

# Análise e classificação dos fatores humanos nos acidentes industriais

**CÁRMEN REGINA PEREIRA CORREA**  
UNICSUL

**MOACYR MACHADO CARDOSO JUNIOR**  
ITA

## Resumo

O presente texto apresenta a evolução do conhecimento do fenômeno “acidente”, mostrando a mudança do conceito do acidente como obra do destino para um componente do processo produtivo de qualquer segmento – industrial, aeronáutico, serviços, transporte dentre outros. O método de análise e classificação dos fatores humanos nos acidentes é apresentado e discutido quanto à viabilidade de implementação. Finalmente, conclui-se que a forma atual e moderna para prevenção de acidentes está baseada na identificação antecipada das falhas latentes da organização e do sistema, e que a ferramenta apresentada contribui para a gestão proativa e consequentemente para a diminuição do impacto dos acidentes do trabalho no processo produtivo.

## Palavras-chave

Acidente, fatores humanos, falhas latentes, método.

## *Analysis and classification of the human factors in industrial accidents*

## Abstract

*The present text presents the evolution of the knowledge of the phenomenon “accident”, showing the change of the concept of the accident as workmanship of the destination for one component of the productive process of any segment - industrial, aeronautical, services, transports amongst others. The method of analysis and classification of the human factors in the accidents is presented and argued how much to the implementation viability. Finally one concludes that the current and modern form for prevention of accidents is based on the anticipated identification of the latent failures of the organization and the system, and that the presented tool contributes consequently for the pro-active management and in the reduction of the impact of the employment-related accidents in the productive process.*

## Key words

*Accident, human factors, latent failures, method*

## INTRODUÇÃO

Os acidentes do trabalho em geral são causados por falhas humanas e cerca de 95% devido a atos inseguros. (OR-OSHA, 2006). Alguns autores, no entanto, discordam deste valor, pois esta noção provém da interpretação equivocada do aspecto não linear do conjunto de causas e, especificamente, de que cada efeito tem pelo menos uma causa condicional e uma causa acional. (GANO, 2001)

Almeida (2003), reportando a forma pela qual os acidentes do trabalho têm sido abordados nos cursos oferecidos no MTE, conclui que as análises apresentadas têm como base: a compreensão da empresa como sistema sociotécnico aberto em que são realizadas atividades que evoluem no tempo e possuem variabilidade normal e incidental; ênfase em diferenças entre trabalho prescrito e trabalho real e a importância de considerar os dois na análise da atividade; concepção de acidente como evento que resulta de rede de múltiplos fatores em interação e que é desencadeado quando as mudanças ocorridas no sistema ultrapassam as suas capacidades de controle; crítica às práticas de atribuição de culpa às vítimas de acidentes. Nos cursos ministrados aos auditores fiscais do trabalho têm-se enfatizado o uso de categorias como “ato inseguro”, “condição insegura”, “condição ambiente de insegurança” ou equivalentes que tiveram e têm influência na construção dessa atribuição de culpa. O autor ainda afirma que a substituição do conceito de que a própria vítima é a culpada pelo acidente ocorrerá de forma lenta, no entanto, os cursos estão contribuindo positivamente para eliminar esta tendência.

Almeida (2003), citando o trabalho de Reason, Carthey e de Leval (2001), demonstra que a visão descrita anteriormente leva a atribuição de culpa ao próprio acidentado, devido ao fato dos processos investigativos considerarem que algumas organizações são mais propensas a sofrer acidentes do que outras, devido ao que eles chamaram de “Síndrome do Sistema Vulnerável”. Esta Síndrome é composta por três elementos que interagem e que se autoperpetuam: a atribuição de culpa aos indivíduos da linha de frente, a negação da existência de erros sistêmicos provocando seu enfraquecimento e a perseguição cega (*‘blinker pursuit’*) de indicadores financeiros e de produção”.

A visão equivocada das reais causas dos acidentes do trabalho também provém da literatura técnica nacional que promove a cultura e a visão ultrapassada sobre o tema, como se pode ver em Ayres & Correa (2001), que demonstram este entendimento distorcido sobre acidente de trabalho ao mostrar as causas dos acidentes somente pelo enfoque legal, sem realmente abordar a complexidade do assunto. Da mesma forma, Zocchio (2002), na sua obra *Prática da Prevenção de Acidentes*, atribui como causas de acidentes a hereditariedade, influência do meio

social, personalidade dentre outros. Cardella (1999), por sua vez, apresenta uma visão moderna na gestão dos riscos de acidentes.

O objetivo deste texto é o de apresentar a evolução da abordagem teórica dos acidentes e apresentar o sistema de análise e classificação de Fatores Humanos nos acidentes aeronáuticos apresentado por Shappell & Wiegmann (2000). É apresentada uma discussão da viabilidade de utilização para os acidentes em geral e também sobre a importância do desenvolvimento de pesquisas e aplicações práticas voltadas para a área industrial.

## TEORIAS SOBRE ACIDENTES

A história da segurança do trabalho é rica em teorias que tentam explicar a casualidade dos acidentes. Neste trabalho abordaremos algumas das principais teorias com o propósito de demonstrar a evolução do tema com o passar dos anos.

Mendes (1995) e Raouf (1998), expõem a teoria do “Puro Acaso”, em que é sugerido que todas as pessoas expostas ao mesmo risco tem igual chance para o acidente, que ocorre ao acaso, atendendo a “vontade de Deus”. Os mesmos autores citam ainda a teoria da propensão tendenciosa, ou seja, o fato de um indivíduo se envolver em um acidente poderia aumentar ou diminuir suas chances para um novo acidente.

Outra teoria desenvolvida é a da “Propensão Inicial Desigual” e da “Propensão ao Acidente”. Representa uma fase significativa das pesquisas sobre acidentes, e pode ser dividida em duas versões: A primeira afirma que algumas pessoas são mais propensas a acidentes do que outras em função de suas características pessoais inatas. Desta forma a propensão ao acidente é vista como característica do indivíduo, independentemente da tarefa por ele realizada, das condições de trabalho, do tempo e de outros fatores não pessoais. Na segunda visão a propensão ao acidente está associada a eventos críticos na vida do indivíduo mais do que a riscos situacionais. Esta segunda visão parte da premissa de que toda a população está submetida aos mesmos riscos ocupacionais. (MENDES, 1995; RAOUF, 1998).

Existem também relatos de teorias psicanalíticas ou da motivação inconsciente, segundo as quais os acidentes são resultados de processos inconscientes, como atos de autopunição, iniciados por sentimento de culpa, ansiedade, conflitos motivacionais gerados na infância (MENDES, 1995). O mesmo autor cita ainda Dejours (1987) e sua teoria sobre a organização do trabalho e sua influência na anulação da vida mental livre, quebrando resistências psíquicas.

Vidal (1991), citado por Mendes (1995), apresenta a teoria do ajuste/“estresse” ou da Acidentabilidade. Segundo esta teoria os indivíduos não ajustados ou não integrados às suas situações seriam mais propensos a sofrer acidentes quando submetidos a tensões e estresses físicos e psicológicos.

A teoria do “Alerta” preconiza que existe relação entre o nível de alerta/vigília da pessoa e sua *performance* nas tarefas, ocorrendo os acidentes quando este nível é mais baixo (em situações de subcargas, monotonia) ou quando se eleva de forma exagerada (ansiedade, excesso de motivação) (MENDES, 1995).

## A história da segurança do trabalho é rica em teorias que tentam explicar a casualidade dos acidentes

Podemos citar ainda as teorias situacionais, epidemiológicas e da fiabilidade de sistemas. Na teoria epidemiológica o acidente resulta da interação entre hospedeiro (pessoa), agente (ferramentas, sistemas tecnológicos, etc.) e ambiente de trabalho (físico e social). A teoria da fiabilidade de sistemas destaca as ligações entre o acidente e o sistema de trabalho onde o mesmo ocorre. Nesta teoria o acidente do trabalho representa um sinal de disfunção do sistema (MENDES, 1995). Começa a despontar a necessidade de se reconstruir a seqüência de antecedentes dos acidentes e das inter-relações entre esses eventos, enfatizando a importância de análises mais detalhadas dos comportamentos adotados nos períodos imediatamente antecedentes e nos mais remotos do acidente. Tem início a discussão sobre as teorias do erro humano, que implicariam em uma análise mais precisa das interações entre o homem e as demandas da tarefa. Nestas teorias o erro humano não apresenta qualquer conotação de culpa do trabalhador. Neste sentido, Vidal (2003) comenta que a conotação quase penal da expressão “erro humano” tornou-se inadequada e até mesmo perigosa. Segundo o autor, a visão ergonômica contemporânea, não mais admite isolar o erro de seu contexto específico e da sua “história”, principalmente no que se refere ao acidente do trabalho.

