

## Conceitos de Seguros aplicados à Engenharia de Produção

Prof. M.Sc. Antonio Fernando Navarro  
antoniofernandonavarro@gmail.com  
Universidade Federal Fluminense, Niterói/Rio de Janeiro  
Professor do Curso de Ciências Atuariais

**Resumo:** Destaca-se neste artigo a importância dos conceitos estabelecidos nas atividades relacionadas com as inspeções de riscos em empresas de grande porte, por engenheiros de seguradoras, em finais da década de 1970 e início da década de 1980, que implementaram ações de Gerenciamento de Riscos Industriais. Nessas atividades de reconhecimento dos riscos para estabelecimento de taxas de seguros, através da identificação das frequências das ocorrências e da mensuração da gravidade ou severidade das perdas, e com a assimilação dos conceitos de Confiabilidade de Processos, criou-se um ambiente favorável para a extensão desse conhecimento para outras áreas técnicas, especialmente as relacionadas à Engenharia Civil, Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção, principalmente porque esses engenheiros, percussores das práticas de análise, tinham conhecimentos abrangentes sobre as atividades industriais e os riscos de processos. Puderam estabelecer nexos de causalidade dos eventos, dito sinistros, às causas, que na área industrial se encontrava associada à manutenibilidade dos equipamentos e instalações industriais. Assim, discorre-se sobre a evolução dos conceitos técnicos e se apresenta uma proposta de análise dos riscos baseada na relação entre os custos de manutenção e substituição de componentes de equipamentos e a aquisição de novos equipamentos.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de Riscos Industriais. Manutenibilidade de Instalações, Confiabilidade de Processos.

**Abstract:** This article highlights the importance of the concepts established in the activities related to the inspections of risks in large companies, insurers, engineers in the late 1970 and early 1980, that implemented Industrial risk management actions. In these activities for the recognition of risks for establishment of insurance rates, through the identification of frequencies of occurrences and the measurement of gravity or severity of losses, and the assimilation of concepts of Reliability of processes, created a favorable environment for the extension of this knowledge to other technical fields, especially those related to Civil Engineering, mechanical engineering and production engineering mainly because these engineers, firing pins, analysis practices had comprehensive knowledge about the industrial activities and the risk of process. Could establish nexus of causality of the events, said claims, the causes, which in the industrial area was associated with maintainability of equipment and industrial installations. Thus, talks about the evolution of technical concepts and presents a proposal for a risk analysis based on the relationship between the costs of maintenance and replacement of equipment components and the acquisition of new equipment.

**Key-words:** Industrial Risk Management. Maintainability of Facilities, Process Reliability.

### 1 INTRODUÇÃO

A Administração de Seguros, Gestão de Riscos, Gerenciamento de Riscos ou *Risk Management* é uma atividade técnica através da qual avaliam-se as possibilidades e probabilidades de ocorrências de eventos danosos aos bens segurados. Essas análises são aplicadas aos vários ambientes de trabalho, identificando no mesmo não só os próprios ambientes, como também as instalações e equipamentos, e as mercadorias e insumos existentes os riscos segundo a

probabilidade de ocorrência, e a possibilidade de gerarem impactos ao processo produtivo como um todo. Basta que exista o Perigo para que sejam possíveis as ocorrências de Riscos. Estudos de Confiabilidade de Processos, bastante utilizados nos Gerenciamentos de Riscos, apresentam resultados bem confiáveis e próximos de 100%.

O risco, ou o evento, contra o qual se está elaborando um plano de prevenção ou de eliminação de perdas, deve atender a algumas particularidades para que seja enquadrado como tal: ser **futuro; incerto; possível; independente da vontade das partes**, e conduzir a **perdas mensuráveis**. Procura-se entender como e porque os riscos se manifestam, a periodicidade das manifestações, ou frequência das ocorrências e a extensão das perdas estimadas ou avaliadas. Ainda, buscam-se meios de reduzir a extensão das perdas a outros ambientes, locais ou equipamentos, com o emprego de mecanismos de proteção, confinando as consequências dos eventos.

Proteger um processo, mesmo de fabricação é empregar mecanismos e instalações que o tornem mais seguro, não só aplicado ao próprio processo, como também a tudo quanto desse seja derivado. Em todos os processos industriais há riscos. Muitas vezes esses riscos se manifestam de forma descontrolada. De outra feita a ocorrência se dá com uma manifestação prematura. Quase sempre a proteção de um processo pode ser feita de maneira simples, podendo ser aplicada à prevenção de riscos específicos. P.ex. na proteção contra o risco de danos elétricos dispõe-se de disjuntores, contra o calor gerado por uma máquina podem ser utilizados revestimentos especiais, para o risco de explosão são inseridos nos processos selos, válvulas de alívio (PSV), ou tanques de extravasamento. As proteções adotadas devem estar compatíveis com os riscos avaliados e o grau de perda. Usualmente em plantas industriais onde há caldeiras em áreas centrais pode se optar pelo envoltório do equipamento com paredes resistentes e telhados que tenham estrutura para proteger o equipamento e possam servir para direcionar a dissipação das ondas de choque, evitando que ondas geradas pela explosão sejam radiais e atinjam outros equipamentos.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Segundo Navarro (1996) o Gerenciamento de Riscos pode ser utilizado como uma das ferramentas dos **programas de qualidade e produtividade**, na medida em que, com a identificação dos riscos que possam vir a afetar bens, e com a análise das consequências, diretas ou indiretas, de forma prematura ou preventiva, consegue-se evitar que um empreendimento industrial venha a sofrer paralisações ou perdas. O processo, ou o conjunto de tecnologias empregadas no Gerenciamento de Riscos possibilita o surgimento de meios que atenuam as perdas ameaçadoras dos patrimônios das empresas, reduzindo suas severidades ou gravidades, através da eliminação dos riscos ou do controle dos eventos e de suas consequências. De certa forma, ao se controlar as perdas e, por conseguinte, reduzir a parte dos custos variáveis, estar-se-á aumentando o nível de Produtividade da empresa.

A **Produtividade** pode ser expressa pela razão entre o **Faturamento** e os **Custos** incidentes para a obtenção do faturamento. Os custos devidos a perdas não são todos perfeitamente mensuráveis ou previsíveis. Pela inexistência de um maior controle ou de dados confiáveis parte-se para a contratação de seguros, como um atenuante ou como uma forma de transferência dos riscos. Muitas vezes, um bom programa de prevenção de perdas conduz a diminuição das ocorrências, ou então, à limitação da extensão de suas consequências a um nível aceitável ou gerenciável. Graficamente, um dos principais conceitos de Qualidade e de Produtividade pode ser expresso por:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Faturamento}}{\text{Custos}}$$

A Gerência de Riscos não é uma técnica exata ou um conjunto de procedimentos que defina de modo preciso: haverá um incêndio naquele equipamento nos próximos 200 dias de operação; mas sim, e tão somente que, dentre uma amostra de 2.000 equipamentos existentes em um empreendimento industrial e em funcionamento ocorre, em média, um incêndio a cada 200 dias. Essa aproximação se deve ao fato de não se ter condições de matematizar totalmente os riscos, face às suas inúmeras variáveis. O que se faz é, por meio de processos matemáticos, estatísticos ou atuariais, e levando-se em conta o histórico de eventos ocorridos, projetar um comportamento provável e futuro para os riscos.

Exemplificando, consideremos a análise de determinado equipamento sujeito ao risco de incêndio. De modo amplo, para que esse venha a estar envolvido pelo incêndio deverá estar operando em condições, como:

- ❖ Estar sobrecarregado;
- ❖ Estar operando continuamente, sem interrupção;
- ❖ Estar operando sem uma supervisão adequada;
- ❖ Não estar sujeita a um plano de manutenção compatível com as características da operação e do equipamento;
- ❖ Estar envolto por uma atmosfera propícia (com presença de substâncias combustíveis ou comburentes);
- ❖ Não possuir um adequado plano de manutenção corretiva ou preventiva;
- ❖ Não ter sido adequadamente instalado;
- ❖ Estar posicionado em ambiente que possa transmitir riscos, como calor, vibração;
- ❖ Estar empregando materiais, substâncias ou produtos que facilitem a ação do incêndio, sem os cuidados necessários.

Se qualquer um desses fatores vier a ocorrer, isolado ou em conjunto isso já será suficiente para o surgimento do incêndio. Deve-se salientar que muitas correntes de disseminação da cultura do Gerenciamento de Riscos pregam a identificação e a mensuração de riscos, através da utilização de fórmulas matemáticas. Entende-se que para os riscos extremamente simples, ou análises de riscos com poucas variáveis ou variáveis previamente conhecidas, uma fórmula é um elemento simplificador da análise, visto que não demanda, para a conclusão do trabalho, de qualquer julgamento pessoal. Porém, para riscos de maior complexidade a adoção de fórmulas ou regras não significa um pré-requisito para uma análise confiável. Cabe se destacar que análises pessoais podem enriquecer o resultado de um trabalho como também podem vir a comprometê-lo. Se o trabalho de análise precisa ser despersonalizado a aplicação de fórmulas passa a ser importante. Por outro lado, se o mais importante é a exteriorização do conhecimento do engenheiro de risco, de nada valerá a aplicação de formulações matemáticas.

