

TÍTULO IV

AVALIAÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES TECNOLÓGICOS

1 - Introdução ao Estudo

■ Sistemática de Avaliação de Riscos de Desastres

A avaliação de riscos de desastres é uma metodologia de estudo de situação que permite identificar e caracterizar os riscos de desastres, estimar a importância dos mesmos, valorizá-los e hierarquizá-los, com a finalidade de definir alternativas de gestão para o processo de redução de desastres.

Em princípio, aplica-se a mesma sistemática de avaliação de riscos aos desastres naturais, humanos e mistos, com as devidas adaptações.

A avaliação dos riscos de desastres tecnológicos desenvolve-se nas seguintes etapas:

- análise das ameaças de eventos adversos;
- análise do grau de vulnerabilidade;
- caracterização dos riscos de desastres.

No caso específico dos riscos tecnológicos, também é importante:

- estudar a evolução cronológica dos eventos adversos e dos acidentes;
- definir alternativas de gestão relativas ao processo de redução de desastres e de limitação de danos.

Concluindo, o estudo de situação, definem-se as hipóteses de planejamento e, a partir das alternativas de gestão, são estabelecidas diretrizes gerais de planejamento, relacionadas com os planos de:

- prevenção de desastres;
- segurança industrial;
- contingência ou resposta aos desastres.

O planejamento global deve estender-se a todas as fases do processo de industrialização e ocupar-se da redução das ameaças e da vulnerabilidade dos cenários, da proteção das populações em risco e da ambiência circunvizinha.

Especial atenção deve ser dada a:

- localização da planta industrial e ao distanciamento de áreas vulneráveis;
- nucleação e espaçamento dos prováveis focos de desastre, no interior da planta industrial;
- destinação dos rejeitos sólidos, efluentes líquidos e emanações gasosas.

■ Introdução aos Estudos de Segurança dos Sistemas e de Riscos Operacionais

1 - *Análise de Segurança dos Sistemas*

É uma disciplina técnica que tem por finalidade avaliar e aumentar o nível de segurança intrínseca e o grau de confiabilidade de um sistema determinado, para riscos previsíveis.

Como a segurança intrínseca é o inverso do nível de insegurança ou grau de vulnerabilidade, os projetos de redução de riscos e de preparação para desastres, contribuem para aumentar o nível de segurança.

2 - *Estudos de Riscos Operacionais*

Estudo crítico, formal, minucioso e sistematizado de uma planta industrial, planos de engenharia, normas e procedimentos padronizados, com a finalidade de avaliar:

- o potencial de risco de mau funcionamento e de operação inadequada de itens de equipamentos;
- as consequências destes riscos sobre as instalações, caso se concretizem.

Para identificar estes riscos, uma equipe técnica multidisciplinar experiente, com especialistas em segurança industrial, normas e procedimentos de segurança e no processo industrial a ser examinado, examina o projeto formulando perguntas sistematizadas sobre o mesmo, utilizando palavras-guia.

Para identificar os riscos operacionais, a equipe técnica utiliza como suporte uma detalhada descrição das intenções do projeto, da planta industrial, do processamento industrial, das diferentes unidades de processamento, dos equipamentos e das normas e procedimentos padronizados.

A atenção da equipe deve ser preferencialmente direcionada para os chamados comandos de estudos, como diagramas de instrumentação, válvulas de segurança, tubulações, sistemas de monitorização das operações e sistemas de segurança.

■ Introdução aos Estudos Analíticos de Risco

1 - *Análise Preliminar de Risco*

Método de estudo preliminar e sumário de riscos, o qual normalmente é conduzido pela equipe técnica em conjunto com a comunidade ameaçada, com o objetivo de identificar os desastres potenciais mais importantes e de maior probabilidade de ocorrência na região estudada e as características intrínsecas dos mesmos.

No caso dos desastres tecnológicos, é uma metodologia de estudo de riscos realizada durante a fase de planejamento e desenvolvimento de uma determinada planta ou processo industrial, com a finalidade de prever e prevenir riscos de desastres que podem acontecer durante a fase operacional.