Raouf (1998) descreve a teoria da transferência de energia, ou seja, os trabalhadores sofrem lesões e os equipamentos sofrem danos devido a uma mudança de energia, e que para cada mudança de energia existe uma fonte, um caminho e um receptor. Esta teoria é útil para determinar as causas da lesão e para a avaliação de energias perigosas e métodos de controle.

O mesmo autor apresenta ainda a teoria dos “sintomas *versus* causas”, ou seja, se o objeto da investigação é compreender o acidente, deve-se tomar cuidado para que a pressa não prejudique a busca das causas raízes em benefício das causas óbvias. Atos inseguros e condições inseguras são sintomas que se encontram próximos às seqüências e não as causas raízes do acidente.

Benner (1978) descreve cinco teorias e suas implicações para a pesquisa dos acidentes. A primeira é a teoria do evento único, ou seja, os acidentes podem ser explicados por um simples evento que tem uma causa definida. E desta forma a prevenção de acidentes é encarada da seguinte forma: encontre e solucione a causa e o problema estará resolvido. Esta teoria é a mais primitiva e promove uma análise incompleta do acidente. Benner (1978) cita que em muitos casos em que a causa não é claramente definida, logo a mesma é atribuída a algum “bode expiatório”. Embora esteja desacreditada pela comunidade científica, a influência da mesma é muito forte sobre documentos técnicos e em procedimentos de investigação de acidentes.

A segunda teoria é a cadeia de eventos, que foi adaptada por Heinrich, que a denominou Teoria “Dominó”. A teoria tem como premissa básica que se um conjunto de condições inseguras (perigos) estiverem alinhadas como um dominó, então um ato inseguro pode levar ao início da queda dos mesmos. Esta teoria busca reconstruir a série de eventos que constituem o acidente, mas as condições inseguras carecem de definições claras, assim como os atos inseguros, ou seja, estes termos representam mais as conclusões do investigador do que a observação real do fenômeno, ou seja, diferentes investigadores apresentam diferentes pontos de vista, devido à falta de critérios previamente estabelecidos. Mendes (1995) descreve a Teoria Dominó como responsável pela introdução das figuras de ato inseguro e condições inseguras. Raouf (1998) cita ainda que a Teoria Dominó previa que 88% dos acidentes ocorrem devido a ato inseguro, 10% devido a condições inseguras e 2% por “vontade de Deus”. A terceira teoria é a da variável determinante. Esta teoria sugere pela primeira vez uma visão multifatorial do acidente e a tendência é analisar o acidente sob o ponto de vista estatístico, ou seja, a partir da definição de uma variável independente (fator), os dados podem ser analisados de forma a estimar as probabilidades de um acidente com base nas influências das variáveis.

A teoria das ramificações dos eventos também é citada por Benner (1978). A teoria nasceu da necessidade de o programa militar americano de mísseis prever os acidentes. Desta necessidade foi desenvolvida a árvore de falhas para analisar a segurança do lançamento. A teoria se baseia no fato de que um acidente pode ocorrer segundo uma dada probabilidade se uma série de eventos ocorrer. Os eventos podem estar encadeados a partir de uma série da origem até o acidente. O método de mostrar a cadeia de eventos que podem culminar com o acidente no topo constitui-se em uma ferramenta de previsão adequada de forma que os eventos possam ser visualizados de forma clara e prontamente compreendida. O método proporciona também que os eventos previstos sejam testados quanto à seqüência lógica e proporcionem

uma base para identificação dos dados necessários no evento de falha de um sistema. Diferentemente da teoria anterior, ela define claramente a necessidade de dados que facilitem a previsão das possibilidades de um acidente em um dado sistema. Proporciona ainda, segundo Benner (1978) um guia para a fase de investigação. A teoria das seqüências de eventos multilineares (Teoria do Processo) descrita pelo autor sugere que os acidentes são uma segmentação de um *continuum* de atividades, e propõe que o fenômeno acidente seja tratado como um processo. O acidente é então entendido como um processo de transformação pelo qual a atividade em situação homeostática é interrompida por um dano não intencional. O processo é descrito em termos das interações dos atores específicos, agindo de forma seqüencial com uma lógica temporal e espacial distinta. Os procedimentos para análises são definidos em termos das mudanças de estado e dos eventos (evento = ator + ação) que produzem a mudança de estado, e as técnicas para gerar as hipóteses estão ligadas aos procedimentos. Tanto os procedimentos investigativos como analíticos estão baseados na primeira lei de Benner, ou seja, “todos e tudo sempre tem que estar em algum lugar fazendo alguma coisa”.

Iida (1990) afirma que os acidentes resultam da interação inadequada entre o homem, a tarefa e o seu ambiente. Os acidentes poderiam ser explicados por modelos seqüenciais e fatoriais. Os modelos seqüenciais são representados por uma cadeia de eventos que levam ao acidente, conforme a Teoria Dominó. Outro modelo seqüencial citado foi proposto por Ramsey (1978), segundo o qual uma pessoa exposta a uma condição insegura, poderia apresentar os seguintes componentes seqüenciais: a) percepção do perigo (por meio dos órgãos sensoriais); b) identificação do perigo (processamento da informação); c) decisão de evitar o perigo (escolha de alternativa); d) habilidade para evitar o perigo (habilidade motora, forças, tempo de reação). Assim, qualquer falha em uma dessas etapas contribui para aumentar a probabilidade de acidente. Finalmente Iida (1990) cita o modelo proposto por Leplat e Rasmussen (1984), ou seja, a árvore de falhas. Os modelos fatoriais seriam mais atuais, segundo Iida (1990), pois partem da premissa de que existe um conjunto de fatores que interagem entre si, continuamente, e que pode conduzir a um acidente. Os fatores que devem ser observados são: a tarefa, as máquinas e ferramentas, o trabalhador, a personalidade, a sonolência, a estrutura organizacional e o ambiente físico.

Embrey (1992) apresenta um modelo chamado “MACHINE” (*Model of Accident Causation using Hierarchical Influence Network*), em que afirma que as causas diretas dos acidentes são uma combinação de erros humanos, falhas de equipamentos e eventos externos ao sistema. Os erros humanos compreendem falhas ativas, latentes e de recuperação. As falhas dos equipamentos ocorrem ao acaso (modelos de

confiabilidade) e também induzidas pelo homem nos aspectos de manutenção, montagem e teste e aos erros de projeto. Os eventos externos são característicos do meio ambiente no qual o sistema opera, tais como terremotos, colisões dentre outros. O método tenta aplicar os conceitos da avaliação probabilística, incorporando fatores de gerenciamento e organizacionais.

Hollnagel (2003) afirma que os acidentes de trabalho têm sido analisados por três grupos de modelos: Seqüencial, Epidemiológico e Sistêmico. Nos modelos seqüenciais os acidentes são tratados como resultado de uma seqüência de eventos (Teoria Dominó). Nos modelos epidemiológicos os acidentes são tratados como se fossem “doenças”, ou seja, ocorrem devido à interação de diversos fatores, sendo que alguns podem estar manifestados no sistema e outros na forma latente. Esses métodos caracterizam a saúde geral de um sistema. Os modelos sistêmicos tentam descrever as características de desempenho no nível do sistema como um todo, mais do que no nível específico do mecanismo de “causa e efeito”.

Clarke (2003) revisando a literatura sobre acidentes nas organizações e o erro humano, analisou duas obras clássicas da área: O livro *Managing the risks of organizational accidents*, de James Reason, e *An engineer's view of human error*, de Trevor Kletz. O autor verificou que nas últimas décadas ocorreu uma importante mudança na visão da natureza das causas dos acidentes, ou seja, o foco para falhas e erros locais foi substituído pela busca de fatores sistêmicos.