É importante abordar este assunto desta forma, porque muitas vezes deve se dar pareceres ou esclarecimentos sobre a eventual materialização de um risco, principalmente na fase de anteprojeto.

## I. A função do Gerenciamento de Riscos

A função do Gerenciamento de Riscos é a de **reduzir perdas e minimizar os seus efeitos**. Isso quer dizer que se assume a existência de perdas em todos os processos industriais como um fato perfeitamente natural. Entretanto, por meio de técnicas de inspeções e análises, procura-se evitar que essas perdas venham a ocorrer com frequência, ou reduzir os efeitos dessas, limitando-as a valores aceitáveis, ou dentro do perfil estipulado pela empresa em seus orçamentos anuais.

Não existe um método único de Gerenciamento de Riscos, ou uma metodologia padrão. Costuma-se confrontar os procedimentos em vigor com procedimentos-padrão para aquele tipo de etapa, analisando as possíveis alterações existentes, através de um amplo conhecimento das várias etapas da atividade analisada.

O Gerenciamento de Riscos é um contínuo processo de busca de defeitos, ou de quase-defeitos, com vistas à sua prevenção. Esses defeitos são chamados riscos. **Risco é uma chance de perda e provavelmente, o mais importante degrau no processo de identificação e gerenciamento das perdas.**

Com as informações obtidas por intermédio da aplicação das várias técnicas adotadas no Gerenciamento de Riscos e o emprego de metodologias específicas pode-se também quantificar riscos. A partir do momento que se qualifica e quantifica um risco tem-se a sua real magnitude ou sua expressão matemática.

A **qualificação** é a identificação do **tipo de risco** ou da qualidade, se é que podemos assim dizer à respeito das características dos eventos que podem surgir. Trata-se de um risco de incêndio, ou de um risco de explosão, ou de um risco de danos elétricos, etc..

A **quantificação** é a determinação do **valor da perda**, expressa em percentual do valor dos bens ou em valores absolutos, ou do tamanho do prejuízo a se verificar no futuro. O risco, se ocorrer, poderá gerar uma perda que irá afetar 48% do patrimônio da indústria. A perda potencial é de cerca de \$ 500,000.

Tanto o tipo de risco quanto o valor da perda gerada são bastante importantes para a fixação do custo do risco, ou seja, do valor do prejuízo. Essa informação é muito importante para a execução de um programa de tratamento do risco. Em função do custo do risco, que pode ser razoavelmente calculado por

processos simples, consegue-se elaborar o plano de retenção e transferência para uma Seguradora, por exemplo. Se as perdas são pequenas e a probabilidade de virem a ocorrer é baixa, com toda a certeza pode se tratar de um caso de retenção do risco, ou auto seguro. Por outro lado, se a perda tem características de vir a apresentar danos severos, é o momento de se pensar em transferi-la, por intermédio da contratação de uma apólice de seguros. Se os prejuízos são frequentes e de pequena monta a empresa deve avaliar se seu plano de manutenção está correto, assim como a seguradora pode entender que essas perdas, individualizadas sejam tratadas como dentro dos limites da franquia do seguro.

## II. Origem do Gerenciamento de Riscos

A **Gerência de Riscos** surgiu como técnica nos Estados Unidos, no ano de 1963, com a publicação do livro **Risk Management in the Business Enterprise**, de **Robert Mehr e Bob Hedges**. Seguramente uma das fontes de consulta ou de inspiração dos autores foi um trabalho de **Henry Fayol**, divulgado na França em 1916. A origem da Gerência de Riscos é a mesma da Administração de Empresas, a qual, por sua vez, conduziu aos processos de **Qualidade e de Produtividade**.

Em meados da década de 70 até início da década de 90 esses conceitos, associados mais à prevenção de perdas, associação essa perseguida desde a década de 30, por H. W. Heinrich e Roland P. Blake, que em 1931 publicaram uma série de estudos patrocinados pela **The Travelers Insurance Company**, cujo principal produto conhecido foi a Pirâmide de Heinrich, onde associava uma série de eventos precedentes a um evento topo, ou evento contra o qual se elaboravam estudos e medidas preventivas, quase sempre o evento acobertado nas apólices de seguros. Heinrich, que ficou à frente do projeto, já tendo consolidado suas pesquisas em 1959, escreveu o livro **Industrial Accident Prevention**. Ainda como mérito dos estudos de Herbert William Heinrich, chegou-se à conclusão que em qualquer discussão sobre causas e modelos para estimativa dos custos dos acidentes, não se poderia esquecer que não há uma "lógica" que defina a ocorrência do acidente, mas sim, informações estatísticas que apontavam para determinadas direções, conforme as características dos acidentes, do trabalho que as vítimas exerciam, dos ambientes, enfim, poderiam existir nessas análises algumas causas dominantes.

Essas causas estariam posicionadas tal qual dominós, onde a queda de uma peça termina por provocar a queda de todos, ou a queda das peças subsequentes. A exemplificação através do enfileiramento das peças de dominós possibilitava que os analistas compreendessem a lógica do pensamento. Assim, estruturou o conceito associando-o ao enfileiramento de Dominós, figura essa que passou a ser conhecida como "Os cinco fatores na sequência dos acidentes – 1959".

Outra seguradora americana, atuando no segmento de *property*, (automóveis, residências, fábricas, equipamentos em geral), **Insurance Company of North America**, conhecida por **INA**, desenvolveu análise semelhante a de Heinrich, contando com o apoio de Frank Bird Jr., estudioso da área prevencionista, que, no princípio da década de 50, tomando por base a Indústria Americana, verificou que a prevenção contra acidentes estava limitada somente à prevenção contra lesões incapacitantes. Julgava que para haver algum progresso não se poderia esperar a morte do trabalhador para reconhecer o acidente. Naquela época a Pirâmide de Heinrich era empregada no meio industrial como uma das formas de prevenção dos riscos. Em 1954 Bird deu um notável passo no desenvolvimento prevencionista, quando iniciou, na companhia siderúrgica **Luckens Steel Company**, com mais de 5.000 empregados, da Filadélfia, um programa de controle de danos à propriedade. Nesse programa havia a necessidade de se buscar a identificação, registro e investigação dos acidentes e a determinação de seus custos para a empresa, para, uma tomada de decisão. Enquanto que as análises de Heinrich eram voltadas para "pessoas" os trabalhos de Bird eram centrados na prevenção de perdas patrimoniais. De 1959 a 1966, a Luckens Steel Company estabeleceu programa de controle dos acidentes, envolvendo análise de 75.000 sinistros (ou reclamações) envolvendo danos patrimoniais e 15.000 sinistros relacionados a acidentes pessoais, com lesões, dos quais 145 foram classificados nas regulações dos sinistros como incapacitantes. Através dessas investigações Bird propôs um programa de Controle de Perdas e Danos. Essa estratégia tinha como finalidade principal reduzir ou eliminar as perdas dos acidentes com danos materiais, sem descuidar dos acidentes com danos pessoais. Da mesma forma que seu antecessor, definiu quatro aspectos principais em que se baseava para o desenvolvimento de programas de controle de perdas.

Quando a Engenharia passou a se preocupar, especificamente, com a questão das perdas, voltou-se inicialmente para a área de Segurança do Trabalho.

Com o incremento das Engenharias Mecânica e de Produção, o foco das atenções voltou-se também para a preservação das instalações, posteriormente a preservação dos equipamentos, e, por fim, dos processos. Todos os estudos existentes à época iniciados pelas seguradoras não foram aproveitados em sua totalidade pela Engenharia.

No Brasil o seu ingresso deu-se na **segunda metade da década de 1970**, com aplicação voltada especificamente para a **área de seguros**, com vistas à prevenção de riscos em bens patrimoniais, segurados pelas empresas do setor. Quase ao final da década de 70, com o desenvolvimento da **Engenharia de Confiabilidade de Sistemas**, ou a **Engenharia de Segurança de Sistemas**, alguns conceitos comuns passaram a se mesclar, dando nova configuração à Gerência de Riscos.