2 - *Análise de Falhas e de Efeitos*

Método específico de análise de riscos, concebido para ser utilizado em equipamentos mecânicos, com o objetivo de identificar as falhas potenciais que podem provocar eventos adversos e também os efeitos desfavoráveis destes eventos.

O método de análise consiste:

- na tabulação de todos os sistemas e equipamentos existentes numa determinada planta industrial;
- na identificação das modalidades de falhas possíveis em cada um deles;
- na especificação dos efeitos desfavoráveis destas falhas sobre o sistema e sobre o conjunto das instalações.

3 - *Análise de Falha Humana*

Método empírico e analítico que identifica as causas e os efeitos dos erros humanos observados e em potencial.

O método também identifica as condições ambientais dos equipamentos e dos procedimentos padronizados que podem contribuir para provocar erros humanos.

4 - Análise de Falhas dos Equipamentos

Método de estudo analítico que estuda as falhas de um equipamento aberto ou fechado, ligado ou desligado, com ou sem vazamento e identifica as causas e os efeitos das mesmas.

Estuda também os parâmetros para que estas falhas sejam detectadas em tempo oportuno e a maneira específica como uma operação deve ser interrompida na vigência de uma falha.

5 - Árvore de Eventos

Técnica dedutiva de análise de riscos tecnológicos, utilizada para avaliar as possíveis consequências de um desastre potencial, resultante de um **evento inicial**, tomado como referência.

O evento inicial pode ser:

- um fenômeno natural ou outra ocorrência externa ao sistema, como a interrupção do fluxo de energia elétrica;
- um erro humano;
- uma falha de equipamento.

O método antecipa e descreve, de forma sequenciada, as consequências lógicas de um possível desastre, a partir do evento inicial.

Os resultados da análise da árvore de eventos caracterizam:

- as sequências lógicas de eventos intermediários;
- o conjunto sequenciado de eventos intermediários que, a partir do evento inicial, culmina no evento topo ou principal.

6 - Árvore de Falhas

Técnica dedutiva de análise de riscos tecnológicos, na qual, a partir da focalização de um determinado acontecimento definido como **evento topo** ou **principal**, se constrói um diagrama lógico que especifica as várias combinações de falhas de equipamentos, erros humanos e/ou de ocorrências externas ao sistema, que podem provocar o acontecimento adverso.

7 - Método DOW

Método utilizado para estudar plantas industriais em situação de risco e avaliar os danos prováveis, caso o desastre se concretize.

A aplicação do método permite especificar os riscos relacionados com as diferentes operações e processamentos desenvolvidos em cada uma das unidades de processamento da planta industrial e indicar as medidas para reduzir estes riscos específicos.

O método não é utilizado para avaliar acidentes pouco prováveis, mas que produzem danos muito intensos e prejuízos muito custosos.

8 - Método MOND

Desenvolvido a partir do método Dow, o método Mond é específico para analisar a **toxicidade**, a **reatividade** e a **inflamabilidade** dos insumos, produtos e resíduos de uma planta industrial.

O método também é útil para definir e especificar o material a ser utilizado para equipar cada uma das unidades de processamento.

2 - Análise das Ameaças de Eventos Adversos

A análise das ameaças de eventos adversos ocorre em três etapas:

① Identificação e Caracterização das Ameaças

Compreende o estudo dos fenômenos e eventos adversos, naturais ou antropogênicos, causadores de desastre e também de suas características intrínsecas e da probabilidade de ocorrência dos mesmos, de seus prováveis epicentros e da provável magnitude dos mesmos.

Permite também a identificação dos cenários que podem ser afetados por seus efeitos desfavoráveis.

② Caracterização dos Efeitos Desfavoráveis

Compreende o estudo dos diferentes efeitos desfavoráveis, físicos, químicos, biológicos e psicológicos destes eventos ou fenômenos adversos, sobre os grupos

populacionais vulneráveis e sobre os corpos receptores existentes nos cenários dos desastres e a repercussão destes efeitos sobre a saúde e a incolumidade das populações em risco, sobre o patrimônio e sobre as instituições, serviços essenciais e meio ambiente.

