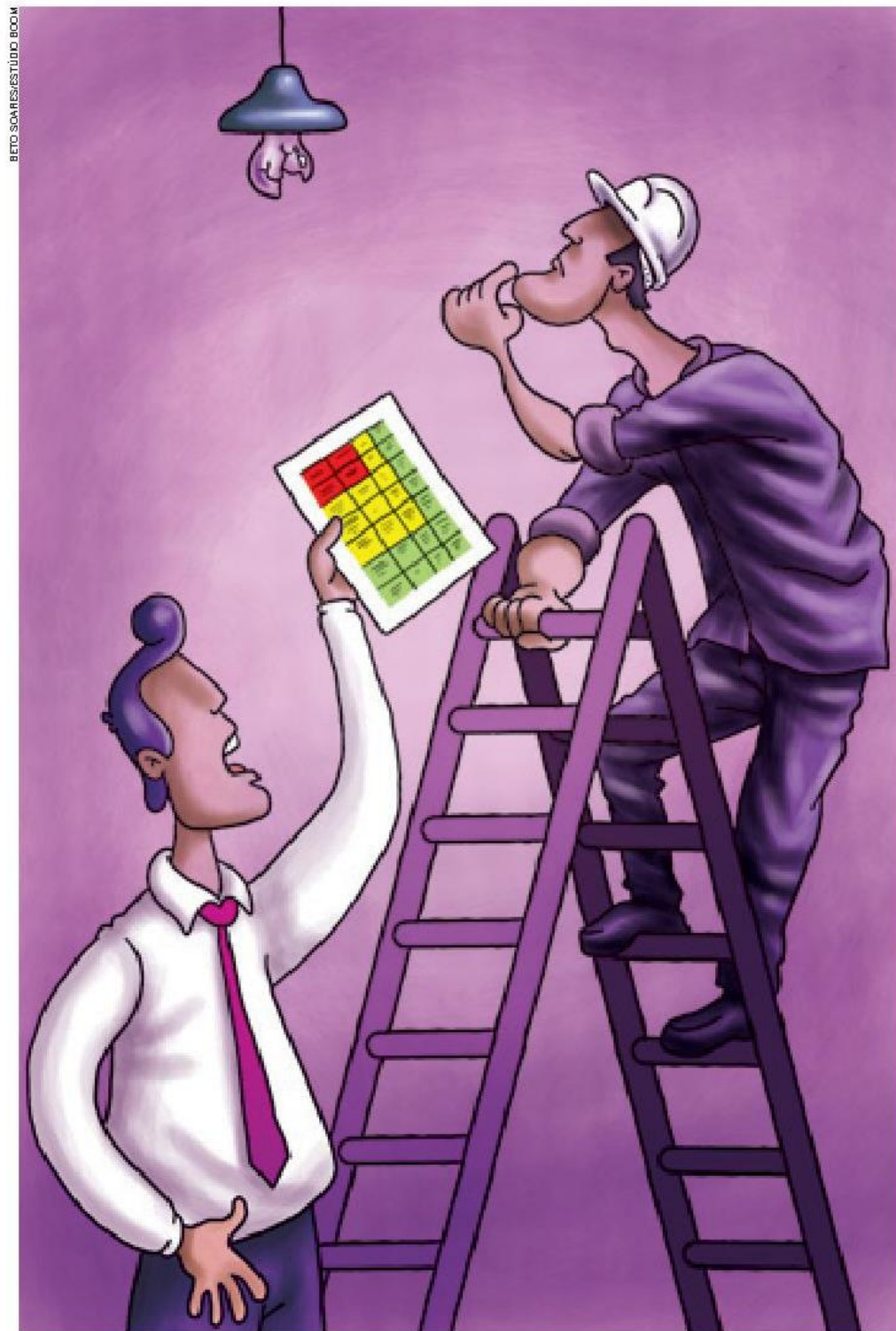
Ferramentas auxiliam organizações no gerenciamento de riscos

Todas as atividades de uma organização envolvem riscos que devem ser gerenciados. Como parte desse processo é necessário identificar as condições perigosas de um determinado local, de um projeto, de um equipamento ou mesmo de uma tarefa e entender os riscos associados em termos de probabilidade e de consequência. Para que isso seja possível, há diversas ferramentas disponíveis de análise de risco, cada qual voltada para uma aplicação específica e que ajudam as organizações nessa etapa do gerenciamento.