No Brasil, um dos primeiros grupos seguradores que iniciou as atividades de gerenciamento de riscos, por possuir em suas carteiras de seguros inúmeras apólices vultosas foi o pertencente ao Banco Nacional, que a partir de 1977, iniciou estudos mais elaborados para as análises dos riscos. Na ocasião, o Grupo era composto pela Nacional Companhia de Seguros, Seguradora Industrial e Mercantil, Companhia Sul Brasil de Seguros Terrestres e Marítimos, e posteriormente, com a agregação da Companhia Sol de Seguros. Já em 1978 foi estruturado o Departamento de Seguros que atendia a todo o Grupo Segurador. Na mesma época foram desenvolvidos estudos não só para o segmento industrial assim como para o segmento da construção civil, principalmente envolvendo obras de grande envergadura. Alguns exemplos de empresas que foram assessoradas pelo Grupo Nacional e que incorporaram os conceitos de Gerenciamento de Riscos foram:

*Açominas Aço Minas Gerais; Alunorte Alumina do Norte do Brasil S/A (PA); Cepel Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (RJ); Cia Docas da Bahia; Cia Siderúrgica Paulista – COSIPA (SP); Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST (ES); Condugel Condutores Elétricos S/A (SP); Química da Bahia Ind. e Com. S/A (BA); Refinaria de Petróleo de Mangueiras (RJ); Schullumberger do Brasil S/A (extração de petróleo) (RJ/AM); Usina Nuclear de Angra dos Reis; Usina Termelétrica Jorge Lacerda III (SC); Usinas hidrelétricas de Balbina, Tucuruí e Samuel (AM/PA/RO).*

Deve se destacar os esforços desenvolvidos pelo então Instituto de Resseguros do Brasil que instituiu os seguintes documentos, para uniformizar as informações repassadas ao ressegurador, em cessões de resseguro:

- Circular PRESI-016 (GERAL – 04), de 16/02/1978, referente à Administração de Riscos em Seguros Vultosos de qualquer modalidade garantindo danos materiais;
- Circular PRESI-048 (INCEN – 006), de 31/05/1978, referente a Inspeção de Risco Incêndio;
- Circular PRESI-119 (GERAL – 04), de 23/11/1978 – referente à Administração de Riscos.

Na Circular PRESI – 016, de 16/02/1978 já se empregavam expressões e conceitos como: *"A gerência de riscos (risk management) é hoje uma atividade largamente praticada, em particular nos países de expressiva estrutura industrial. Tal evolução se deve ao importante e indispensável apoio técnico dado por essa especialidade à minimização dos riscos e das perdas humanas e materiais deles decorrentes. Para desenvolver e melhor disciplinar o exercício da referida atividade em suas relações com o seguro, este Instituto resolveu que os pedidos de resseguros para riscos vultosos seja qual for a modalidade de seguro de danos materiais, só terá tramitação se instruídos com relatório completo sobre as condições do estabelecimento segurado em termos de "risk management". O relatório deverá ser elaborado e firmado por engenheiro responsável, pertencente ao setor de engenharia de segurança da empresa segurada, da empresa de seguros ou de corretagem de seguros, ou empresa de "risk management" credenciada pelo IRB."*

As seguradoras deveriam capacitar seus engenheiros e apresentar ao Ressegurador seus modelos de análises que minimamente teriam que atender às exigências desse, quanto a três aspectos:

O primeiro, o da Perda Normal Esperada (PNE) definida como aquela usual ou rotineira nas instalações, para as quais seria suficiente a aplicação de um programa de manutenção das mesmas. Por serem perdas normais, essas deveriam ser absorvidas pelas próprias empresas, sob a forma de franquias.

O segundo elemento da análise era o da explicitação do Dano Máximo Provável (DMP) ou Perda Máxima Provável, definida como aquela a que a empresa

estaria sujeita supondo tratar-se de um "risco", como definido anteriormente, e que todos os dispositivos de segurança e proteção instalados fossem corretamente acionados e pudessem debelar o sinistro.

O último aspecto e o mais relevante para a fixação de uma perda catastrófica era o da Perda Máxima Admissível (PMA), perda essa verificada com a ocorrência de um sinistro, onde os dispositivos de segurança e proteção talvez não fossem suficientes, e o sinistro pudesse se alastrar para outros ambientes e ficar incontrolável. Nessa situação, a extinção do sinistro ocorreria após cessado a propagação do mesmo.

Para essas definições os engenheiros deveriam considerar cada aspecto relevante das instalações, as intercorrências, formas de propagação e controle, e, principalmente, as estatísticas das perdas. Os mesmos critérios de então até hoje prevalecem em análises técnicas mais refinadas, e podem ser ampliadas para qualquer tipo de instalação ou componente. Para tal, basta se associar as avaliações técnicas com conceitos estatísticos e atuariais.

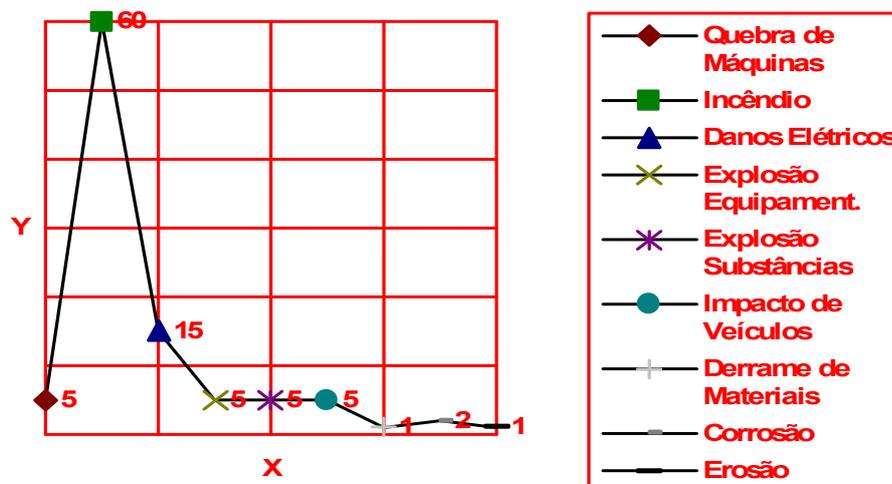
Outro Comunicado DEINC – 004/92, de 05/02/1992 (RISEN – 001/92), sob a referência: Riscos de Engenharia – Contratação ou renovação de apólices de Riscos Operacionais, assim apresentava:

*Sem prejuízo das disposições do Comunicado DERHE – 002/91, RISEN – 01/91, de 20/02/91, definimos a seguir, os parâmetros que caracterizam o risco altamente protegido e os requisitos técnicos necessários para a aceitação do resseguro de Riscos Operacionais, reafirmando-se assim o princípio internacionalmente aceito de que coberturas do tipo "all risks" somente devem ser concedidas para riscos de qualidade superior:*

- *Administração interessada e envolvida formalmente no controle de perdas, na proteção de seus ativos físicos contra qualquer tipo de danos e, particularmente, em prevenção e proteção de incêndio;*
- *Construção adequada, suficientemente resistente ao fogo e em bom estado de conservação e manutenção, além de compartimentações e vias de acesso compatíveis;*
- *Excelente limpeza e conservação das áreas, com uma distribuição ordenada e segura do lixo, material inservível, depósito de inflamáveis e almoxarifados;*

- *Sistemas de proteção adequados à carga de incêndio e características do risco e fornecimento e reserva confiáveis de água;*
- *Serviço de vigilância a qualquer tempo e sistemas de alarme para as condições de riscos;*
- *Melhoria permanente do risco e atitude receptiva perante as recomendações apresentadas por seguradores e resseguradores;*
- *Adequado isolamento e proteção contra riscos exteriores procedentes de instalações vizinhas;*
- *Adoção de programas de manutenção compatíveis (preventivas, corretivas e preditiva) e de planos de pré-emergência e ou de contingência operacional;; e*
- *Definição de estoques estratégicos de materiais primas, produtos intermediários e finais, bem como alternativas de fornecimento e de flexibilidade de armazenagem, geração e fabricação.*

Existem inúmeros eventos que constantemente ameaçam o patrimônio das empresas. Porém, em linhas gerais, dos eventos geradores de danos que incidem em instalações industriais, tanto no que diz respeito à frequência de ocorrências, como também no tocante à severidade das perdas, desses, o Incêndio é o mais comum. Na ilustração a seguir apresenta-se um gráfico com os percentuais médios, aplicados aos riscos maiores ou geradores das ocorrências, verificados nos acidentes envolvendo indústrias.



Modernamente estão sendo disponibilizados continuamente para os especialistas **softwares** de avaliação de perdas, enfocando os riscos de incêndio e

de explosão, bem como programas específicos para análises de poluentes atmosféricos. Os softwares de incêndio, por exemplo, trabalham na determinação da temperatura de flashover, ou seja, a temperatura na qual todas as substâncias existentes em um ambiente entram em combustão no mesmo instante. Trata-se de um momento crítico porque conduz a uma perda total de todo o patrimônio existente no ambiente. Já os softwares de explosão calculam para ambientes abertos, a intensidade das perdas pelos bens ao redor da fonte geradora de explosão.

**Confiabilidade (reliability)** é uma palavra que está associada a confiança. Confiança é uma sensação que nos é transmitida por alguma coisa. Podemos confiar que um automóvel de certa marca nunca nos deixará na mão, da mesma forma que podemos confiar que certo eletrodoméstico dure quase que toda a vida. Essa sensação é função de um conhecimento prévio de que estamos lidando com um bom produto, ou seja, com um produto que dificilmente falha. Assim, a confiabilidade está associada a uma quase ausência de falha. Tecnicamente, é a probabilidade de um sistema ou algum de seus componentes vir a desempenhar satisfatoriamente as funções a ele atribuída em projeto, dentro de condições normais de utilização e operação. A **não Confiabilidade**, ou o insucesso, é denominada de **probabilidade de falha**. O conjunto de falhas ocorridas em um intervalo de tempo é conhecido como **taxa de falha**. Normalmente atribui-se à palavra confiabilidade uma quase certeza de que tudo ocorrerá a contento. Por exemplo: tenho a maior confiança de que tudo correrá bem. É uma definição quase que intuitiva. Lançam-se mão de estudos de Confiabilidade quando se quer analisar o comportamento de um sistema com vistas à análise de prevenção de riscos. Os estudos de Confiabilidade também são empregados na elaboração de planejamentos de **manutenção preditiva**.