③ Avaliação da Magnitude dos Eventos Adversos e dos Níveis de Exposição

Compreende o estudo dos ciclos evolutivos dos eventos adversos, considerando as variáveis tempo, magnitude e nível de exposição e, ainda, a definição de parâmetros que permitam a monitorização e o acompanhamento dos eventos ou parâmetros.

Em muitos casos, torna-se necessário monitorizar o nível diário de exposição dos grupos populacionais em risco, dos corpos receptores e do meio ambiente.

Nos casos de riscos de desastres naturais, a monitorização permite comparar as variações de magnitude e de nível de exposição, com as médias mensais de longo período e com os níveis de alerta e alarme referenciados para a evolução do fenômeno, no cenário considerado.

No caso de riscos de desastres tecnológicos, a monitorização permite acompanhar o processamento industrial, de acordo com parâmetros preestabelecidos, facilitando os processos de robotização e alertando o sistema, em tempo real, sobre quaisquer desvios do processo estabelecido nas intenções do projeto.

■ Conceituação

1 - *Evento*

Em análise de risco, evento é a ocorrência ou acontecimento que causa distúrbio ao sistema considerado.

O evento pode ser:

- externo ao sistema, quando envolve fenômeno da natureza, interrupções do suprimento de água, de energia e outros;
- interno ao sistema, quando envolve erros humanos ou falhas do equipamento.

2 - *Evento Adverso*

Em análise de risco, é o fenômeno, ocorrência ou acontecimento, causador de um desastre. Ocorrência desfavorável ou acontecimento que provoca danos, prejuízos e infortúnio.

3 - *Evento Catastrófico*

Evento pouco frequente mas que, quando ocorre, gera gravíssimas consequências, em termos de desastres.

4 - *Evento Externo*

Ocorrência externa ao sistema, como:

- interrupção no fornecimento de água ou de energia;
- fenômeno da natureza.

5 - *Evento Interno*

Ocorrência interna ao sistema, como:

- falha humana;
- falha de equipamento.

6 - *Evento Básico*

Falha ou defeito primário do equipamento que repercute sobre o funcionamento do mesmo, provocando danos que:

- não podem ser atribuídos a qualquer outra causa ou condição externa;
- independem de outras falhas ou defeitos adicionais.

7 - *Evento Crítico ou Inicial*

Evento que dá início a uma cadeia de acidentes, que resulta num desastre, a menos que o sistema de segurança interfira em tempo, com o objetivo de reduzi-lo ou controlá-lo.

8 - *Evento Intermediário*

Evento que ocorre dentro de uma cadeia de incidentes e que pode atuar:

- propagando e intensificando a sequência;
- interferindo sobre a mesma e reduzindo a intensidade do desastre.

9 - *Evento Topo ou Principal*

Evento que desencadeia o desastre.

Evento resultante de uma combinação de falhas ou defeitos do sistema, que ocorrem de forma sequenciada e que podem ser diagramadas de uma forma lógica, por intermédio de uma árvore de eventos ou de uma árvore de falhas.

No caso da árvore de falhas que é construída em sentido inverso ao da sequência cronológica, o evento topo ou principal é o ponto de partida do diagrama.

No caso da árvore de eventos, o ponto de partida do diagrama é o evento crítico ou inicial e o evento topo ou principal é a conclusão da diagramação.

■ **Estudos de Recorrência**

Nos desastres humanos de natureza tecnológica, os estudos de recorrência de falhas e acidentes depende de métodos analíticos e empíricos e permitem definir o provável número de ciclos operativos, a partir do qual um determinado evento adverso ou acidente pode concretizar-se.

Estes estudos permitem definir a cronologia das atividades de manutenção preventiva dos equipamentos que constituem cada uma das unidades de processamento de uma planta industrial.

Sem nenhuma dúvida, uma boa sistemática de padronização de procedimentos, relacionados com a manutenção preventiva, é uma das mais importantes medidas de prevenção de desastres.