Associado a essas ferramentas, há métodos de valoração de riscos divididos em três categorias principais: métodos qualitativos; métodos semiquantitativos e métodos quantitativos. As definições a seguir estão alinhadas com a norma IEC/ISO 31010:2009 (*Risk management – Risk assessment techniques*).

Os métodos qualitativos de valoração de risco classificam/qualificam o risco dentro de grupos pré-estabelecidos. Como exemplo, o risco pode ser considerado “baixo”, “médio” ou “alto”. Contudo, pode haver vários riscos enquadrados no grupo chamado de “baixo” e, nesse caso, não há qualquer escala ou número que indique qual deles é o “menor” ou o “maior”, dentro desse mesmo grupo “baixo”. O Quadro 1, *Métodos qualitativos*, exemplifica essa categoria.

Os métodos semiquantitativos de valoração de risco também classificam/qua-



lificam o risco dentro de grupos pré-definidos, porém é possível estabelecer uma priorização dos riscos dentro de cada grupo. Isso é feito usualmente por meio de uma escala numérica que define, para uma mesma categoria de risco (por exemplo, “riscos médios”), qual é o “menor” e

qual é o “maior”. Nesse tipo de método aparecem as conhecidas “tabelas de priorização” ou “matrizes de risco”, que usualmente têm entre três e cinco colunas para definições de probabilidade e mais três a cinco colunas para definições de consequência (ou severidade). Para cada

Este é o quinto artigo de uma série em que se apresenta a estrutura de um programa de gerenciamento de risco desenvolvido mundialmente na indústria mineral. O projeto G-MIRIM é produto de uma parceria iniciada pela mineradora multinacional Anglo American, que reconheceu a necessidade de mudar seu desempenho em segurança.

Quadro 1 Métodos qualitativos

Probabilidade	Consequência			
	Catastrófica	Crítica	Marginal	Desprezível
Frequente	Alto			
Provável				
Ocasional	Médio			
Rara	Baixo			
Improvável				

definição de probabilidade e de consequência, está associada uma escala numérica, que ajuda a situá-la dentro de um determinado grupo. Nesse tipo de método de valoração do risco, a prioridade é obtida na interseção de uma das colunas com uma das linhas, e pode ser expressa tanto em termos numéricos, quanto por meio de um adjetivo (como por exemplo, “marginal”, “crítico”, “catastrófico”, etc). Muitas empresas fazem o uso de cores diferentes para as priorizações de risco, de modo a chamar mais a atenção para as classes de risco enquadradas em zonas críticas. A Tabela 1, *Métodos semiquanti-*

tativos, ilustra esse conceito.

Os métodos quantitativos de valoração de risco calculam o risco, diferentemente dos métodos semiquantitativos, que apenas priorizam o risco baseado em uma escala pré-determinada. Para se calcular o risco (por meio da probabilidade e da consequência), são usados modelos matemáticos e pode ser necessária a utilização de *softwares* especializados.

A escolha do método de valoração do risco dependerá do propósito da análise, da disponibilidade de dados confiáveis e das necessidades de tomada de decisão da organização. Em alguns casos, a esco-

lha é determinada pela própria legislação ou por um órgão governamental de controle e de fiscalização, e, normalmente, está associado à ferramenta de análise de risco mais indicada para um determinado tipo de análise requerida.

FERRAMENTAS

As ferramentas para análise geral permitem avaliar os riscos de modo amplo, olhando para diversos aspectos simultaneamente. Funcionam como uma espécie de filtro, separando os riscos mais críticos dos mais brandos por meio de um processo de priorização.

Já as ferramentas para análise específica são usadas para uma avaliação de risco mais pontual, partindo apenas de uma condição perigosa ou de um evento indesejado mais crítico. Nesse sentido, uma boa prática é fazer o uso combinado de ferramentas, ou seja, iniciar com uma ferramenta para análise geral e em seguida, com os riscos priorizados, aplicar uma fer-