Confiabilidade (**R**) pode ser traduzida como a probabilidade de um equipamento, ou de um sistema, desempenhar satisfatoriamente suas funções específicas, por um período de tempo determinado e sob determinadas condições. Probabilidade de Falha (**Q**) representa o inverso da Confiabilidade, ou a não Confiabilidade.

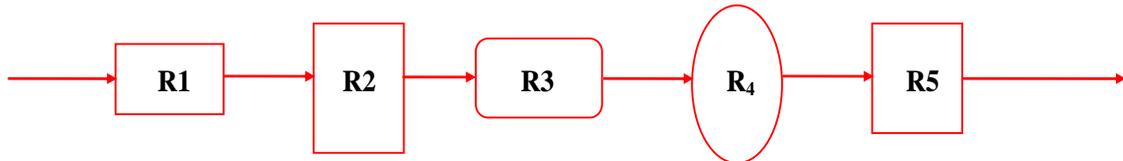
$$Q = 1 - R \Leftrightarrow R = 1 - Q$$

Em qualquer processamento industrial, os equipamentos ou sistemas podem estar grupados: em série, quando os trabalhos são sequenciais; em paralelo,

quando equipamentos distintos podem estar desenvolvendo etapas distintas, ou grupados parte funcionando em série e parte operando em paralelo.

### a) Componentes em Série

Para Sistemas de componentes em Série, a Confiabilidade assume a seguinte configuração matemática:



Pode-se supor um sistema constituído por 5 componentes, para os quais chegou-se, isoladamente, a uma Confiabilidade de 0,90, para cada um desses. Ao analisar-se o conjunto, chega-se a uma Confiabilidade total de:  $R_t = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \times R_5 \therefore R_t = 0,90 \times 0,90 \times 0,90 \times 0,90 \times 0,90 = 0,90^5 = 0,59 \therefore R_t = 59\%$

Para se aumentar a Confiabilidade do sistema deve-se melhorar a Confiabilidade de cada componente. No mesmo exemplo a indústria conseguiu com seus fornecedores o aumento da Confiabilidade do Componente R<sub>2</sub> para 0,93, do Componente R<sub>4</sub> para 0,96 e do Componente R<sub>5</sub> para 0,98. A nova Confiabilidade total passa a ser de:

$$R_t = 0,90 \times 0,93 \times 0,90 \times 0,96 \times 0,98 = 0,71 \text{ ou } 71\%$$

As indústrias, através do contínuo aprimoramento de seus projetos de unidades de processamento buscam identificar os pontos mais vulneráveis de um sistema, de modo a ampliar os níveis de confiabilidade. Mesmo que se chegue a um nível de 99,99% de confiabilidade, o conjunto desses sistemas apresentará uma confiabilidade final de:  $R_t = 0,99 \times 0,99 \times 0,99 \times 0,99 \times 0,99 = 0,9509900499$ , ou **95,10%**. Isso significa que o esforço global para a redução dos defeitos, ou probabilidades de falhas é intensivo e contínuo.

### b) Componentes em Paralelo

Imaginemos agora o sistema composto de dois componentes, que poderiam ser dois equipamentos ou dois processos, operando em paralelo. Para o equipamento 1 foi determinada uma Confiabilidade de **90%**, e para o equipamento 2 uma Confiabilidade de **80%**. Pela lógica matemática de médias, poder-se-ia supor que a confiabilidade do conjunto de equipamentos seria algo entre 80% e 90%. A

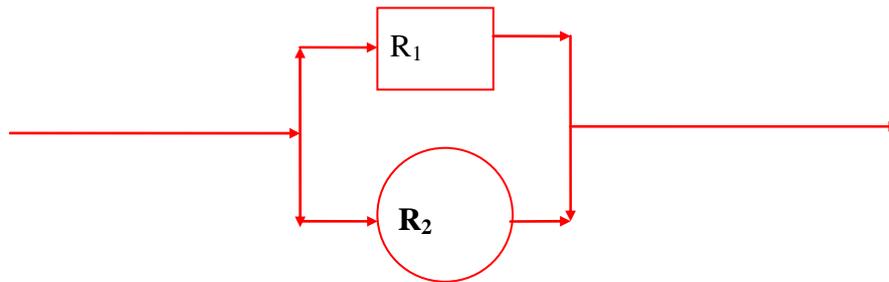
Confiabilidade aplicada a sistemas em paralelo pode ser expressa da seguinte forma:

$$Q_1 = 1 - R_1 \therefore Q_1 = 1 - 0,90 = 0,10$$

$$\} Q_t = Q_1 \times Q_2 = 0,10 \times 0,20 = 0,02$$

$$Q_2 = 1 - R_2 \therefore Q_2 = 1 - 0,80 = 0,20$$

$$R_t = 1 - Q_t = 1 - 0,02 = 0,98 \text{ ou } 98\%$$



Fluxo com componentes em paralelo (AFANP)

A Confiabilidade total para sistemas em paralelo é sempre maior do que as Confiabilidades individuais de cada um de seus componentes. Pode-se exprimir a Confiabilidade, de grande importância na elaboração de Árvores de Falha e em levantamentos de Pontos Críticos, através da Lei Exponencial de Confiabilidade:

$$R = e^{-\lambda t} = e^{-t/T}, \text{ onde:}$$

$e = 2,718281828..$

$\lambda$  = taxa de falha (número de falhas por cada hora de operação ou número de operações do sistema)

$t$  = tempo de operação

$T$  = tempo médio entre falhas

$$T = 1/\lambda$$

Como exemplo numérico pode se apresentar:

{ 4 falhas em 1.000 horas de operação;

{  $\lambda = 0,004$ ;

{  $T = 250$  horas;

TMEF =  $T = 0,25 \times 10^5$  horas }

$t = 1.000$  horas }  $\lambda = 1/T = 1 / (0,25 \times 10^5) = 4 \times 10^{-5}$  falhas / hora

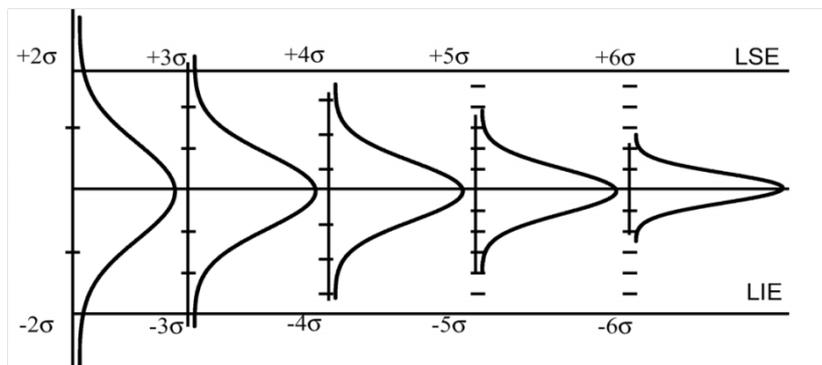
$e = 2,718$  }

$$R = e^{-\lambda t} = e^{-4 \times 10^{-5} \times 1000} = 0,9608 \text{ (96,08\%)}$$

$$Q = 1 - R = 1 - 0,9608 = 0,0392 \text{ (3,92\%)}$$

Retornando às bases matemáticas, logaritmo natural:  $\log_e n = y$ , Logaritmo neperiano é o logaritmo cuja base é o número "e". Assim,  $e^y = n$

O conceito de se ampliar os níveis de confiabilidade a partir da introdução de sistemas em paralelo foi uma das bases do Conceito Seis Sigma (conjunto de práticas originalmente desenvolvidas pela Motorola para melhorar sistematicamente os processos ao eliminar defeitos. Um defeito é definido como a não conformidade de um produto ou serviço com suas especificações. Um processo Seis Sigma possui uma taxa de defeitos, ou probabilidade de falhas de duas partes por bilhão, ou 2 PPB, o que somente é conseguido com a introdução de técnicas de gestão acuradas, que não serão objeto de análise neste capítulo.



Extraído de apresentação de Mauri Guerra, revisão 08/08

Comparativamente, se ao invés de se ter sistemas em série e sim em paralelo, mantendo-se os mesmos cinco sistemas (exemplificados na demonstração de sistemas em série) e os mesmos níveis de confiabilidade, o resultado final seria:

Considerando:  $R_1 = 0,90$ ;  $R_2 = 0,90$ ;  $R_3 = 0,90$ ;  $R_4 = 0,90$  e  $R_5 = 0,90$ , tem-se como resultado:  $Q_t = Q_1 \times Q_2 \times Q_3 \times Q_4 \times Q_5 = 0,10 \times 0,10 \times 0,10 \times 0,10 \times 0,10 = 0,00001$

$$R_t = 1 - Q_t = 1 - 0,00001 = 0,99999 = 99,999\%$$

Observa-se que quando os sistemas são dependentes o nível de confiabilidade será sempre menor do que se os sistemas forem independentes. Por essa razão, sistemas especiais de controle, como de aeronaves são sempre duplicados ou triplicados, porque, caso haja a falha de um sistema certamente os demais, em paralelo, acusarão as falhas.