O enfoque apresentado por James Reason na sua obra é de que os acidentes ocorrem quando as defesas entre os perigos e os danos são perfuradas. A obra de Reason está levando as empresas a mudar de atitudes reativas (após o acidente) para ações proativas. Kletz (2001) por sua vez foca que as organizações devem se preocupar em mudar as situações com potencial de geração de acidentes e não tentar mudar as pessoas, ou seja, não adianta tentar mudar a natureza humana, mas sim incorporar nos projetos sistemas capazes de eliminar as oportunidades para o erro, mitigação e recuperação de erros. O autor sintetiza este ponto de vista da seguinte forma: “dizer que o acidente é devido à falha humana é tão útil quanto dizer que uma queda é devida à ação da gravidade”.

### O Modelo de Reason — “Queijo Suíço”

Os erros humanos podem ser estudados sob dois pontos de vista: aproximação pessoal e aproximação do sistema, cada qual possuindo um modelo próprio de causa dos erros, e conseqüentemente cada um apresenta uma filosofia diferente de gerenciamento (REASON, 2000). A aproximação pessoal foca os atos inseguros – erros e violações de procedimentos. Neste ponto de vista os atos inseguros surgem de processos mentais aberrantes, tais como esquecimentos,

desatenção, baixa motivação, falta de cuidado, negligência e imprudência, e assim as medidas preventivas estão dirigidas no sentido de se restringir a variabilidade indesejável do comportamento humano. Estes métodos incluem campanhas através de pôsteres que apelam para o sentimento de medo, escrever novos procedimentos ou alterar os existentes, medidas disciplinares, ameaça de litígio, reciclagem de treinamento, nomeando e envergonhando os culpados. Os seguidores desta teoria tratam o erro como um papel moral, assumindo que coisas ruins acontecem com pessoas ruins (REASON, 2000).

## Quando um evento adverso ocorre o importante não é quem cometeu o erro, mas sim como e porque as defesas falharam

Na aproximação do sistema considera-se que os humanos falham e os erros são esperados, mesmo nas melhores organizações. Os erros são considerados mais como conseqüências do que como causas, tendo suas origens nem tanto na natureza perversa do ser humano, mas em fatores sistêmicos que estão acima destes. As medidas de segurança baseiam-se no fato de que não podemos mudar a natureza humana, mas sim as condições sob as quais os seres humanos trabalham. A idéia central é a dos sistemas de defesa, ou seja, toda tecnologia perigosa possui barreiras e salvaguardas. Quando um evento adverso ocorre o importante não é quem cometeu o erro, mas sim como e porque as defesas falharam (REASON, 2000).

O modelo do “Queijo Suíço”, proposto por Reason (1990) está baseado nesta segunda corrente, ou seja, defesas, barreiras e salvaguardas ocupam uma posição chave. Sistemas de alta tecnologia têm muitas camadas defensivas, sendo algumas de engenharia, tais como alarmes, barreiras físicas, desligamentos automáticos, e outras defesas estão nas pessoas (pilotos, operadores) e ainda algumas outras dependem de procedimentos e controles administrativos. A função de todos eles é a de proteger vítimas potenciais e o patrimônio dos perigos do ambiente. A maioria das defesas, barreiras e salvaguardas funcionam bem, mas sempre existem fraquezas. Em um contexto hipotético, cada camada de defesa, barreira ou salvaguarda deveria estar íntegra, entretanto, via de regra elas são mais como as fatias de um queijo suíço, cheias de buracos. Porém, de forma diferente do queijo, esses buracos estão continuamente abrindo e fechando em diferentes momentos. Como estamos pensando em camadas, estes buracos em uma camada são inofensivos, mas quando ocorre um alinhamento destes buracos nas diferentes camadas do sistema de defesas, barreiras ou salvaguardas

ocorre a possibilidade de ocorrência de um evento perigoso, conforme Figura 1. Os buracos nas defesas surgem por duas razões: falhas ativas e condições latentes. As falhas ativas são representadas pelos atos inseguros cometidos pelas pessoas que estão em contato direto com o sistema, podendo assumir diferentes formas: deslizos, lapsos, perdas, erros e violações de procedimentos. As falhas ativas geralmente têm um impacto de curta duração sobre as defesas. Reason (2000) cita como exemplo o acidente de Chernobyl, no qual um operador violou as regras da planta nuclear e desligou um a um os sistemas de segurança, levando à explosão do núcleo do reator. Os seguidores da aproximação pessoal terminam a análise neste ponto, ou seja, o operador errou, sem discutir as condições anteriores que conduziram para este procedimento.

As condições latentes são representadas pelas patologias intrínsecas do sistema, e surgem a partir de decisões dos projetistas, construtores, elaboradores de procedimentos e do nível gerencial mais alto. Tais decisões podem se constituir de erros ou não. Toda decisão estratégica pode potencialmente introduzir um patógeno no sistema. As condições latentes têm dois tipos de efeitos adversos: podem contribuir para o erro no local de trabalho (como, por exemplo, pressão de tempo, sobrecarga de trabalho, equipamentos inadequados, fadiga e inexperiência) e podem criar buracos ou fraquezas duradouras nas defesas (alarmes e indicadores não confiáveis, procedimentos não exequíveis, deficiências projetuais e construtivas, dentre outros). As condições latentes, como o nome sugere, podem permanecer dormentes no sistema por anos antes que se combinem com as falhas ativas provocando acidentes. As falhas ativas não podem ser previstas facilmente, mas as condições latentes podem ser identificadas e corrigidas antes de um evento adverso. A compreensão deste fato leva ao gerenciamento proativo ao invés do reativo (REASON, 2000).

No Brasil um exemplo de evento catastrófico está contido no relatório de investigação do acidente ocorrido com o VLS-V03, em 22 de agosto de 2003, em Alcântara, Maranhão, em que as falhas latentes relacionadas à deficiência de recursos humanos e financeiros durante a terceira fase do programa espacial brasileiro contribuíram para o acidente.

Gerenciar os fatores de risco humanos nunca será 100% efetivo. As falhas humanas podem ser controladas, mas nunca eliminadas. O processo de gerenciamento do erro é tão importante quanto o próprio produto ou serviço considerado. Diferentes tipos de erros com variados mecanismos de sustentação ocorrem nas organizações e requerem métodos de gerenciamento específicos. O grande desafio é o de propiciar condições para que sejam eliminadas as condições que potencializam os erros, aumentando as chances de detecção

e de recuperação das falhas humanas que inevitavelmente ocorrerão (REASON, 2002). A diferença básica entre os deslizamentos (*slips*), lapsos (*lapses*), tropeços (*trips*) e falhas na execução (*fumbles*) e os equívocos é que os primeiros correspondem à aceitação habitual de erro e os equívocos tratam de questões como conhecimento, objetivos, raciocínio do operador. VIDAL (2003) denomina os primeiros como enganos ou erros superficiais, que podem ser exemplificados como um erro em acionar um comando de um dispositivo parecido com o que deveria ser acionado, e os equívocos como erros profundos (*mistakes*), que representam falhas no planejamento ou na solução de problemas. Erros representam problemas de manipulação de informações e violações problemas motivacionais. Os problemas de fatores humanos são um produto de uma cadeia de causas na qual os fatores psicológicos individuais (Ex. falta de atenção momentânea, esquecimentos, etc.) representam a última barreira no processo de gerenciamento (REASON, 1995).

Groeneweg (1998) afirma que o erro humano pode ser visto como uma falha em se atingir uma meta da forma que a mesma foi planejada, tanto do ponto de vista local como geral, devido a comportamento intencional e não-intencional. As ações planejadas podem falhar na busca dos objetivos por uma das quatro razões: a) as ações não ocorrem conforme planejadas (*slips*); b) as ações não são executadas (*lapses*) que correspondem a um comportamento não intencional; c) Inadequação do plano (*mistakes*); d) ocorrência de desvios do plano original (violações).