3 - Análise do Grau de Vulnerabilidade

■ Generalidades

Diferente do estudo das ameaças que se centraliza na análise do(s) evento(s), acontecimento(s) ou fenômeno(s) causador(es) ou indutor(es) de desastres, os estudos de vulnerabilidade centralizam-se nos cenários dos desastres e nos sistemas.

Quando se estuda o grau de vulnerabilidade, se está estudando o nível de insegurança intrínseca dos sistemas e dos cenários dos desastres. Como insegurança é o inverso da segurança, os estudos de vulnerabilidade têm por finalidade e objetivo aumentar o nível de segurança intrínseca dos cenários dos desastres e dos sistemas.

Definidas as ameaças ou eventos adversos potenciais, as principais categorias de consequência dos desastres tecnológicos (incêndios, explosões e emissão de produtos perigosos) e os efeitos físicos, químicos e biológicos dos mesmos sobre os corpos receptivos existentes no cenário dos desastres, compete estudar a vulnerabilidade dos mesmos a cada um desses efeitos.

É importante ressaltar que, mesmo nos desastres tecnológicos, a intensidade dos danos costuma depender muito mais do grau de vulnerabilidade dos cenários dos desastres, do que da magnitude dos eventos adversos.

É por este motivo que:

- a incidência dos desastres tecnológicos é diretamente proporcional ao grau de desenvolvimento social, econômico e tecnológico da sociedade considerada;
- a intensidade desses desastres é inversamente proporcional ao grau de desenvolvimento sócio-cultural, à qualidade de vida e ao nível de exigência da sociedade considerada e ao grau de preocupação da mesma com a segurança global da população.

Quando se estuda os cenários que podem ser afetados por desastres tecnológicos, deve-se considerar os cenários:

- naturais e modificados pelo homem;
- relacionados com as plantas industriais e com as áreas de exposição e de proteção que circundam estas plantas.

Na medida em que os cenários confundem-se com os ecossistemas naturais e modificados pelo homem, é necessário que sejam consideradas as partes constituintes de cada um desses sistemas, ou seja, os biótopos e as biocenoses. É evidente que, ao estudar as biocenoses, além dos vegetais e dos animais, os seres humanos deverão ser considerados na condição de seres vivos e interdependentes dos demais componentes sistêmicos.

■ Metodologia

1 - *Vigilância Ambiental*

A vigilância ambiental é a observação sistematizada do ambiente e caracteriza-se pela medição e interpretação das variáveis ambientais, com propósitos definidos. A vigilância ambiental compreende o conjunto das seguintes ações:

- observação e medição sistemática dos condicionantes macroambientais relacionados com o sistema considerado;
- medição sistemática da concentração de agentes poluentes e contaminantes nocivos nos seguintes componentes ambientais: ar, água, solo, alimentos, ambiente de trabalho, habitat e produtos específicos;
- descrição, análise, comparação, avaliação e interpretação das medições sistemáticas de agentes poluentes, em função da variação das condicionantes macroambientais do sistema.

2 - *Análise Ambiental*

Método utilizado para detectar, mediante análise, um composto químico que se encontra numa amostra ambiental. Quando a substância ou composto encontra-se presente em quantidades inferiores a uma parte por um milhão (p.p.m.), denomina-se análise de resíduos.

3 - *Limite de Controle*

Limite de controle indica o nível aceitável de exposição ambiental o qual, quando excedido, implica em medidas necessárias ao restabelecimento da situação de normalidade.

4 - *Limite de Exposição*

Limite de exposição corresponde ao nível máximo de exposição aceitável para seres humanos, o qual não deve ser ultrapassado em nenhuma hipótese.

5 - Avaliação Ambiental

A avaliação ambiental é uma metodologia de estudo de situação destinada a obter o conhecimento mais completo possível sobre o estado do meio ambiente, intacto ou submetido à vários níveis de degradação e/ou de recuperação e suas tendências evolutivas.