Tabela 1 Métodos semiquantitativos

Tipo de perda (perdas adicionais podem existir em um evento, identifique-as e classifique-as adequadamente)	Efeito/consequência da condição perigosa (condição com potencial de dano) (Quando um evento apresenta mais de um “tipo de perda”, escolha a “consequência” com a classificação mais alta)					
	1. Insignificante	2. Pequeno	3. Moderado	4. Maior	5. Catastrófico	
(S/H) Lesão às pessoas (segurança/saúde)	Caso de primeiros socorros /Exposição para pequeno risco à saúde	Caso de tratamento médico/Exposição maior a risco de saúde	Ferimento com perda de tempo/Impacto reversível sobre a saúde	Uma única fatalidade ou perda de qualidade de vida/Impacto irreversível sobre a saúde	Múltiplas fatalidades/ Impacto fatal sobre a saúde em última instância	
(EI) Impacto ambiental	Dano ambiental mínimo - incidente L1	Dano ambiental material - incidente L2 remediável no curto prazo	Dano ambiental grave - incidente L2 remediável no âmbito LOM	Dano ambiental maior - incidente L2 remediável pós-LOM	Dano ambiental extremo - incidente irreversível L3	
(BI/MD) Interrupção dos negócios/Dano material e Outros/Perdas importantes	Sem interrupção para a operação/US\$ 20 mil a US\$ 100 mil	Breve interrupção da operação/US\$ 100 mil a US\$ 1 milhão	Fechamento parcial/ US\$ 1 milhão a US\$ 10 milhões	Perda parcial da operação US\$ 10 milhões a US\$ 75 milhões	Perda significativa ou total da operação > US\$ 75 milhões	
(L&R) Legal & Regulatório	Questão jurídica de nível baixo	Pequena questão jurídica; não cumprimento e violação da lei	Violação grave da lei; investigação/relatório para autoridades, processo ou possível penalidade moderada	Violação maior da lei; processo e penalidades consideráveis	Penalidade e processos bastante consideráveis. Várias ações legais e sentenças de prisão	
(R/S/C) Impacto sobre a Reputação/ Social/Comunidade	Impacto pequeno - conscientização pública pode existir, mas não há preocupação pública	Impacto limitado - preocupação pública local	Impacto considerável - preocupação pública regional	Impacto nacional - preocupação pública nacional	Impacto internacional - atenção pública internacional	
Probabilidade	Classificação de risco					
Exemplos (levar em conta tanto quase acidentes quanto eventos reais)						
5 (Quase certo)	O evento indesejado ocorreu frequentemente, ocorre uma ou mais vezes por ano e é provável que volte a acontecer em um ano	11 (M)	16 (H)	20 (H)	23 (EX)	25 (EX)
4 (Provável)	Um evento indesejado ocorreu com pouca frequência; ocorre menos de uma vez por ano e é provável que volte a acontecer em cinco anos	7 (M)	12 (M)	17 (H)	21 (EX)	24 (EX)
3 (Possível)	O evento indesejado aconteceu no negócio em algum momento ou poderia acontecer em até 10 anos	4 (L)	8 (M)	13 (H)	18 (H)	22 (EX)
2 (Improvável)	O evento indesejado aconteceu no negócio em algum momento ou poderia acontecer em até 20 anos	2 (L)	5 (L)	9 (M)	14 (H)	19 (H)
1 (Raro)	Nunca se soube da ocorrência do evento indesejado no negócio ou é altamente improvável que irá ocorrer em até 20 anos	1 (L)	3 (L)	6 (M)	10 (M)	15 (H)

ramenta para análise específica, para detalhar cada um desses riscos mais críticos, inclusive considerando as medidas de controle já implantadas.

Essa análise deve ser capaz de responder que outras medidas adicionais serão necessárias para tornar o risco aceitável pela organização.

Nas ferramentas para análise geral estão a WRAC (*Workplace Risk Assessment and Control*), FMECA (*Failure Mode, Effect and Criticality Analysis*) e HAZOP (*Hazard and Operability Studies*).

A ferramenta *Workplace Risk Assessment and Control*, traduzida como “avaliação e controle dos riscos no local de trabalho”, é uma ferramenta de análise preliminar, desenvolvida na década de 1990, no meio militar dos Estados Unidos. Ela objetiva separar os riscos mais críticos dos menos críticos, com a hierarquização feita por meio do método de valoração semiquantitativo (tabela de priorização).