A **Taxa de Falha** ( $\lambda$ ) corresponde ao número de falhas, ou insucessos, ocorridos por cada hora de operação do sistema, ou número de operações do sistema. Por exemplo, determinar a Probabilidade de Falha de um sistema que apresentou as seguintes características: 6 falhas durante 10.000 horas de operação;

$$\lambda = 6/10.000 = 6 \times 10^{-4}$$

$$T = 10.000/6 = 1,666 = 0,1666 \times 10^4$$

$$t = 10.000 \text{ horas} = 10^4$$

$$e = 2,718$$

$$\lambda = 1/T = 1/0,1666 \times 10^4 = 6 \times 10^{-4}$$

$$\text{Confiabilidade} = R = e^{-\lambda t} = e^{-6 \times 10^{-4} \times 10^4} = e^{-6} = 2,48 \times 10^{-3} = 0,9975 = 99,75\%$$

$$\text{Probabilidade de Falha} = Q = 1 - R = 1 - 0,9975 = 0,0025 = \mathbf{0,25\%}$$

Após a análise cuidadosa dos sistemas e da verificação de seu funcionamento, traçam-se Árvores de Falha, com a indicação das Confiabilidades e das Probabilidades de Falha. Com a indicação desses elementos, chegam-se aos pontos críticos do sistema.

A partir dessa fase tem-se condições de conhecer a taxa do risco ou o custo do mesmo, visto ser esse produto de uma frequência de ocorrências (**f**) por uma severidade de perdas ou gravidade (**g**). O resultado é o que se segue:

$$\mathbf{tr = f \times g}$$

Em uma extrapolação mais simples, a definição das taxas de risco pode ser traduzida pela frequência ou quantidade de desvios de padrão, associada às perdas ocorridas, podendo se inserir a probabilidade de perda avaliada após a implementação dos sistemas no processo. Se o processo não apresenta o desempenho esperado isso pode ser associado à falha de um ou mais componentes. Caso essa identificação seja precisa e específica ao elemento produzido onde foi identificado o desvio durante o processo de produção pode se ter a mensuração da perda e a possibilidade de avaliação se os investimentos necessários para a correção dos processos de fabricação dos sistemas serão financeiramente proveitosos para a empresa, ou seja, se o custo empreendido será compensado com os resultados finais esperados.

No momento que se quantificam as perdas em unidades monetárias tem-se condições de saber quanto custaria cada evento, se ocorrido, e, além disso, se a perda pode ser assimilável pela empresa dentro de programas normais de financiamento de riscos. Um evento, quando materializado, nunca traz consigo somente um tipo de perda. Associado a essa poderão existir outras como:

- perda material ou de insumos para a produção;
- perda de produção;
- perda financeira;
- perda pessoal;
- perda de imagem;
- perda de mercado;

### **III. Avaliação de riscos nos processos**

Um processo é antes de tudo uma "sequência lógica", estruturada, e otimizada, onde são associados sistemas e subsistemas de modo que o conjunto formado seja capaz de realizar uma atividade planejada. Quando da avaliação de riscos envolvendo processos o Gerente de Riscos deverá observar, entre outros, os seguintes aspectos:

- tipo de matéria prima trabalhada no que diz respeito aos riscos que essa possa estar sujeita;
- processos intermediários adotados, e caso existam, os subprodutos das linhas intermediárias;
- tipo de produto final;
- formas de acondicionamento dos produtos, se a granel, se acondicionado em embalagens metálicas, etc.;
- tipos de refugos produzidos, bem como suas propriedades físico-químicas;
- temperaturas máximas obtidas nos processos;
- vazões máximas;
- pressões máximas;
- formas de manipulação dos produtos;
- tipos de equipamentos empregados nos processo;
- formas de transporte interno dos bens e mercadorias;
- condições ambientais que possam vir a ser agressivas;
- proteções contra acidentes adotadas pela empresa.

A análise que será conduzida após a obtenção dessas informações, e de outras mais que possam ser disponibilizadas, deverá estar centrada nos riscos que as substâncias e produtos estarão sujeitos e os riscos que o processo de produção será capaz de causar. Em uma linha de vapor, por exemplo, o risco não é a da transmissão ou da geração do vapor, mas sim, na possibilidade da linha se romper por fadiga de material ou por corrosão, e esse mesmo vapor atingir produtos.

---

Os acidentes mais comuns envolvendo os processamentos / manipulações de produtos e de substâncias, observados nas análises de 3.150 sinistros reclamados, ao longo de 4 anos, são:

- incêndios – cerca de 27%;

- explosões – cerca de 21%;
- vazamentos de produtos – cerca de 42%, incluindo pequenos derrames até 50 litros;
- contaminações de produtos cerca de 13%;
- rompimentos de dutos – cerca de 4%;
- contaminações ambientais – cerca de 37%;
- quebra ou rompimento de componentes dos equipamentos por causas diversas, inclusive fadiga de material, etc. – cerca de 64%.

Pode se perceber, pelos percentuais apresentados, que é muito difícil que o sinistro ocorra devido a uma única causa. Um rolamento desalinhado ou gasto pode provocar uma perda de rotação do eixo de um motor, o qual, por sua vez, pode causar o aquecimento do motor.

Para se ter a noção da gravidade de um acidente envolvendo processamentos, quanto a vazamento de efluentes gerando contaminações ambientais, apresentam-se as prováveis consequências envolvendo a indústria:

- interdições;
- multas governamentais;
- danos materiais e pessoais causados a terceiros;
- ações judiciais civis;
- perdas de imagem dos produtos fabricados;
- sanções econômicas, etc.

No tocante à produção ou processamento, a análise gerencial além de abordar o aspecto da produção de per si, aborda também a avaliação dos riscos que os equipamentos das unidades de processamento estão sujeitos. Em estudos das causas de sinistros relatadas por empresas, para a obtenção de indenização, após serem avaliados 2.730 sinistros, entre 1985 a 1999, e entre 2001 a 2007 (nesse último período não se tratavam de processos de sinistros reclamados, mas sim o de investigação de acidentes) pode se identificar, como cauda principal das ocorrências:

- idade dos equipamentos ou das instalações – em 68% das ocorrências
- fim da vida útil – em 57% das ocorrências;
- estado de conservação – em 73% das ocorrências;
- regime de trabalho – em 81% das ocorrências;

- tipo de operações realizadas – em 46% das ocorrências;
- condições ambientais reinantes – em 28% das ocorrências;
- formas de instalação e conexão – em 18% das ocorrências;
- produtividade alcançada e produtividade prevista em projeto – em 33% das ocorrências;
- qualidade dos materiais empregados – em 14% das ocorrências;
- adequação dos produtos e das especificações adotadas – em 28% das ocorrências.

Nota: Deve ser destacado que as análises abrangeram as situações de ocorrências durante e após o encerramento da vida útil dos equipamentos, e considerando a idade dos mesmos, já que em muitas empresas, principalmente devido ao fato das características dos projetos não possibilitarem a substituição de um só equipamento, já que todo o conjunto foi projetado e construído para aquele fim, existiam equipamentos que já haviam ultrapassado a vida útil projetada em 5 ou até 12 vezes.

Os acidentes envolvendo os equipamentos de uma linha de processo que ocorrem com maior frequência, podem ser devidos a:

- acidentes ou danos elétricos;
- acidentes ou desarranjos mecânicos;
- explosões;
- impactos;
- desalinhamentos;
- rupturas internas e externas, etc.

São importantes na análise dos riscos envolvendo a produção e os seus equipamentos, o estudo da confiabilidade do processo e o layout utilizado na indústria. O estudo da confiabilidade permite mensurar a frequência com que os acidentes se sucederão, conjugando-se com a gravidade das perdas. O arranjo arquitetônico possibilita identificar e mensurar os níveis de proteção melhor indicados para a preservação dos pontos mais vulneráveis do processo industrial. Se o acidente com maior tendência é o de colisão, será necessário se adequar o trânsito local. Para tanto, é essencial a existência de espaços entre os equipamentos, a fim de preservá-los de possíveis acidentes.

## **IV. Influência do layout industrial na prevenção das falhas**

Um layout é um arranjo ou uma distribuição geométrica, sobre uma determinada superfície de um conjunto de bens. É uma disposição ordenada que segue um projeto ou um raciocínio lógico. Pode-se imaginar que a roleta de um ônibus deve ficar junto à porta de entrada do veículo, e na parte traseira, para permitir que os passageiros venham a pagar as suas passagens logo na entrada, facilitando tanto o embarque quanto o desembarque. Se a roleta ficasse na frente do ônibus dificultaria a entrada e a saída dos passageiros, além de aumentar a carga de trabalho do motorista, retardando a viagem.