É uma metodologia integrada de investigação e avaliação das condições atuais e das tendências evolutivas dos ecossistemas, utilizando técnicas de:

- monitorização;
- vigilância ambiental;
- coleta, comparação e avaliação de informações;
- revisão permanente dos dados obtidos.

As conclusões da avaliação ambiental devem embasar o processo decisório político.

■ Finalidade

No caso dos desastres tecnológicos com características focais, os estudos dos cenários também permitem definir, entre as várias opções de localização das plantas industriais, a menos desfavorável, tanto para as áreas edificadas com as instalações, como para as áreas circunvizinhas.

Na escolha de uma área onde será construída uma nova planta industrial de produtos perigosos, devem ser considerados os seguintes fatores:

- *distanciamento* de áreas vulneráveis naturais, como nascentes, cursos de água e reservas ambientais, e modificadas pelo homem, como conjuntos habitacionais, áreas de lazer e de comércio que concentram grandes densidades de usuários;
- *dimensões* da área destinada à construção da planta industrial e de futuras ampliações, de forma a permitir o adequado nucleamento dos focos de risco e o distanciamento entre os mesmos, para dificultar a generalização dos desastres;
- *relevo* da área onde serão edificadas as diversas unidades de processamento da planta industrial;
- *geologia* da área considerada;
- *profundidade do lençol freático*, com a finalidade de reduzir os riscos de contaminação e poluição dos mesmos;
- *proximidade* de áreas que facilitam o armazenamento e/ou tratamento dos rejeitos sólidos e dos efluentes líquidos;
- *direção* e o *regime* dos ventos dominantes.

Deve-se buscar o máximo de distanciamento possível entre as áreas críticas, onde os riscos de desastres são mais prováveis, e as áreas vulneráveis ao efeito dos mesmos.

Calculada com o máximo de exatidão possível, a **área de exposição**, de contorno aproximadamente circular, que pode ser afetada com mais intensidade pelos desastres focais, a mesma deve ser adquirida pela empresa responsável pela indústria e transformada em **área de proteção ambiental**.

Indústrias que apresentem riscos de emanações de gases perigosos devem, em princípio, serem localizadas a jusante dos ventos dominantes, com relação às áreas vulneráveis.

Estudos relativos à **geologia de engenharia** devem ser amplamente considerados, quando do projeto, construção e operação de plantas industriais.

Os estudos de geologia de engenharia aplicam conhecimentos das ciências geológicas, relativos ao meio físico, aos planejamentos de engenharia.

4 - Caracterização dos Riscos de Desastres

■ Generalidades

Estudados os eventos adversos relacionados com os desastres tecnológicos com características focais, as categorias gerais de consequências, como incêndios, explosões e emissão de produtos perigosos e os efeitos físicos, químicos e biológicos dos mesmos, sobre os diferentes corpos receptivos existentes nos cenários dos desastres, pode-se concluir o **estudo de situação**, estimando os prováveis danos humanos, materiais e ambientais, que poderão ocorrer, caso se perca o controle sobre os riscos.

O estudo analítico dos riscos permite avaliar, dentro de um determinado sistema, os eventos adversos potenciais (ameaças), os corpos receptivos vulneráveis aos efeitos dos mesmos e os danos prováveis, que poderão ocorrer, caso se perca o controle sobre os riscos.

■ Metodologia de Estudo

1 - Estudo do Risco Geral do Processo - Fator RGP

O fator inerente ao processo industrial, o qual pode contribuir para aumentar a **magnitude** de um acidente ou ocorrência (evento).

O fator RGP relaciona-se com:

- operações químicas desenvolvidas nas unidades de processamento, como o manuseio e a transferência de produtos inflamáveis, explosivos, corrosivos ou altamente reagentes, e reações químicas de caráter exotérmico, com grande produção de energia;
- grau de isolamento, compartimentação e estanqueidade das unidades de processamento;
- condições gerais relacionadas com as vias de acesso e de evacuação das unidades de processamento, com a drenagem e com a exaustão e remoção de ar das mesmas.

2 - Estudo do Risco Específico do Processo - Fator RGP

Fator inerente ao processo industrial, que pode concorrer para aumentar a **probabilidade de ocorrência** de um desastre.