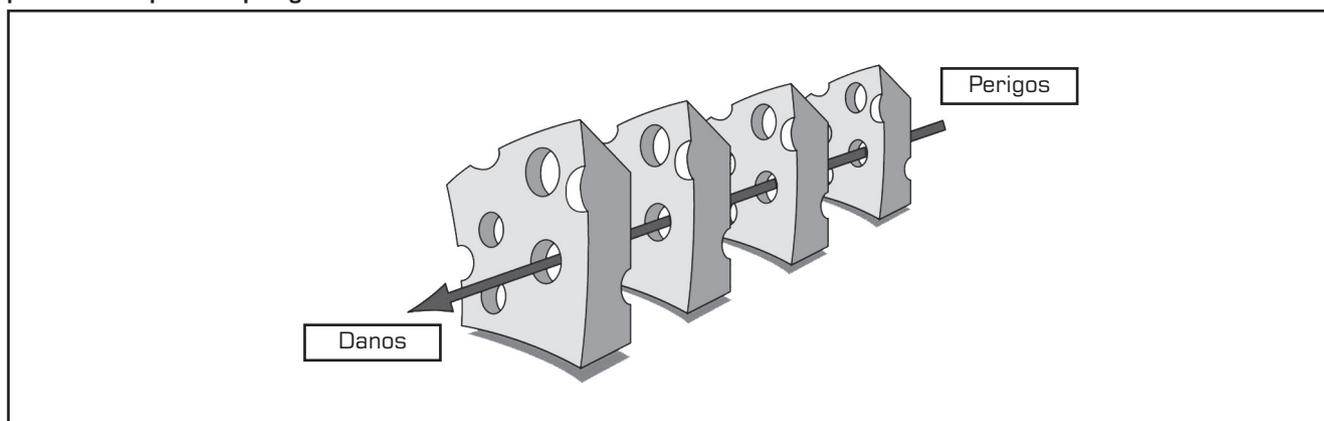
Gano (2001), citando Ludwig Benner Jr., afirma que foram criados pelo menos 14 diferentes modelos de acidentes e 17 métodos de investigação. A conclusão é que poucos modelos são realmente eficazes. O autor afirma ainda que após 14 anos de pesquisa chegou à conclusão de que nenhum dos modelos é efetivo sem a correta compreensão do princípio

Causa-Efeito. Segundo o autor existem quatro princípios a serem respeitados: 1. Causa e efeito são a mesma coisa; 2. Causa e Efeito são parte de um infinito *continuum* de causas; 3. Cada efeito tem pelo menos duas causas na forma de ações e condições; e 4. Um efeito existe somente se sua causa existir no mesmo ponto no espaço e no tempo. Benner (2003) afirma que o produto resultante de cada método de investigação de acidente é diferente, pois produzem diferentes percepções, produtos e recomendações.

Miranda *et al.* (2002) e Miranda (1997) discutem a utilização do método TRIPOD para análise e investigação de acidentes. Esse método foi desenvolvido por Reason & Wagnaar na década de 1990 para investigação de fatores humanos na indústria de petróleo. O método consiste em identificar as fragilidades que contribuem para que um acidente ocorra e desvendar as falhas latentes. O principal conceito do TRIPOD é que os acidentes têm suas origens nas falhas latentes e não nas falhas ativas. Desta forma, busca identificar as falhas latentes, denominadas por Tipos Gerais de Falhas (TGF). O método é uma aplicação clara da teoria do Queijo Suíço, de Reason. Os Tipos Gerais de Falhas foram classificados em onze itens necessários para a composição de um esquema de segurança aplicável às diversas atividades desenvolvidas nas empresas, que são: organização, metas incompatíveis, comunicação, procedimentos, projeto, equipamentos, manutenção, arrumação e limpeza, treinamento, defesas e condições que induzem a erro. Os mesmos tipos gerais de falhas são citadas por Groeneweg (1998), porém com o nome de fatores de risco básicos.

Reason (2004) enfatiza a necessidade de se desenvolver algumas habilidades mentais, nas quais as pessoas adquiram um alto grau de “inteligência do erro”, potencializando a capacidade de vigilância e cautela nas pessoas de ponta, que representam a última barreira.

**Figura 1: Modelo do “Queijo Suíço”, mostrando como as defesas, barreiras e salvaguardas podem ser penetradas por um perigo ocasionando danos.**



Fonte: Reason, 2000.

## SISTEMA DE ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DOS FATORES HUMANOS

Shappell & Wiegmann (2000), com base na teoria de Reason (1990), propuseram um modelo para análise e classificação dos erros humanos conforme Figura 2, com foco na aviação civil e militar. Neste modelo os operadores são representados pelo Piloto e pela tripulação da aeronave.

A imensa maioria das análises de acidentes atinge apenas esta fase final e prontamente referem-na como causa do acidente: “ato inseguro do operário”, sem prosseguir adiante, o que impossibilita a correta investigação do acidente e, pior ainda, inviabiliza a adoção de medidas preventivas, pois deposita toda a “culpa” do acidente no próprio acidentado.

Conceito de “ato inseguro” é pouco conhecido ou difundido, carregando consigo uma conotação negativa em relação ao comportamento do operário.

### Atos Inseguros

Os atos inseguros podem ser classificados em duas categorias: Erros e Violações (REASON, 1990; SHAPPELL; WIEGMANN, 2000).

De forma geral os erros representam as atividades mentais ou físicas dos indivíduos que falham em alcançar o objetivo pretendido. Esta categoria representa a causa da maior parte dos acidentes, uma vez que pela sua natureza os seres humanos cometem erros.

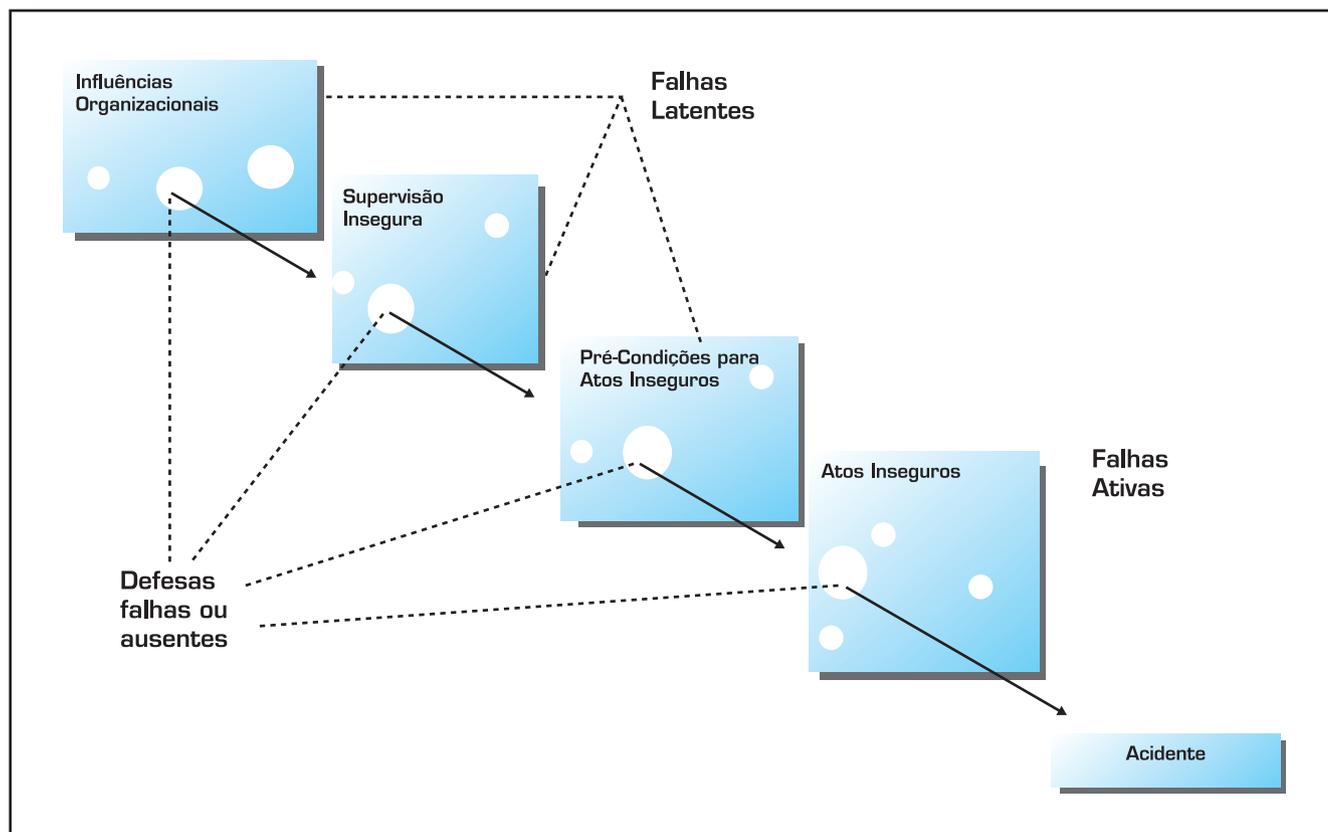
As violações, por outro lado, referem-se à desobediência de regras, regulamentos, normas que existam na organização visando a segurança ou mesmo procedimento operacional padrão da atividade.