Os arranjos arquitetônicos são estudados em projeto, ou então são fruto de posicionamento de máquinas e equipamentos de acordo com a forma geométrica desses. Isso quer dizer que é possível a elaboração de layouts antes da indústria entrar em operação, quando então pode-se estudar o arranjo mais conveniente ao tipo de produção e aos equipamentos adquiridos, ou elaborar-se layouts ao longo da atividade da empresa, sempre que essa alterar seus equipamentos em processos de modernização, ou alterar os procedimentos operacionais. Quando os arranjos são objeto de estudos na fase de projeto, tem-se a oportunidade de estudar os aspectos operacionais relevantes, dentre os quais destaca-se:

transporte das matérias primas até aos equipamentos;

transporte dos produtos finais, dos equipamentos para as áreas de estocagem;

áreas de circulação ao redor dos equipamentos;

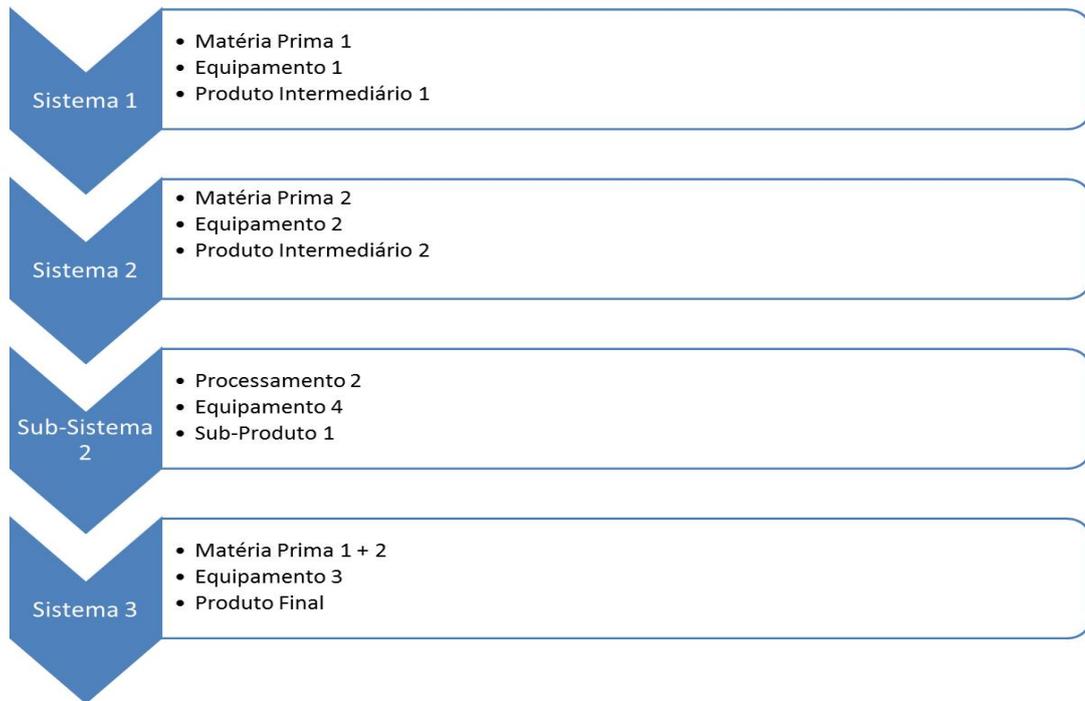
áreas para depósito de mercadorias e de produtos intermediários, etc..

Também se verifica-se a possibilidade da remoção dos equipamentos para reparos. Além disso, obrigatoriamente deve ter se pensado na necessidade de espaços circundantes para a operação dos equipamentos. Fundamentalmente, existem três tipos de arranjos, a saber:

### **a) Arranjo linear ou por produto**

O layout linear ou por produto é adotado quando a produção é desenvolvida sob a forma sequencial. O produto manuseado percorre todas as instalações, mantendo-se fixos os equipamentos do processo. Esse tipo de arranjo é indicado quando o processamento envolve a fabricação de produtos seriados, ou

padronizados, quando há produção em lotes, quando o transporte é contínuo, tendo as máquinas existentes as mesmas funções.



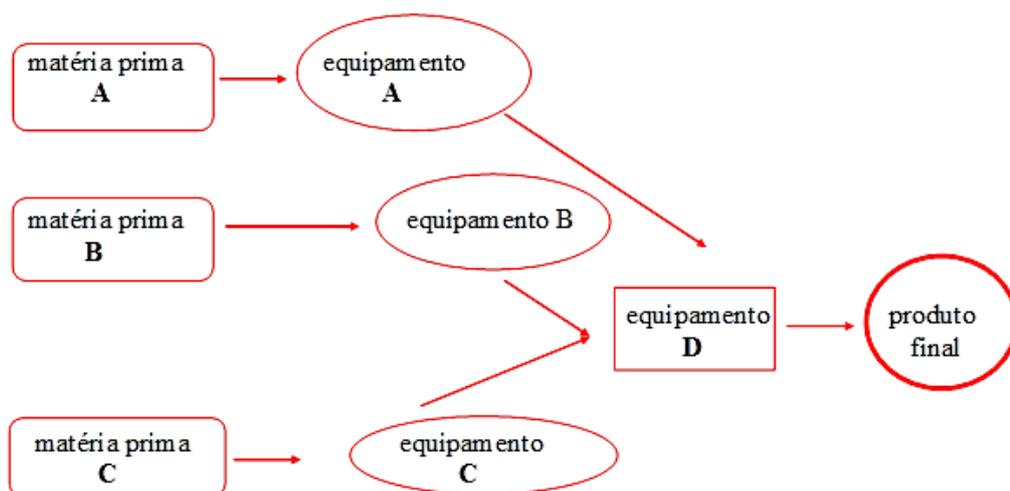
Arranjo de produção Linear (AFANP)

O principal ponto negativo do layout linear é que, para aumentar-se a Confiabilidade da produção e reduzir-se a probabilidade da ocorrência de falhas, deve-se aumentar continuamente a Confiabilidade de cada um dos componentes do processo. Ocorrendo um acidente no início do processo esse irá trazer reflexos ao longo de toda a linha de produção. As vantagens podem ser traduzidas pela redução do transporte interno dos produtos, pela menor permanência dos produtos em processamento ao longo da linha de produção. Cabe se ressaltar que a linha não pode ser posta a funcionar para a produção exclusivamente do produto intermediário B, ou do produto intermediário A, sem que haja desperdício de material e de tempo. Esses produtos intermediários saem como consequência da produção do produto final.

## **b) Layout funcional ou por processo**

O layout funcional é empregado em processamentos que geram subprodutos, ou em linhas de fabricação nas quais o produto final é o resultado da associação de subprodutos ou de produtos intermediários. Nesse tipo de arranjo agrupam-se as máquinas e equipamentos que realizam trabalhos semelhantes.

Pelas suas peculiaridades, o arranjo possibilita a produção de vários itens, ou produtos intermediários, com pouca movimentação de matérias primas. A principal vantagem é que, por intermédio desse arranjo consegue-se maior flexibilidade de produção, otimizando tempos em cada etapa de serviço, bem como acumulando estoques de produtos intermediários, que admitam certa sazonalidade. Havendo interrupção em qualquer uma das fases do processamento, não se interrompe todo o sistema. Como há possibilidade de haver processamento em paralelo, a probabilidade de falha é sempre menor.

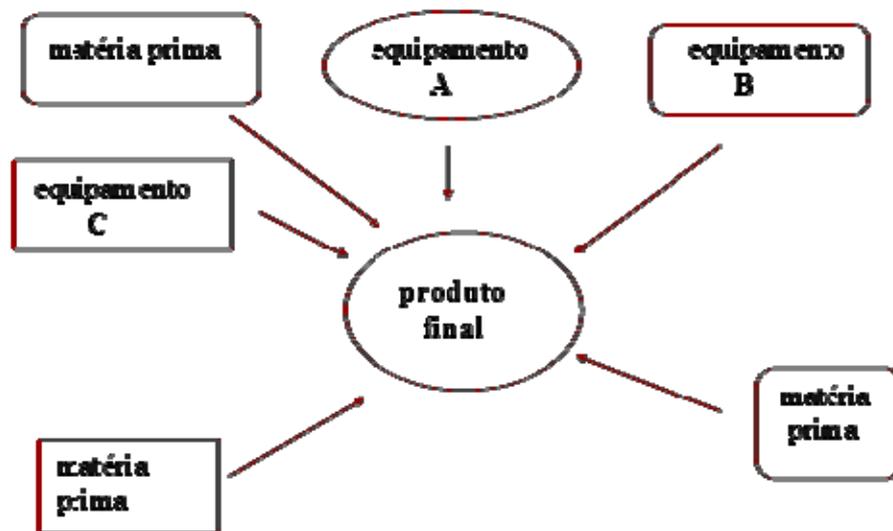


Exemplo de Layout Funcional ou por Processo (AFANP)

### c) Layout fixo ou posicional

O arranjo fixo ou posicional é empregado quando é inviável o manuseio dos produtos que estão sendo trabalhados, devido ao fato de que, por acréscimo de componentes, suas dimensões e pesos tornam desaconselháveis e perigoso o seu transporte ou deslocamento. Normalmente, esse tipo de arranjo é adotado quando há reduzida capacidade de produção, alto custo da movimentação do produto e o trabalho não é sequencial.