O fator REP relaciona-se com:

- as condições intrínsecas do processamento, como níveis de temperatura e de pressão e a presença de substâncias perigosas (inflamáveis, explosivas, corrosivas e tóxicas);
- as possibilidades de vazamento das juntas das tubulações e de outras falhas de equipamentos.

3 - Consequência do Pior Caso

Ao se avaliar o potencial de riscos de um projeto industrial, é desejável que se conduza um estudo de situação que considere os parâmetros de riscos máximos definido como **consequência do pior caso**.

Esta metodologia aplica-se ao estudo dos chamados **eventos catastróficos**, caracterizados por serem muito pouco frequentes e por gerarem gravíssimas consequências, quando ocorrem.

Esta metodologia permite uma estimativa conservadora das prováveis consequências de um desastre muito grande que ocorra na sua maior gravidade.

Um bom exemplo de estudo de uma consequência do pior caso é o exame de uma hipótese de desastre tecnológico, caracterizado pela liberação de todo o material tóxico de um determinado depósito para a área de maior vulnerabilidade, durante o período noturno, causando o máximo de efeito nocivo a um grupo populacional totalmente exposto e que não foi alertado a tempo.

4 - Risco Mínimo ou Insignificante

Ao contrário do exemplo anterior, em termos práticos, em condições de risco insignificante, não existe incentivos para modificar e aperfeiçoar os sistemas e atividades que os provocam.

5 - Risco Aceitável

Neste caso, o risco é tão pequeno, de consequências tão limitadas e associado a benefícios tão significativos, que os grupos sociais bem informados se predispõem a aceitá-lo.

A aceitabilidade deve fundamentar-se em estudos técnicos confiáveis e considerar os fatores sociais econômicos e políticos, bem como os benefícios decorrentes da condição.

6 - Estudo das Avarias

Quando estudados dentro das unidades de processamento das plantas industriais, os danos materiais podem ser classificados como avarias.

Para fins de engenharia mecânica, avaria corresponde a qualquer modificação das condições de funcionamento de um equipamento de uma determinada planta industrial, que implique na redução da eficiência e/ou eficácia de uma determinada operação.

A avaria é considerada como **grave**, quando impede o funcionamento de um determinado equipamento essencial à operação da unidade de processamento, implicando em grandes reparos de material avariado.

A avaria é considerada como leve quando, embora reduza a eficiência e/ou eficácia de um determinado equipamento, permite o seu funcionamento e utilização, sem riscos para o pessoal de operações e de manutenção e sem possibilidades de evoluir para uma avaria grave.

■ Finalidade

O relacionamento e a caracterização dos riscos de desastres permitem a hierarquização dos mesmos, pela ordem de importância, considerando as seguintes variáveis:

- probabilidade de ocorrência;
- intensidade dos danos prováveis.

A estimativa dos danos prováveis, caso um determinado desastre se concretize, e a hierarquização desses danos, pela ordem de importância, (*Risk Ranking*), permite estabelecer a prioridade de ações de resposta aos desastres.

Crítérios de Aceitabilidade

Estes critérios são valores que definem se uma determinada escala de danos prováveis pode ou não ser aceita por um determinado grupo social.

É importante que estes critérios sejam estudados e propostos, com o máximo de lisura e de responsabilidade técnica, ética e política, por equipes especializadas absolutamente idôneas e adotados depois de completamente debatidos pelos representantes destes grupos sociais, com plena participação de suas lideranças.

Uma vez aprovados, os critérios de aceitabilidade são utilizados para nortear as decisões sobre o grau de segurança dos projetos industriais.

5 - Estudo da Evolução Cronológica dos Eventos Adversos

■ Generalidades

Nesta etapa, estuda-se a evolução cronológica dos eventos adversos e das sequências de incidentes, em função da variável tempo, e procura-se estabelecer parâmetros que permitam o acompanhamento e a monitorização do processo de industrialização, nas diferentes unidades de processamento da planta industrial.