Shappell e Wiegmann (2000), sugerem que os erros e violações sejam utilizados conforme Figura 3, facilitando a investigação do acidente.

Segundo Shappell e Wiegmann (2000), os erros podem ser divididos em erros de decisão, erros de habilidade e erros de percepção.

Os erros de habilidade são aqueles que ocorrem de forma inconsciente, sendo comuns as falhas de atenção, de memória ou de técnica. Alguns exemplos de falhas de atenção podem ser citados: ativação inadvertida de controles, troca ou substituição de passos em um procedimento padrão, fixação na tarefa (priorização) entre outros. Um exemplo do cotidiano de falha de atenção que pode ser citado é aquele

Figura 2: Modelo “Queijo Suíço” de Causas dos Erros Humanos.



Adaptado de Reason, 1990; Shappell & Wiegmann, 2000.

no qual a pessoa está habituada a percorrer um determinado caminho de casa para o trabalho, e ao sair em um feriado acaba, sem querer, chegando até o local do trabalho (comportamento automatizado).

Nesta categoria de erros podemos citar ainda as falhas de memória, que aparecem como itens omitidos em um *check-list* ou intenções esquecidas. Por exemplo, podemos citar que a maioria de nós já nos deparamos com a seguinte situação: ao nos deslocarmos até um armário ou arquivo, quando o abrimos não lembramos o que estávamos buscando. Este tipo de erro pode ser especialmente crítico quando o operador estiver submetido a situações estressantes, tais como emergências.

Finalmente, podemos citar também os erros de técnica. Shappell e Wiegmann (2000) citam o exemplo no qual dois pilotos, com mesmo treinamento, experiência e educação progressiva, variam enormemente na maneira de executar uma seqüência de eventos, embora ambos possam ser seguros e igualmente adaptados. A técnica empregada pode conduzir a modos de falhas específicas e de fato tais técnicas estão ligadas tanto ao fator habilidade inata e atitude como à expressão da própria personalidade, o que torna a prevenção de erros de técnica muito difícil.

### Erros de Decisão

Os erros de decisão representam um comportamento intencional que procede como pretendido, mas na verdade o plano se mostra inadequado ou inapropriado para a situação. São freqüentemente referidos como “erros honestos” (SHAPPELL; WIEGMANN, 2000).

Os erros de decisão são provavelmente os mais investigados de todas as formas de erros. Os erros de decisão podem ser agrupados em três categorias gerais: Erros de

Procedimento, Escolha “pobre” e Erros de resolução de problemas.

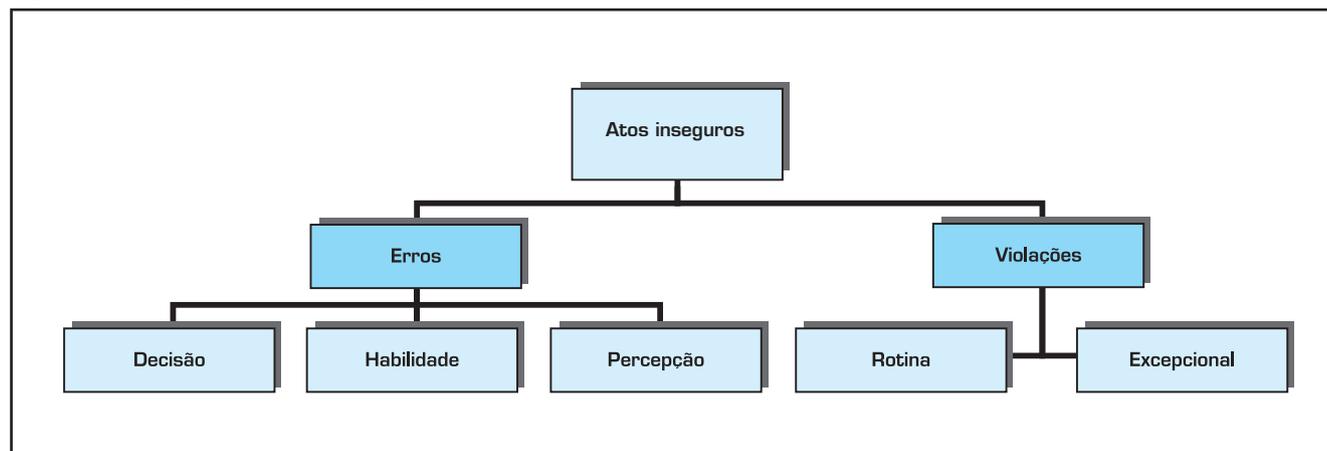
Os erros de decisão referentes a procedimentos ocorrem durante tarefas altamente estruturadas, ou seja, se X faça Y. Os erros podem ocorrer quando a situação não é reconhecida ou mesmo é diagnosticada de forma incorreta, e o procedimento errado é aplicado. Os erros de decisão que envolvam escolha “pobre” são freqüentes para operadores com pouca experiência, tempo, ou outras pressões que podem degradar a decisão.

Finalmente, os erros de resolução de problemas são aqueles para os quais não existem procedimentos formais, ou às vezes não são bem compreendido e para os quais as opções de solução não são prontamente disponíveis, ou seja, situações novas exigirão do indivíduo soluções novas. Embora a freqüência deste tipo de erro seja menor em relação aos outros, no setor aeronáutico a proporção de ocorrências é alta. (SHAPPELL; WIEGMANN, 2000)

### Erros de Percepção

Os erros de percepção ocorrem quando o que é percebido por uma pessoa difere da realidade. Estes erros ocorrem quando a entrada sensorial é degradada ou não usual, como no caso de ilusões visuais e desorientação espacial. A ilusão visual ocorre quando o cérebro tenta preencher os “buracos” ou “falhas” com aquilo que o mesmo sente como correto em um ambiente visual empobrecido. Um exemplo clássico de ilusão visual ocorre quando um piloto, ao sobrevoar um lago ou um campo repleto de árvores, tem a ilusão de que a aeronave está a uma altura superior à real. Como prevenção existe o procedimento de se ater aos instrumentos ao invés do ambiente externo (SHAPPELL; WIEGMANN, 2000).

Figura 3: Categorias de Atos Inseguros.



Fonte: Adaptado de Shappel & Wiegmann, 2000.

**Violações**

As violações representam um desrespeito às regras e regulamentos que governam a segurança. Ocorrem de forma menos freqüente do que os erros, mas via de regra produzem acidentes fatais (SHAPPELL; WIEGMANN, 2000).

As violações podem ser divididas em: Rotina e Excepcionais.

As violações de rotina são obviamente habituais e freqüentemente toleradas pela chefia ou supervisão, conforme citado por Reason (1990). As violações excepcionais aparecem de forma isolada, não necessariamente indicativa de um padrão de comportamento e não toleradas pela supervisão ou chefia, dificultando sua previsão.

**Pré-Condições para Atos Inseguros**

Embora os atos inseguros respondam por 80% dos acidentes aeronáuticos, a prevenção de acidentes somente será eficaz se for investigado a fundo o ambiente onde eles ocorrem. Shappell e Wiegmann (2000) propuseram uma divisão para as causas relacionadas às Pré-condições para atos inseguros, conforme Figura 4.

Desta forma duas grandes divisões são mostradas: Condições “fora da norma” dos Operadores e Práticas “fora da norma” dos Operadores.