A aplicação da ferramenta se inicia decompondo o objeto de estudo (por exemplo, um local ou uma tarefa) em etapas (ou passos) e para cada etapa, a equipe multidisciplinar que participa da análise deve perguntar: “O que pode dar errado?”. Para responder a essa pergunta, deve-se imaginar possíveis erros humanos (deslizes/lapsos, equívocos e principalmente violações), energias fora de controle (por prováveis falhas e/ou ausência dos controles) e quaisquer ameaças que façam com que as condições perigosas se materializem em um incidente ou acidente.

Finalizada essa fase de levantamento de dados e de entendimento de cada etapa, deve-se transferir essas informações para um formulário específico, que contém as seguintes colunas: etapa/passos; evento indesejado; controles existentes; probabilidade; consequência; “grau de risco”; controles recomendados; responsabilidade. As colunas de probabilidade e consequência são estimadas fazendo o uso de uma tabela de risco pré-definida e levando-se em conta os controles existentes. O grau de risco também é extraído dessa tabela, por meio da combinação dos valores atribuídos de probabilidade e de consequência. Essa técnica trabalha com um método de valoração semiquantitativo.

FMECA

A ferramenta *Failure Mode, Effect and Criticality Analysis*, traduzida para “aná-

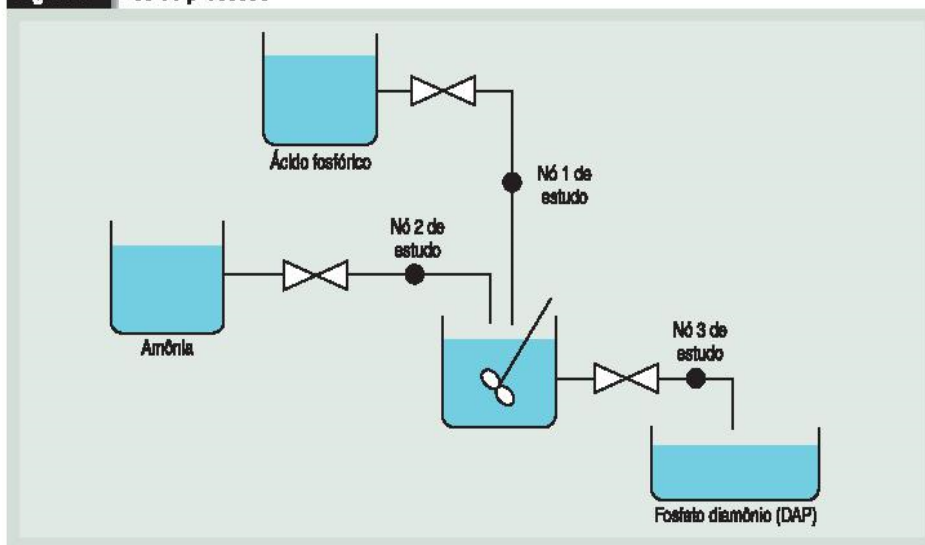
lise dos modos de falha, efeitos e criticidade”, foi desenvolvida na indústria aeroespacial na década de 1960 para avaliar a confiabilidade de *hardware*. O que difere a FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) da FMECA é que a primeira é uma ferramenta que identifica modos e mecanismos de falha e suas consequências. No entanto, ela pode ser complementada por uma análise de criticidade, que define a significância de cada modo de falha. Nesse caso, a ferramenta passa a se chamar FMECA, onde a letra “C” representa essa criticidade (ou criticidade). Esta é baseada na probabilidade de um determinado modo de falha ocorrer e na consequência que esse modo de falha provocará, gerando um “grau de risco”.

A *Failure Mode, Effect and Criticality Analysis* possui a capacidade de avaliar um equipamento ou sistema a partir da identificação de possíveis falhas de cada componente em seus modos operacionais, bem como prever os efeitos das falhas e as consequências sobre outros componentes desse sistema. Seu objetivo principal é determinar a confiabilidade do equipamento ou do sistema analisado. Para tanto, a probabilidade de falhas é obtida em função do tempo médio esperado entre falhas para o sistema em análise. A fase inicial da aplicação da FMECA consiste em desmembrar o equipamento que está sendo analisado em itens/componentes. Para isso, são necessárias informações sobre os elementos do equipamento em detalhes suficientes para uma análise significativa, o que inclui desenhos ou fluxogramas com cada um de seus componentes, entendimento da função de cada componente, detalhamento dos parâmetros que podem interferir no seu funcionamento, compreensão dos resultados das falhas, dados históricos de falhas, etc.