Em termos de segurança, trata-se do arranjo que pode gerar mais problemas, já que o produto final, até vir a ser entregue, é trabalhado continuamente, além de haver sempre grande restrição de fluxo de equipamentos e serviços. Na fabricação de navios, turbinas de hidrelétricas, equipamentos de grande porte e outros assemelhados é sempre empregado o arranjo posicional.



Exemplo de Layout Posicional (AFANP)

Vários são os critérios que norteiam a escolha dos tipos de arranjo ou distribuição geométrica dos equipamentos e instalações ou edificações. Essas escolhas podem ocorrer em função dos equipamentos, áreas de ocupação, características dos produtos fabricados, dimensões dos equipamentos empregados no processo, geração de calor ou de frio, risco de acidentes do trabalho que as máquinas poderão propiciar, características dos processos de fabricação ou outros fatores mais. Existem sugestões de escolha de layouts em função das atividades das indústrias. Algumas dessas são:

☞ **Layout Linear**

- linhas de montagem de veículos;
- linhas de montagem de produtos eletromecânicos;
- fábricas de produtos químicos (química fina);
- refinarias, etc.

☞ **Layout funcional**

- fábrica de roupas;
- fábrica de móveis;
- fábrica de eletrodomésticos;
- empresas gráficas.

☞ **Layout fixo**

- estaleiros;
- construção civil;
- fabricação de componentes eletromecânicos de grande porte.

#### **d) Cálculo das superfícies úteis para o layout de equipamentos**

Para que a distribuição de máquinas e equipamentos de linhas industriais ocorra com a devida segurança torna-se necessário o conhecimento prévio de quais áreas podem se empregadas para essas distribuições, as dimensões mínimas recomendadas para cada tipo de equipamento que se deseja distribuir no interior da indústria. Cada maquinismo necessita ter uma área segura, onde possa estar assentado. Os fatores que podem influenciar no dimensionamento das áreas mínimas necessárias para a operação dos equipamentos são:

- quantidade de calor ou de frio desprendida pelo equipamento;
- curso ou deslocamento de suas partes móveis;
- áreas mínimas necessárias à manutenção e operação dos equipamentos, com segurança;
- distâncias mínimas recomendadas para a remoção dos componentes das máquinas;
- existência de áreas mínimas para o estoque temporário de peças produzidas;
- existência de áreas mínimas ao redor dos equipamentos para que possam ser operados com segurança;
- existência de áreas mínimas para o estoque de insumos, etc.

As áreas disponíveis devem comportar o somatório das áreas projetadas pelos equipamentos fixos, acrescida de áreas para circulação dos operadores, para a manutenção, circulação de equipamentos e transporte de mercadorias, assim como áreas para a instalação de equipamentos de transporte de materiais ou produtos intermediários, entre cada equipamento do processo. Deve se ter sempre o cuidado de avaliar a possibilidade de substituição de equipamentos ou da instalação de equipamentos acessórios ou adicionais, razão pela qual essa avaliação de áreas deve ser verificada durante o projeto de instalação dos equipamentos e componentes. Por exemplo, correias de transmissão de energia para a movimentação de equipamentos devem ser isoladas do contato com os

trabalhadores, e esses dispositivos de proteção devem estar contemplados nas áreas utilizadas.

$$S_t = A_p + A_u + A_c$$

St	Superfície de trabalho;
Ap	Área projetada pelo equipamento no solo;
Au	Área de utilização, necessária ao redor do equipamento, para manutenção, operação e depósito de material trabalhado e em processamento. <b>Au = N x Ap</b> , sendo N o número de lados empregados pelo operador do equipamento, quer se destine a depósito ou não;
Ac	Área necessária para a circulação de materiais entre pontos de trabalho. <b>Ac = k (Ap + Au)</b> , sendo “k” um coeficiente de circulação que varia em função do tipo de equipamento de transporte, do produto, da matéria prima. De forma simplificada, o valor de “k” mais empregado em áreas industriais, com equipamentos de médio porte é <b>k = 1,5</b> .

$$S_t = A_p + A_u + A_c$$

$$S_t = A_p + (N \times A_p) + k (A_p + A_u)$$

$$S_t = A_p (1 + N) + k (A_p + A_u)$$

$$S_t = A_p (1 + N) (1 + k)$$

Em áreas com máquinas de grande porte, pode-se aplicar Au multiplicando-a pelo fator “1,4”.

A segurança de uma instalação não depende unicamente da distribuição, operação ou manutenção dos equipamentos e maquinismos, mas também, da existência de equipes de pessoas treinadas e qualificadas, capazes de enfrentar os desafios, que continuamente surgem no dia a dia de uma empresa. Como enfatizamos anteriormente, o maior risco que uma empresa corre, atingindo-a com maior frequência, é o incêndio. Afora isso se tem o acidente de trabalho de consequências imprevisíveis para a empresa e para as áreas de produção.

## V. Relação ótima entre o custo de reparo e a substituição

Deve existir uma relação de equilíbrio entre os gastos com a manutenção de um equipamento ou sistema e a sua simples substituição. Quando os projetos de instalações não previam análises mais detalhadas do funcionamento do conjunto da instalação e por falta de elementos estatísticos, poderiam ser encontrados equipamentos onde um de seus componentes tinha a "durabilidade

eterna", enquanto que outros precisavam ser substituídos periodicamente, como correias, engrenagens à seco e rolamentos, por exemplo. Assim, o empresário para manter suas instalações operando dispndiam muitas vezes o dobro ou o sêxtuplo do valor do equipamento somente em reparos periódicos. Lógico é que essa equação não se resolve tão facilmente assim, já que a substituição de um equipamento pode gerar uma série de problemas, como alterações de projetos, acréscimos ou enxertos de componentes adicionais ou necessários para o funcionamento dos equipamentos substituídos, paralizações que podem se estender ao ponto de reduzir os estoques estratégicos, enfim, a uma série de questões que devem ser avaliadas. Desta maneira, às vezes gastar-se o dobro ou o sêxtuplo do valor de um bem somente com manutenção ainda seria bem mais barato do que a substituição do equipamento por outro novo.

Muitos estudos são desenvolvidos para a avaliação da eficácia da manutenção corrente de um equipamento e do momento em que esse deve ser trocado ou substituído, assim como da mesma manutenção comparativamente com a transferência da responsabilidade para uma seguradora.

Para a área de seguros, estendida para a de engenharia, já que a visão é a de custos e de continuidade de produção, pode ser identificado e quantificado financeiramente o custo do seguro, eventual, a fim de poder compará-lo com o custo das manutenções e reparos dos equipamentos e instalações. O custo financeiro de um seguro específico para acobertar uma instalação contra os eventuais riscos que a possam atingir é:

$$C = P (1 + r)^t, \text{ onde:}$$

**C** = Custo financeiro do seguro;

**P** = Prêmio do Seguro (a ser verificado em apólices de seguros contratadas anteriormente, ou informadas por seguradoras através de propostas de seguros;

**R** = Taxa de juros reais, correspondentes ao rendimento da importância paga pelo seguro, investida no próprio negócio ou em aplicações de caráter permanente;

**t** = Vigência do Seguro

Em uma digressão, associa-se o custo do seguro ao da manutenção do equipamento pela própria empresa, com seus próprios recursos de materiais e de mão de obra, ou através de empresas terceirizadas, sob contratos. O custo da retenção do risco é expresso através da seguinte fórmula:

$$A = [S \times (1-i)^{-t/2} + E + R] \times (1 - i)^t - R (1 + i)^t$$

**A** = Custo da retenção do risco;

**S** = Valor esperado de sinistros, incluindo os gastos com a sua administração, supondo incorridos na metade do tempo "t";

**R** = Reserva financeira adicional para cobrir possíveis variações nas perdas, destacável no início de t;

**i** = Juros reais praticados pelo mercado financeiro, em aplicações de retorno seguro.

Essas duas fórmulas, empregadas na matemática financeira, expressam os custos ou valores envolvidos supondo que se repasse a responsabilidade por um bem para uma empresa, terceira, comparativamente ao da assunção da responsabilidade sobre esse mesmo bem.