**Condições “fora da norma” dos Operadores**

As condições dos Operadores, que no caso do estudo de

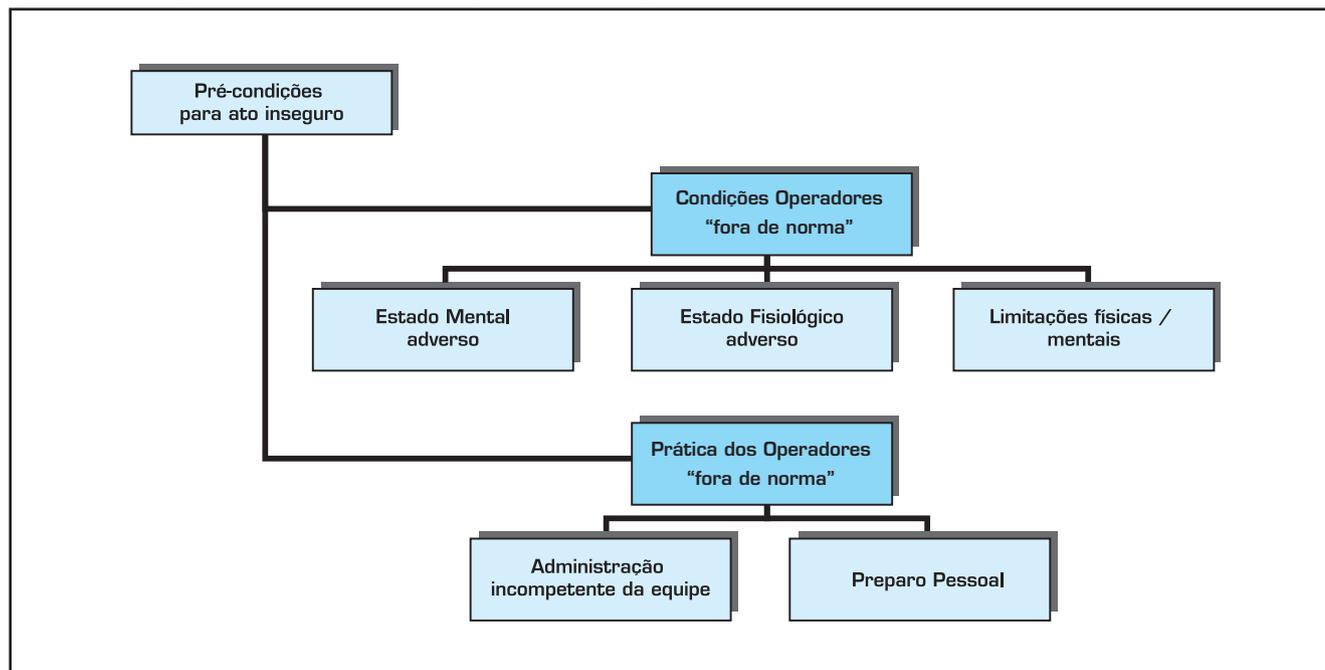
Shappell & Wiegmann (2000) referem-se a tripulação e pilotos, podem ser divididas ainda em: Estado mental adverso, Estado fisiológico adverso e Limitações físicas e mentais.

O fato de um operador estar mentalmente preparado pode ser considerado como um fator crítico na análise e classificação dos acidentes. Alguns exemplos que podem ser citados são: perda de consciência situacional, fixação em uma tarefa, distração, fadiga mental devido a falta de sono ou outros estressores. Também podem ser incluídos nesta categoria traços de personalidade e atitudes perniciosas tais como excesso de confiança, complacência e motivação perdida.

Obviamente, se um indivíduo estiver mentalmente cansado por qualquer razão, a probabilidade de ocorrência de erros será maior. De forma análoga, o excesso de confiança e outras atitudes perniciosas, tais como arrogância e impulsividade, podem influenciar as chances de que violações sejam cometidas. Desta forma a existência de estado mental adverso deve ser investigada na cadeia de eventos das causas.

A segunda forma, estado fisiológico adverso, refere-se às condições médicas ou fisiológicas que impedem operações de segurança. Como exemplos, Shappell e Wiegmann (2000), citam doenças, incapacidade fisiológica, fadiga física, estado fisiológico debilitado. No caso da aviação, os aspectos mais relevantes citados pelos autores são a fadiga física e uma série de anormalidades médicas e medicamentos que afetam o desempenho. Nos ambientes industriais, em determinadas atividades críticas, estes

Figura 4: Categorias de Pré-condições para atos inseguros.



Fonte: Adaptado de Shappel & Wiegmann, 2000.

fatores também devem ser investigados como um elo na cadeia do acidente.

As Limitações físicas/mentais referem-se àquelas atividades que demandam a capacidade dos operadores acima de seu limite, tais como tempo de resposta insuficiente, limitação visual, inteligência e atitude incompatíveis e capacidade física incompatível. Shappell e Wiegmann (2000) citam que no caso da aviação é patente que não são todas as pessoas que possuem habilidades mentais e atitudes para pilotar uma aeronave, da mesma forma que nem todas as pessoas podem ser pianistas, ou seja, não são todas as pessoas que têm habilidade inata para pilotar uma aeronave, uma vocação que exige decisões rápidas e respostas precisas em situações de ameaça à vida. O desafio para os investigadores é identificar se a atitude pode ter contribuído para a seqüência do acidente. Nos ambientes industriais, diversas tarefas requerem dos operadores decisões rápidas e precisas de forma análoga à aviação.

### Práticas “fora da norma” dos Operadores

Numerosas práticas dos operadores podem e levam os mesmos a cometerem atos inseguros. Dentre estas, genericamente podemos citar a administração incompetente da equipe e o despreparo pessoal como as principais responsáveis pelos atos inseguros.

### Administração incompetente da equipe

Boas habilidades de comunicação e de coordenação de equipes têm sido citadas como de extrema importância por especialistas em organização industrial e psicólogos por décadas (SHAPPELL; WIEGMANN, 2000). Alguns exemplos de práticas que podem ser citadas: falhas de comunicação/coordenação, falha em conduzir DDS adequado, falha em usar todos os recursos disponíveis, falha de liderança, falha em dar respaldo, ou seja, todos exemplos de falhas da supervisão ou chefia, que embora não estejam normalmente

em manuais de sistemas de gestão de segurança e saúde ocupacional, ou seja, estão “fora da norma”, podem contribuir para a ocorrência de atos inseguros.

### Preparo Pessoal

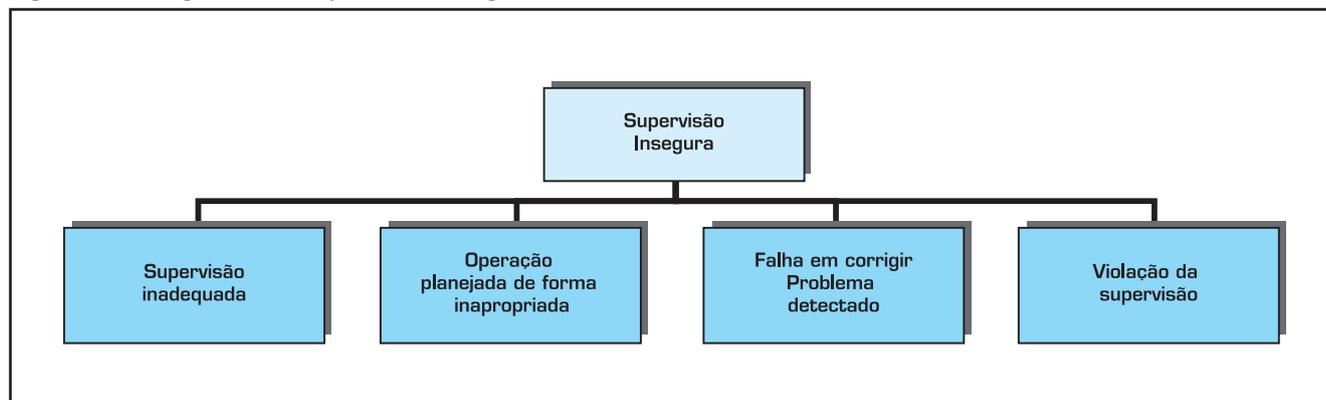
Dos trabalhadores se espera que estejam aptos a realizar suas tarefas cotidianas de forma adequada. As falhas de preparo acontecem quando os indivíduos falham no preparo físico e mental para a atividade. Alguns exemplos que podem ser citados são: preparo físico excessivo, o que pode levar à fadiga, auto-medicação, que obviamente pode afetar o estado de vigilância do trabalhador, falta de sono adequado, que terá impacto na fadiga física e mental, dentre outros. Novamente não existem normas para gerenciar estes comportamentos, mas o trabalhador deve ser alertado para estes fatos. Shappell e Wiegmann (2000) citam que na aviação estas práticas respondem por uma série de acidentes.

### Supervisão Insegura

Segundo Shappell e Wiegmann (2000) a supervisão insegura pode ser dividida em: supervisão inadequada, operações planejadas de forma inapropriada, falha em corrigir um problema detectado e violações da supervisão (Figura 5).