Finalizada essa fase de levantamento dos componentes, deve-se transferir esses conjunto de dados para um formulário específico, que contém as seguintes colunas: item/componente; modo de falha; consequências/efeitos; probabilidade; consequência; criticidade (grau de risco); controles recomendados.

Assim como na ferramenta WRAC, na FMECA as colunas de probabilidade e consequência são estimadas fazendo uso de uma tabela de priorização pré-definida e levando-se em conta os controles existentes. A criticidade também é extraída dessa tabela, por meio da combinação dos

Figura 1 Nós de processo



valores atribuídos de probabilidade e de consequência. Sua aplicação pode ser feita durante as fases de projeto, manufatura ou mesmo operação de um sistema e/ou equipamento. No entanto, as mudanças requeridas são mais fáceis de serem implantadas na fase de projeto.

Para saber mais, consulte IEC 60.812 (*Analysis techniques for system reliability – procedures for failure mode and effect analysis*).

Essa técnica trabalha com um método de valoração semiquantitativo.

HAZOP

Traduzida para “estudos de condições perigosas e operabilidade”, a *Hazard and Operability Studies* foi desenvolvida pela empresa ICI (*Imperial Chemical Industries*) na década de 1960 e foi amplamente disseminada a partir de 1977 com sua

publicação pela Associação das Indústrias Químicas (*Chemical Industries Association*).

Inicialmente, sua principal aplicação era analisar processos químicos, mas seu uso tem sido adaptado para outros tipos de operações (por exemplo, ventilação de mina subterrânea). Ela é bem sistemática e estuda as consequências da combinação de palavras-guias (“mais”, “menos”, “ausência”, etc.) com as variáveis do processo (pressão; temperatura; concentração; tempo; fluxo; nível; etc.), que podem resultar em hipotéticos desvios a serem analisados. Seus objetivos são: determinar as condições perigosas que podem causar as consequências mais severas; identificar as causas de todos os desvios de processo; decidir em que circunstâncias ações são requeridas para controlar as condições perigosas ou os problemas operacionais;

assegurar que as ações de melhoria propostas sejam implantadas e sejam efetivas. A aplicação dessa ferramenta compreende a identificação dos principais componentes críticos dos processos analisados como, por exemplo, bombas, válvulas, vasos sob pressão, trocadores de calor, etc. Isso requer uma série de informações e dados como procedimentos operacionais, de manutenção e de emergência, diagramas de processo e instrumentação, fluxogramas, *layout* das instalações, etc.

Com base nesses documentos, é feita uma análise sistemática de cada parte do processo por meio da seleção dos chamados “nós de processo” (pontos de estudo do fluxograma), examinando como cada um deles responderá a uma alteração (por meio da combinação de palavras-guias com as variáveis de processo), conforme a Figura 1, *Nós de processo*.

Para novas instalações, essa ferramenta deve ser aplicada na fase em que o projeto já se encontra parcialmente consolidado, pois são necessárias consultas a desenhos, plantas de disposição física da instalação, padrões operacionais, dentre outros documentos. Contudo, também é possível aplicar essa ferramenta para processos já em operação, porém as mudanças identificadas como necessárias podem ser custosas e requerer projetos complexos, que demandam tempo e paradas da operação.

Para saber mais sobre essa ferramenta, consulte IEC 61.882 (*Hazard and operability studies – application guide*).

Essa técnica trabalha com um método de valoração qualitativo.

Avaliação específica

Árvores de falhas e de eventos completam o grupo

Fazem parte do grupo das ferramentas para análise específica a FTA (*Fault Tree Analysis*), a ETA (*Event Tree Analysis*) e a BTA (*Bow Tie Analysis*).

Traduzida para “análise de árvore de falhas”, a *Fault Tree Analysis* é uma ferramenta desenvolvida na década de 1960 pelo Laboratório Bell, pela necessidade de se avaliar a confiabilidade dos sistemas de controle de lançamento de mísseis. A árvore parte de um evento (acidente, incidente, condição indesejada), chamado de “evento topo”, e vai se ramificando com os possíveis eventos que contribuem para a sua ocorrência.