Analisando cerca de 7.600 sinistros, entre 1.979 a 1.999, verificou-se que a relação poderia ser definida como:

**$C \leq 1,3 A$  = Retenção duvidosa**

**$C > 1,3 A$  = Retenção praticável**

Pode se supor que exista uma bomba de sucção e elevação da água de uma cisterna para uma caixa d'água superior. Periodicamente é contratada uma empresa para a lubrificação dos rolamentos e partes móveis. Durante esse momento pode ser necessária a substituição de algum componente do equipamento. Supondo que a Vida Útil (VU) do equipamento seja de 5 anos, e durante esse período tenham sido gastos, com a contratação da empresa e a substituição de componentes 200% do valor original do bem, a empresa gastou mais do que o necessário nesse uso, e a vida útil projetada é o dobro da durabilidade do equipamento. Muitas vezes as pessoas não se dão conta e não realizam as somas dos pequenos valores gastos periodicamente, pois os comparam com o valor do próprio equipamento. Um dos exemplos que se pode citar é o de uma empresa visitada onde a cada seis meses realizavam preventivamente a substituição de alguns componentes de uma instalação. O gerente financeiro liberava os recursos, pois para ele, o gasto de \$ 1 era menor do que o custo da instalação \$ 10. Assim, a empresa não tinha prejuízos. Nessas avaliações deixava de considerar as despesas com a mão de obra e a falta de produção durante o período de manutenção. Nesse exemplo, considerando a vida útil da instalação de 10 anos, somente nos dois primeiros anos já se dispndia \$ 4, sem as demais despesas, contra um custo da instalação de \$ 10. Os especialistas em matemática financeira ainda consideram as depreciações e ganhos considerando a aplicação em investimentos. Essa avaliação matemática, estruturada

sobre um levantamento dos riscos e perdas demonstra que é possível se avaliar as perdas que uma empresa possa ter. Essas podem ser reduzidas ou diminuídas através de ações simples de avaliação periódica dos equipamentos, inspeções rotineiras e do acompanhamento dos relatos dos operadores das instalações. Durante essas análises de sinistros reclamados observou-se que havia uma reincidência de sinistros com os percentuais apresentados a seguir:

Componentes elétricos	34%;
Partes móveis dos equipamentos	23%;
Partes não protegidas ou parcialmente protegidas dos equipamentos	19%;
Componentes rotativos	17%;
Partes sujeitas a temperaturas acima da temperatura normal do ambiente	12%;
Partes onde há maior contato físico dos operadores, como as de acionamento	08%;
Conexões entre equipamentos	07%;
Conexões entre equipamentos e instalações	0,4%.

## **VI. Considerações**

Durante a fase de conceitualização de um projeto devem ser previstas todas as circunstâncias que possam impactar o funcionamento das instalações. Essas ditas circunstâncias podem afetar componentes de um equipamento, o conjunto do equipamento, partes de uma instalação, a instalação como um todo ou o processo de produção ou fabricação. Ainda não existe tecnologia suficiente e aplicável que identifique o que pode conduzir a uma perda ou dano. Programas de informática nos conduzem a avaliações parciais. Softwares possibilitam que "se passeie" por uma instalação antes mesmo que o projeto seja iniciado, e tudo em três dimensões. Operadores de tais instalações podem identificar problemas que sejam os mais explícitos, como posicionamento do volante de válvula de 30", necessidade de escada de acesso a determinada plataforma de operação, localização de painel sinótico, enfim, itens operacionais. Poucas vezes se teve a oportunidade de compor, na equipe de avaliação do anteprojeto, especialistas em manutenção. Os técnicos de manutenção poucas vezes são convocados, somente em situações especialíssimas, como em áreas classificadas em terminal ou refinaria, por exemplo. Ao acompanhar mais de 260 projetos de construções de empreendimentos industriais, entre os anos de 1977 a 2009, pode se identificar que falhas habituais somente eram avaliadas com as unidades em operação. Desses projetos 100%

contemplavam o avaliação correta dos layouts industriais, arranjos esses que sofriam modificações por diversas razões ao longo do tempo. Por exemplo:

- 32% dos arranjos sofriam algum tipo de modificação nos primeiros quatro anos.
- 58% dos arranjos sofriam acréscimos nos primeiros seis anos.
- 71% dos arranjos passavam por grandes modificações nos primeiros 10 anos.

Muitas dessas alterações foram provocadas por aumentos impensados anteriormente, na capacidade instalada de produção, outras alterações foram devidas a mudanças na legislação, principalmente ambiental, observou-se mudanças com a substituição de equipamentos, por outros de maior capacidade, enfim, as causas são variadas. Um exemplo interessante foi identificado em 2004, com o início de estudos para a agregação de mais uma bomba em uma "casa de bombas" que já possuía três equipamentos. Esse conjunto era responsável pelo envio de fluido a uma pressão de  $57\text{kgf/cm}^2$ , com um volume de  $1.500\text{m}^3$ , passando por uma tubulação de 30". Mantida a pressão constante, o acréscimo de novo conjunto moto bomba proporcionou o transporte de  $2.100\text{m}^3$ . Levou-se um tempo de nove meses de análises e a retificação de um trecho de linha de 360 metros de extensão. Todo o comprimento da linha, com 108km foi avaliado por "pig" instrumentado por três vezes. Ou seja, houve a necessidade de uma minuciosa avaliação dos riscos a fim se evitar problemas de desabastecimento de produto ou de um acidente ambiental de largas proporções. O que aqui se avalia no "macro" deve ser entendido como necessário, principalmente nos pontos-chave dos circuitos e instalações, também ditos "nós" do processo. As formas de avaliação são específicas para cada empresa e situações que se apresentam. A proposta deste artigo é a de demonstrar que uma avaliação mais simples, como a dos custos envolvidos, em tarefas habituais, pode mudar hábitos e possibilitar que as empresas passem a ver as instalações como peças fundamentais no processo de produção.

## REFERÊNCIAS

- NAVARRO, A.F.A. A eterna discussão – Erro de execução versus erro de projeto - Boletim Informativo FENASEG **ISSN** - 1984-0454 - Ano XVII - nº 814 – 1985.
- NAVARRO, A.F.A. A gerência de riscos aplicada a riscos industriais – Revista Cadernos de Seguro **ISSN** 0101-5818, Ano VII, nº 40, mai/jun, pp 09-22 – 1988.

NAVARRO, A.F.A. A importância de dados estatísticos na Segurança Industrial - Boletim Informativo FENASEG **ISSN** - 1984-0454- Ano XV - nº 739 – 1983.

NAVARRO, A.F.A. A percepção de risco e o meio ambiente, Revista Cadernos de Seguro **ISSN** 0101-5818, Ano XXVIII, nº 148, pp22-34, mai/2008.

NAVARRO, A.F.A. A percepção dos riscos e sua influência da redução dos acidentes de trabalho, Revista Brasileira de Risco e Seguro **ISSN** 1980-2013, Escola Nacional de Seguros, v.6, n.11, 35-66, abr / set 2010.

NAVARRO, A.F.A. A tragédia da Plataforma de Enchova - Boletim Informativo FENASEG **ISSN** - 1984-0454 - Ano XVI - nº 777 – 1984.

NAVARRO, A.F.A. Avaliação de Riscos – Um eficiente meio de Prevenção de Perdas - Boletim Informativo FENASEG **ISSN** - 1984-0454 - Ano XVI - nº 780 – 1984.

NAVARRO, A.F.A. Ferramentas Empregadas na Gestão de Riscos Industriais – registrado na Biblioteca Nacional sob nº 128.681/1996, 298 pp, Rio de Janeiro.

NAVARRO, A.F.A. Gerência de Riscos - Prevendo o Imprevisível - Revista de Seguros **ISSN** 1413-4969, nº 759, Ano 65, pp06-07, abr/1985.

NAVARRO, A.F.A. Gestão de Riscos Industriais – registrado na Biblioteca Nacional sob nº 123.087/1996, 421pp, Rio de Janeiro.

NAVARRO, A.F.A. O efeito do dano máximo provável sobre o seguro - utilização de softwares específicos, Cadernos de Seguros **ISSN** 0101-5818, Ano XIII, nº 78, mar/abr, pp21-29, 1995.

NAVARRO, A.F.A. Os acidentes industriais e suas conseqüências, Revista Brasileira de Risco e Seguro, Escola Nacional de Seguros **ISSN** 1980-2013, v.5, n.10, 103-140, out – mar 2009.

NAVARRO, A.F.A. Os riscos da industrialização – Jornal Gazeta Mercantil – Caderno Paraná – **ISSN** 0101-5818 – 25/09/98.

NAVARRO, A.F.A. Risk Perception and its influence on reducing work-related accidents. RBRS International (versão publicada internacionalmente da Escola Nacional de Seguros), **ISSN**-1981-6693, v.4, n. 4, PP 71-100, Rio de Janeiro, ano 2011.

NAVARRO, A.F.A. Segurança Industrial – A importância do conhecimento de seus conceitos - Boletim Informativo FENASEG - **ISSN** 0101-5818, Ano XVI - nº 785 – 1984.

NAVARRO, A.F.A. Seguros na Engenharia – Revista Engenharia e Construção **ISSN** 2179-0728. – nº 21 – 1998.

NAVARRO, A.F.A. Técnicas de avaliação de riscos - parte I – Cadernos de Seguros, 0101-5818, Ano XI, nº 61, abr/mai, pp09-14, 1992.

NAVARRO, A.F.A. Técnicas de avaliação de riscos - parte II - Cadernos de Seguros, 0101-5818, Ano XI, nº 64, out/nov, pp13-19, 1992.

NAVARRO, A.F.A. Técnicas de avaliação de riscos - parte III - Cadernos de Seguros, 0101-5818, Ano XII, nº 66, fev/mar, pp16-22, 1993.

NAVARRO, A.F.A.; AZEVEDO, F.G.; QUELHAS, O.L.G & GOMES, R.S.. Prevenção ampla: empresa deve seguir determinações legais e estimular conscientização dos trabalhadores, Revista Proteção, **ISSN** 1980-3923, n.232, ano XXIV, pp. 68-76/151, abril/2011.