A supervisão inadequada pode ser exemplificada por atitudes tais como: falha em proporcionar direcionamento, doutrina, vigilância, treinamento e falha em buscar qualificação e desempenho de sua equipe. O papel do supervisor é proporcionar condições para o sucesso, independentemente do nível da operação, portanto deve proporcionar direcionamento da sua equipe, treinamento, oportunidades, liderança e motivação, o que nem sempre é visto nas organizações, onde em alguns casos pessoas são relegadas a um segundo plano quando se trata de treinamentos e reciclagens, dentre outros. *Empowerment* é a palavra chave, preparar o subordinado para tomar decisões e agir de forma independente é essencial, mas não pode ser feito sem direcionamento e sem

Figura 5: Categorias de Supervisão Insegura.



Fonte: Adaptado de Shappell & Wiegmann, 2000.

vigilância por parte da supervisão (SHAPPELL; WIEGMANN, 2000).

A categoria de operações planejadas de forma inapropriada foi criada para acomodar as situações em que o ritmo operacional e a programação coloca as pessoas em uma situação de risco inaceitável. Essas situações ocorrem e são toleradas em situações emergenciais, mas não se pode aceitar sua ocorrência em situações normais de trabalho. Alguns exemplos: Falha em proporcionar datas corretas, falhas em proporcionar *briefing* adequado, apoio inadequado, operações em desacordo com regras e regulamentos e não proporcionar descanso adequado para a equipe de trabalho.

A terceira categoria de causas relacionadas à supervisão insegura é representada pelas falhas em corrigir problemas conhecidos. Esta categoria de eventos ocorre quando o supervisor “sabe” que existem deficiências nos equipamentos, falta de treinamento ou outros problemas relacionados à área de segurança e, mesmo assim, não toma nenhuma ação. Alguns exemplos que podem ser citados: falha em corrigir um documento com erros, falha em identificar um operador em situação de risco, falha em iniciar uma ação corretiva e falha em reportar condições inseguras. Shappell e Wiegmann (2000) citam que na aviação é comum aos investigadores descobrirem através de entrevistas com colegas, amigos e supervisores que “eles sabiam que aquilo ia acontecer algum dia”.

As falhas em corrigir problemas conhecidos criam um ambiente de insegurança e que promove a violação de regras.

A última categoria é representada pelas violações de regras por parte dos próprios supervisores, tais como: autorizações para ações que impliquem em situações de perigo desnecessário, falhas em cobrar que regras e regulamentos sejam obedecidos, autorizar equipes ou pessoas não habilitadas para realizar a tarefa. Neste caso o clima organizacional é extremamente importante, pois se existir a “sensação”

geral de que ninguém obedece ou mesmo exige obediência às regras, a possibilidade desta categoria é muito alta. Um bom exemplo é aquele supervisor que alega após o acidente: “eu já tinha visto este fato ocorrer, mas ele insistia em não cumprir as regras...”.

Embora raramente justificáveis, alguns supervisores violam ocasionalmente as regras e as boas práticas quando estão tratando de assuntos sobre o seu domínio.

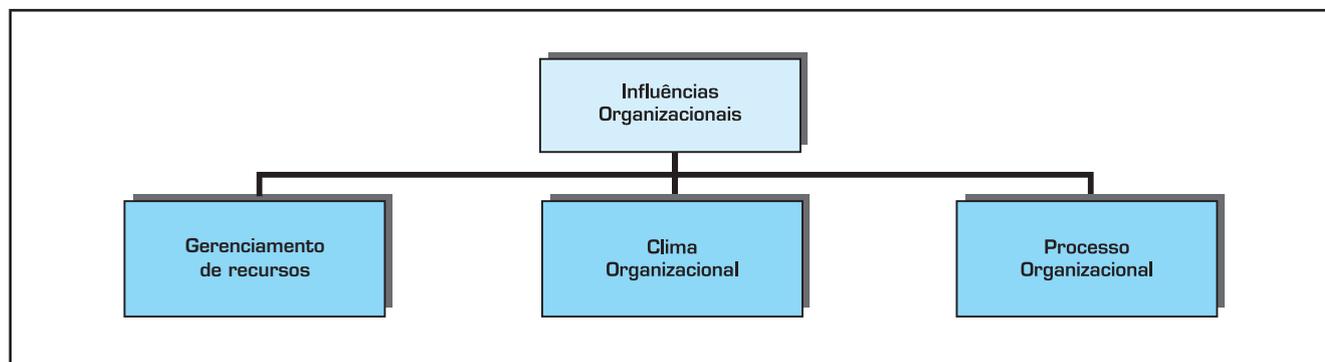
### Influências Organizacionais

Conforme discutido anteriormente, falhas nas decisões nos níveis mais altos da administração afetam diretamente as práticas de supervisão, assim como as condições e ações dos operadores. Estas influências muitas vezes não são percebidas e reportadas pelos profissionais da segurança devido ao fato da não existência de um sistema claro e objetivo para reportá-los. Essas falhas, chamadas de latentes, podem ser divididas, conforme Figura 6, em gerenciamento de recursos, clima organizacional e processo organizacional.

O Gerenciamento de recursos está na esfera de competência da alta administração, no que se refere a alocação e manutenção dos bens da organização, tais como recursos humanos, bens monetários, equipamentos e instrumentos. Alguns exemplos de problemas nesta área: recursos humanos (seleção, recrutamento, treinamento e formas de apoio), recursos monetários e orçamentários (cortes excessivos nos custos, falta de verbas), equipamentos e instrumentos (projeto ruim, compra de equipamentos inadequados). As decisões corporativas, via de regra, buscam dois objetivos distintos: segurança e operações efetivas em termos de custo. Em tempos de prosperidade os dois objetivos estão balanceados, mas em ocasiões de dificuldades, a área de segurança é deixada em segundo plano. Treinamentos e investimentos em segurança são normalmente os primeiros a serem cortados.

Cortes excessivos de custos podem resultar na compra de equipamentos inadequados para as atividades da organiza-

Figura 6: Fatores organizacionais que influenciam os acidentes.



Fonte: Shapell & Wiegmann, 2000.

ção e na falta de manutenção de equipamentos e de ambientes de trabalho (SHAPPELL; WIEGMANN, 2000).

O clima organizacional refere-se a uma série de variáveis ambientais que influenciam o desempenho dos trabalhadores. O clima organizacional pode ser visto como a “atmosfera” do ambiente de trabalho. Um sinal dorsal do clima organizacional é a estrutura, refletida na cadeia de comando, delegação, autoridade e responsabilidade, canais de comunicação, responsabilidade formal pelas ações. Se não existir comunicação entre a administração e a equipe, ou se não se sabe quem está no comando, a segurança da organização está em risco e os acidentes ocorrerão. (MUCHINSKY, 1997 *apud* SHAPPELL; WIEGMANN, 2000).

A política e a cultura organizacional também são bons indicadores do clima. As políticas refletem as diretrizes oficiais que norteiam as decisões gerenciais, tais como contratações, demissões, promoções, aumentos, abonos de faltas, prevenção ao alcoolismo e outras drogas, horas extras, investigação de acidentes e o uso de equipamentos de segurança. A cultura por outro lado, refere-se às regras não oficiais, valores, atitudes, crenças e costumes de uma organização. A cultura representa a forma real de como as coisas funcionam na empresa (SHAPPELL; WIEGMANN, 2000).

Políticas mal definidas, adversas ou conflitantes, ou quando são suplantadas pelas regras e valores não oficiais, geram confusão, que toma conta da organização. A Terceira Lei da Termodinâmica diz que: “ordem e harmonia não podem ser produzidas sob o caos e desarmonia”, ou seja, não existe segurança sem esforço e dedicação da empresa em implementar a sua política referente a segurança e valorizar a cultura organizacional.

Os processos operacionais dizem respeito às decisões corporativas e regras que governam o dia-a-dia da organização, incluindo o estabelecimento e o uso de procedimentos operacionais padrão e métodos formais para verificações de manutenção e para o balanceamento entre as equipes de trabalho e a administração. Alguns exemplos desta categoria são: operacionais (ritmo, pressão por tempo, quota de produção, incentivos, medidas e avaliações, cronogramas, planejamento deficiente), procedimentos (padronização, objetivos claramente definidos, documentação e instruções), supervisão (gerência de riscos e programas de segurança).