Estabelecidos os parâmetros de normalidade, que permitem balizar as atividades do processo de industrialização, são definidos os níveis de alerta e de alarme para cada uma das operações do processo.

O balizamento dos parâmetros de normalidade é extremamente importante para permitir as atividades relacionadas com a:

- vigilância do processamento industrial;
- vigilância ambiental;
- segurança do trabalho;
- medicina de trabalho.

Ao término do estudo, as equipes técnicas passam a ter melhores condições para verificar os diferentes diagramas da planta industrial.

■ Metodologia de Estudo

1 - *Evolução Cronológica dos Eventos*

A ocorrência dos eventos, relacionados com desastres tecnológicos de características focais, desenvolve-se de acordo com a seguinte cronologia:

- *Evento crítico ou inicial*: aquele que dá início a uma cadeia de acidentes ou eventos intermediários, que resulta num desastre, caso o sistema de segurança não interfira a tempo de reduzi-lo, limitá-lo e controlá-lo;
- *Evento intermediário*: aquele que ocorre dentro de uma cadeia de acidentes e que pode atuar propagando a sequência ou interferindo sobre a mesma, bloqueando-a e reduzindo o desastre;
- *Evento topo ou principal*: aquele que ocorre como resultado de uma combinação de falhas ou defeitos do sistema, as quais ocorrem de forma sequenciada, e que causa o desastre.

2 - *Árvore de Eventos*

Técnica dedutiva de análise de riscos, utilizada para avaliar as consequências possíveis de um desastre potencial, resultante de um evento crítico inicial, tomado como referência.

O evento crítico inicial pode ser:

- um fenômeno natural ou outra ocorrência externa ao sistema;
- uma ocorrência interna ao sistema, como um erro humano ou uma falha de equipamento.

O método antecipa e descreve, de forma sequenciada, as consequências lógicas de um possível desastre, a partir do evento crítico inicial.

Os resultados da análise da árvore de eventos caracterizam:

- sequências lógicas de eventos intermediários;
- o conjunto sequenciado de eventos intermediários que, a partir do evento crítico inicial, culmina no evento topo ou principal.

3 - *Árvore de Falhas*

Técnica dedutiva de análise de riscos na qual, a partir da focalização do evento **topo ou principal**, se constrói um diagrama lógico que especifica as várias combinações de falhas de equipamento, erros humanos e/ou ocorrências externas ao sistema, que podem desencadear o acontecimento.

■ Finalidade

O estudo da evolução cronológica dos eventos adversos e o estabelecimento de parâmetros de normalidade, facilitam o desenvolvimento de alternativas de gestão, objetivando a prevenção dos desastres tecnológicos com características focais, a promoção de atividades de segurança industrial e o planejamento de contingência.

Na medida em que se aprofundam, os conhecimentos relativos à sequências de incidentes aumenta a facilidade para se planejar os sistemas de segurança, com o objetivo de interferir e bloquear o desenvolvimento destas sequências.

6 - Definição de Alternativas de Gestão

■ Generalidades

A definição de alternativas de gestão funciona como fase conclusiva da avaliação de riscos de desastres tecnológicos e como elo de ligação com o:

- planejamento preventivo;
- planejamento de segurança industrial;
- planejamento de contingência.

O planejamento preventivo, através de medidas estruturais e não-estruturais, tem por objetivo reduzir:

- a probabilidade de ocorrência de eventos adversos ou a magnitude dos efeitos dos mesmos;
- as vulnerabilidades dos cenários naturais ou modificados pelo homem, aos desastres previstos no estudo de situação;

O planejamento da segurança industrial tem por objetivo reduzir os níveis de insegurança intrínseca inerentes ao processamento industrial.

O planejamento de contingência tem por objetivo prever as medidas de resposta aos desastres, que devem ser desencadeados com a finalidade de reduzir os danos humanos, materiais e ambientais e os prejuízos econômicos e sociais.

■ Finalidade

A definição de alternativas de gestão tem por objetivo estabelecer diretrizes gerais de planejamento relacionadas com os planejamentos preventivo, de segurança industrial e de contingência.