O registro dos eventos contribuidores dispostos de uma forma lógica (em série ou em paralelo) gera, à medida que se distancia do evento topo, um desenho em forma de ramificações de uma árvore. Esses eventos contribuidores podem estar associados a falhas em componentes de *hardware*, erros humanos ou qualquer outro evento pertinente que leve à ocorrência do evento topo.

Essa ferramenta pode ser usada na fase de projeto de um sistema para identificar potenciais causas de falhas e para auxiliar na seleção entre diferentes opções de projeto. Já nas fases de operação, pode ser aplicada para identificar como as falhas mais significativas podem ocorrer e sua importância em diferentes rotas até atingir o evento topo.

A FTA também pode ser usada para a investigação de um acidente, que se tor-

na o evento topo e durante o processo investigativo, vai-se construindo os eventos contribuidores que levaram ao acidente (como por exemplo, erros humanos tipo violações, treinamentos inadequados, procedimentos mal escritos, falta de manutenção adequada, etc.).

Uma árvore pode ser construída de maneira qualitativa, se o objetivo for apenas identificar os fatores contribuintes que levam à ocorrência do evento topo; ou de maneira quantitativa, se o propósito for calcular a probabilidade de ocorrência do evento topo.

Na opção quantitativa, taxas de falha ou a probabilidade de um determinado evento contribuidor falhar são necessárias. Esses dados podem ser obtidos por meio do histórico de manutenção da organização ou por meio de banco de dados (como por exemplo, o OREDA - *Offshore Reliability Data*).

Diferentemente da *Failure Mode, Effect and Criticality Analysis*, a *Fault Tree Analysis* não considera todos os possíveis modos de falha de um item/componente, pois foca apenas naquelas que contribuem para a ocorrência do evento topo.

Na literatura é comum aparecerem os termos “árvore negativa” para a FTA e uma derivação chamada de “árvore positiva” para a ferramenta LTA (*Logic Tree Analysis*), traduzida para “análise de árvore lógica”. A LTA é elaborada para eventos desejados, ou seja, para um evento topo de sucesso (como por exemplo, para

atingir um determinado objetivo da organização).

Para saber mais sobre essa ferramenta, consulte IEC 61.025 (*Fault Tree Analysis*).

Essa técnica também trabalha com um método de valoração que pode ser qualitativo ou quantitativo, dependendo do propósito.

ETA

Traduzida para “análise de árvore de eventos”, a ferramenta *Event Tree Analysis* historicamente era chamada de “iniciação de acidente e análise de progressão”. Apesar de não haver data certa definida sobre quando foi desenvolvida, sua aplicação se tornou mais comum na década de 1970, particularmente na indústria química, petroquímica e nuclear.

É uma ferramenta lógica e indutiva para identificar as possíveis consequências resultantes de um evento inicial. Metodologia que descreve os desdobramentos que podem ocorrer a partir de um evento indesejado, prevê principalmente falhas nos controles existentes. Essa ferramenta pode ser usada para modelar, calcular e priorizar diferentes cenários de acidentes, partindo de um evento iniciador.

É feita uma análise da progressão de um evento e os controles existentes e implantados na organização para mitigar seus efeitos. Com a ETA, é possível analisar os desdobramentos de eventos com potencial para catástrofes (explosões, incêndios, deslizamento de talude, rompimento de barragem, etc.), sendo, portanto, boa para a elaboração de planos de emergência.

De maneira similar à FTA, uma árvore de eventos pode ser construída de maneira qualitativa se o objetivo for apenas identificar as prováveis consequências decorrentes do evento inicial, ou de maneira quantitativa se o propósito for calcular a probabilidade de falha de cada controle existente.

No caso quantitativo, para a estimativa das consequências, pode-se utilizar modelos matemáticos para o cálculo estimado dos custos de cada ação a ser implantada.

Essa técnica trabalha com um método de valoração que pode ser qualitativo ou quantitativo, dependendo do propósito.