Os autores comentam que não são todas as organizações que implantam um sistema de supervisão de erros e fatores humanos através de registro de incidentes e auditorias de segurança, dessa forma os supervisores sempre desconhecem os problemas até que eles gerem um acidente. Na verdade, um acidente é um entre vários incidentes (REINHART,

1996 *apud* SHAPPELL; WIEGMANN, 2000). É um compromisso da organização a busca incessante pelos possíveis “buracos no queijo” e corrigi-los antes que eles se alinhem e provoquem uma catástrofe.

Os autores concluem que a sistemática de classificação das causas humanas nos acidentes aeronáuticos possibilitou aliar a teoria do “Queijo Suíço” à prática da investigação de acidentes. Os autores citam ainda que mais de 1.000 acidentes foram analisados sob este aspecto e a validade e confiabilidade do método foram comprovadas, contribuindo para o objetivo maior de redução do número de acidentes através de um método sistemático.

**P**olíticas mal definidas, adversas ou conflitantes, ou quando são suplantadas pelas regras e valores não oficiais, geram confusão, que toma conta da organização

Shappell e Wiegmann (2001) estudaram os dados disponíveis de acidentes aeronáuticos, em especial os acidentes nos quais aeronaves em perfeito estado são inexplicavelmente levadas a impacto contra o solo, obstáculos ou água, utilizando a sistemática de análise e classificação dos fatores humanos relacionados aos acidentes, concluindo que a grande maioria das causas está relacionada aos atos inseguros e às pré-condições para atos inseguros, que representam as “defesas do sistema” mais próximas do dano. Neste cenário, identificaram ainda que 48,8% dos acidentes são decorrentes de erros de habilidade, 44,5% de erros de decisão, 30,5% de violações de procedimentos e 17,1% de erros de percepção. Os autores detectaram ainda que 84% dos acidentes fatais estavam relacionados à violação de procedimentos.

## CONCLUSÕES

O sistema de análise e classificação de acidentes proposto por Shappell e Wiegmann representa uma interessante abordagem sobre a aplicação da teoria do Queijo Suíço, proposta por Reason, que enfatiza a busca incessante das causas latentes de acidentes na organização. A forma detalhada para coleta e classificação das causas ajuda o investigador no processo de reconhecimento dessas causas. A aplicação desse modelo aos acidentes industriais é viável e factível. A adoção do sistema de análise e classificação como ferramenta de auxílio aos profissionais ligados ao processo produtivo, tais como engenheiros de produção, engenheiros de segurança, dentre outros, contribuirá significativamente para a efetiva eliminação da visão de que os acidentes ocorrem por obra do

acaso e que somente a gestão proativa da função “segurança do trabalho” será capaz de minorar os custos econômicos e sociais dos acidentes industriais. O grande desafio que se lança a estes profissionais é o desenvolvimento de pesquisas e aplicações práticas deste modelo em ambientes industriais,

uma vez que, conforme foi apresentado na Introdução, a visão distorcida pela qual a maioria das análises leva a atribuição de culpa ao próprio acidentado deve ser substituída pelo entendimento das diversas componentes presentes na gênese dos acidentes.

**Artigo recebido em 08/06/2006**

**Aprovado para publicação em 27/02/2007**

## ■ Referências

- ALMEIDA, I. M. (Org.) *Caminhos da análise de acidentes do trabalho*. Brasília: MTE, SIT, 2003.
- AYRES, D. O.; CORREA, J. A. P. *Manual de prevenção de acidentes do trabalho: aspectos técnicos e legais*. São Paulo: Atlas, 2001.
- BENNER, L. *Five accident theories and their implications for research*. presented at the Joint International Meeting of the American Association for Automotive Medicine and the International Association for Accident and Traffic Medicine, Ann Arbor, MI, 1978.
- BENNER, L. *Investigating investigation methodologies*, 2003. The Investigation Process Research Library. Disponível em: <<http://www.iprr.org/>> Acesso em: 13 abr. 2006.
- CARDELLA, B. *Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística: segurança integrada à missão organizacional com produtividade, qualidade, preservação ambiental e desenvolvimento de pessoas*. São Paulo: Atlas, 1999.
- [CTA] Centro Técnico Aeroespacial. *Relatório da Investigação do Acidente Ocorrido com o Vls-1 V03, em 22 de Agosto de 2003, em Alcântara, Maranhão*. (Relatório Técnico).
- CLARKE, D. M. Organizational accidents and human error. *Journal of Risk Research* v. 6, n. 3, p. 285-288, 2003
- EMBREY, D. E. Incorporating management and organizational factors into probabilistic safety assessment. *Reliability Engineering and System Safety*, v. 38, p. 199-208, 1992.
- GANO, D. L. *Effective solutions versus The Root Cause Myth*. Presented at 7<sup>o</sup> Annual Human Performance/Root Cause/Trending Conference. Baltimore, MD, 2001. Disponível em: <<http://hprct.dom.com/2001/>> Acesso em: 10 abr. 2006.
- GROENEWEG, J. *Hazard Analysis: The accident causation model*. In: STELLMANN, J. M. (Ed) *The ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, fourth edition. ILO Publications, Geneva, 1998.
- HOLLNAGEL, E. *Modelos de Acidentes e Análises de Acidentes*. In: ALMEIDA, I. M., (Org.) *Caminhos da análise de acidentes do trabalho*. Brasília: MTE, SIT, 2003.
- IIDA, I. *Ergonomia Projeto e Produção*. São Paulo: Edgard Blucher, 1990.
- MENDES, R. *Patologia do trabalho*. Rio de Janeiro: Atheneu, 1995.
- MIRANDA, V. A. A. *Utilização do Método TRIPOD na investigação de fatores envolvidos nos acidentes de trânsito*, 1997. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro.
- MIRANDA, V. A. A.; CABRAL, S. D.; HADDAD, A. N. TRIPOD: uma ferramenta de identificação e análise de riscos baseada nos acidentes. *Ação Ergonômica*, v. 1, n. 3, p. 9-20, 2002.
- RAOUF, A. *Theory of accident causes*. In: SAARI, J. (Ed.) *Accident Prevention*. The ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, fourth edition. ILO Publications, Geneva, 1998.
- REASON, J. *Human error*. New York: Cambridge University Press, 1990.
- REASON, J. Human error: models and management. *BMJ*, 320, p. 768-770, 2000.
- REASON, J. Understanding adverse events: human factors. *Quality Safety Health Care*, v. 4, n. 2, p. 80-89, 1995.
- REASON, J. Combating omission errors through task analysis and good reminders. *Quality Safety Health Care*; v. 11, p. 40-44, 2002.
- REASON, J. Beyond the organizational accident: the need for “error wisdom” on the frontline. *Quality Safety Health Care*, v. 13, p. 28-33, 2004.
- SHAPELL, S.; WIEGMANN, D. *The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)*. Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine Report Nº DOT/FAA/AM-00/7. Office of Aviation Medicine. Washington, DC, 2000.
- SHAPELL, S.; WIEGMANN, D. *Unraveling the mystery of general aviation controlled flight into terrain accident using HFACS*. Presented at 11<sup>o</sup> International Symposium on Aviation Psychology. Columbus, OH: The Ohio State University, 2001.
- VIDAL, M.C. *Ergonomia Cognitiva*. Apostila do Curso de Especialização Superior em Ergonomia. Fundação COPPETEC. COPPE. UFRJ. 2003.
- [OR-OSHA] Oregon OSHA. OR-OSHA-102 – *Conducting an accident investigation*. Disponível em: <<http://www.orsosha.org/index.html>> Acesso em: 30 mar. 2006.
- ZOCCHIO, A. *Prática da prevenção de acidentes: ABC da segurança*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

## ■ Sobre os autores

### Cármen Regina Pereira Correa

Universidade Cruzeiro do Sul - UNICSUL

Professora visitante no Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho

End.: Rua Licínio Rodrigues Alves, 114 – Chácara Jafet – Mogi das Cruzes – 08730-661

Tel.: (11) 4794-5874

### Moacyr Machado Cardoso Junior

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA

Chefe da Divisão de Segurança do Trabalho IA/ST

End.: Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 – Sala 2043 – Vila das Acácias – São José dos Campos – 12228-900

Tel.: 12 3947-5841 Fax: 12 3947-5881

E-mail: moacyr@ita.br