BTA

Traduzida para “análise da gravata borboleta”, a ferramenta *Bow Tie Analysis* era

Figura 2 Gravata borboleta

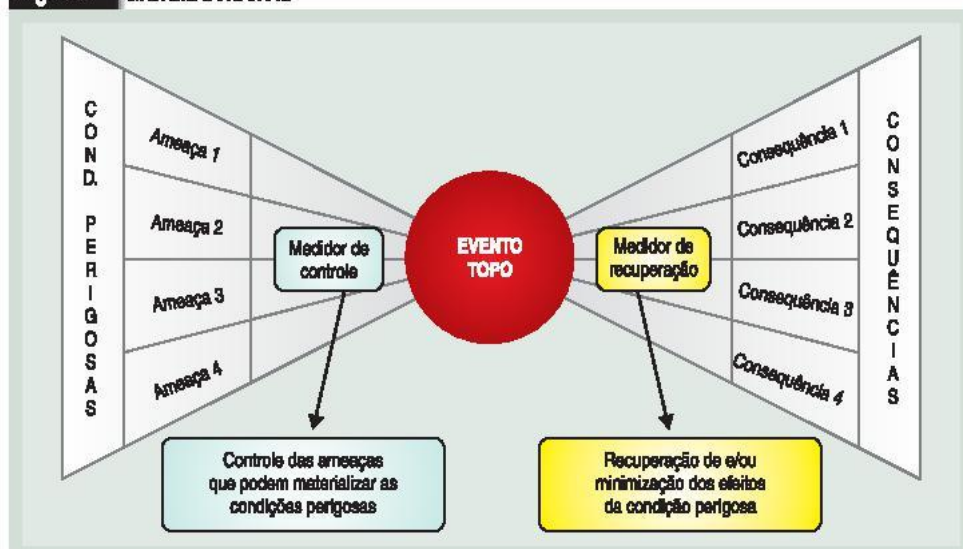


Tabela 2 Métodos de valoração de risco

	Qualitativo	Semiquantitativo	Quantitativo
WRAC		X	
FMECA		X	
HAZOP	X		
FTA	X		X
ETA	X		X
BTA	X	X	

originalmente chamada de “diagrama borboleta” (*butterfly diagram*) e alguns acreditam que também foi desenvolvida pela empresa química *Imperial Chemical Industries* na década de 1970. Os primeiros registros dessa técnica apareceram em 1979, na Universidade de Queensland, na Austrália. Começou a ser disseminada nos anos 90, após o desastre da plataforma *Piper Alpha* (1988).

A BTA trabalha de uma maneira diagramática simples, descrevendo e analisando os caminhos por onde as condições perigosas podem se materializar em um evento indesejado, provocando diversas consequências.

A *Bow Tie Analysis* pode ser considerada como uma ferramenta que combina a “análise de árvore de falhas” (FTA) do lado esquerdo da gravata borboleta, com a “análise de árvore de eventos” (ETA) do

lado direito da gravata borboleta. Contudo, o foco da BTA está nos controles implantados, tanto do lado esquerdo, quanto do lado direito da “gravata borboleta”, ou seja, nas chamadas “medidas de controle” existentes entre as condições perigosas e o evento indesejado (atuando na prevenção da ocorrência), e nas chamadas “medidas de recuperação” existentes entre o evento indesejado e as diversas consequências (atuando na mitigação dos efeitos).

A Figura 2, *Gravata borboleta* (página 74), ilustra o conceito central da técnica de análise da “gravata borboleta”. Um exemplo de aplicação é a análise de um princípio de incêndio, que seria considerado o evento central. Do lado esquerdo da gravata borboleta, todas as causas que podem provocar esse princípio de incêndio e os controles existentes para evitar

o incêndio (segregação de materiais perigosos armazenados, detectores de fumaça, isolamento das fontes de ignição, aterramento, etc.). Do lado direito da gravata borboleta, todas as prováveis consequências desse princípio de incêndio (morte, ferimentos, prejuízos materiais) e os controles de recuperação para mitigar esses desdobramentos (*sprinklers*, brigada de incêndio treinada e atuante, rede de hidrantes, etc).

Com essa ferramenta uma análise detalhada pode ser feita em cada medida de controle (de prevenção ou de mitigação), avaliando a probabilidade de falha do controle e sua consequência, usando para tanto uma tabela de priorização de riscos. Essa técnica trabalha com um método de valoração que pode ser qualitativo ou semiquantitativo.

Na Tabela 2, *Métodos de valoração de risco*, está um resumo das ferramentas de análise de risco (WRAC, FMECA, HAZOP, FTA, ETA e BTA) apresentadas e os respectivos métodos (Qualitativo, Semiquantitativo e Quantitativo) utilizados em cada uma.

Confira no próximo texto da sequência o gerenciamento integrado de risco e o gerenciamento de risco em camadas no G-MRAM.