

©Copyright, 2006. Todos os direitos são reservados. Será permitida a reprodução integral ou parcial dos artigos, ocasião em que deverá ser observada a obrigatoriedade de indicação da propriedade dos seus direitos autorais pela INTERFACEHS, com a citação completa da fonte. Em caso de dúvidas, consulte a secretaria: interfacehs@interfacehs.com.br

ABORDAGEM SISTÊMICA DE ACIDENTES E SISTEMAS DE GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO

Ildelberto Muniz de Almeida

Professor Assistente Doutor, Departamento de Saúde Pública da Faculdade de Medicina de Botucatu –
Unesp; ialmeida@fmb.unesp.br

RESUMO

Os principais objetivos deste texto são: difundir conceitos de abordagens sistêmicas de acidentes do trabalho e estimular reflexões sobre sua utilização em sistemas de gestão de saúde e segurança do trabalho – SGSST – em nosso país. Os conceitos mostrados sugerem novos caminhos para a interpretação de comportamentos humanos que participam nas origens proximais ou distais de acidentes. As análises de acidentes devem buscar condições latentes ou incubadas, pesquisar aspectos da complexidade interativa, modos de controle psíquico e situações, mecanismos modeladores de comportamentos dos operadores, migração de sistemas para acidentes ou outros aspectos. Responsáveis por SGSST são estimulados a saber reconhecer os conceitos ou abordagens mais úteis às organizações em que atuam.

Palavras-chave: acidente de trabalho; concepções de acidentes; análise de acidentes do trabalho; sistemas de gestão de saúde e segurança do trabalho; migração do sistema para o acidente.

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente as análises de acidentes do trabalho concluem atribuindo culpa às próprias vítimas e negando a existência de problemas ou disfunções nos sistemas que dão origem a esses eventos. Nas últimas décadas, surgem visões que questionam esse desfecho e destacam a ocorrência de acidentes como avisos da existência de disfunções sistêmicas, sinais da ocorrência de problemas incubados que precisam ser ouvidos e adequadamente interpretados pelos sistemas de gestão de saúde e segurança do trabalho – SGSST.

O enfoque sistêmico de acidentes não encontra facilidades em sua difusão. No Brasil, uma das poucas obras dedicadas ao enfoque sistêmico é *Acidentes industriais: o custo do silêncio*, de Michel Llory (1999a). No prefácio do livro Gerard Mendel discute a resistência a essa abordagem destacando que ela tem a ver como princípio a partir do qual se pôde fundar e desenvolver a ciência ... construiu-se a ciência fracionando-se cada vez mais a realidade, em campos disciplinares distintos e separados, mas apesar disso, a realidade só existe de forma global ... o espírito do cientista não está preparado para transitar nesses campos interdisciplinares.

O objetivo deste texto é apresentar alguns dos conceitos dessa abordagem que vêm sendo utilizados nas últimas décadas em análises de acidentes e discutir implicações de sua incorporação por SGSST. A discussão será acompanhada de questões sugeridas como temas para a reflexão e não visa estabelecer “novas verdades”, mas cobra, no mínimo, a explicitação de razões que levam cada sistema a fazer as escolhas que faz. Enfim, o texto aponta a existência de caminhos para SGGST que são pouco conhecidos entre nós.

O MODELO DE ACIDENTE ORGANIZACIONAL DE JAMES REASON

A expressão *acidente organizacional* foi usada por Reason (1997) em contraposição à idéia de *acidente individual*. Segundo ele, neste último todos os acontecimentos relativos ao acidente, ou seja, suas causas e conseqüências, podem ser considerados como circunscritos ao indivíduo que realiza a atividade e que sofre o

acidente e a lesão. Acidentes organizacionais são “eventos comparativamente raros, mas freqüentemente catastróficos, que ocorrem dentro de uma tecnologia moderna complexa tais como plantas nucleares, aviação comercial, indústria petroquímica, plantas de processos químicos, transporte ferroviário e marítimo...” (p.1).

Em pouco tempo essa idéia passa a ser usada na abordagem de acidentes ocorridos em outros tipos de sistemas e situações. O próprio Reason a utiliza em estudos de acidentes em manutenção, principalmente na aviação, e também em acidentes ocorridos em serviços de saúde.

A Figura 1 mostra o modelo de acidente organizacional proposto por Reason. Nela, um triângulo e um retângulo são usados para representar o acidente. Na parte superior do esquema, o retângulo representa o desfecho do acidente. Em seu esquema o autor reproduz aqui a idéia de acidente como fenômeno que sempre inclui a liberação descontrolada de uma (ou mais) determinada forma de energia de modo a produzir perdas no sistema: danos materiais, ambientais, outras formas de prejuízos ou vítimas humanas.

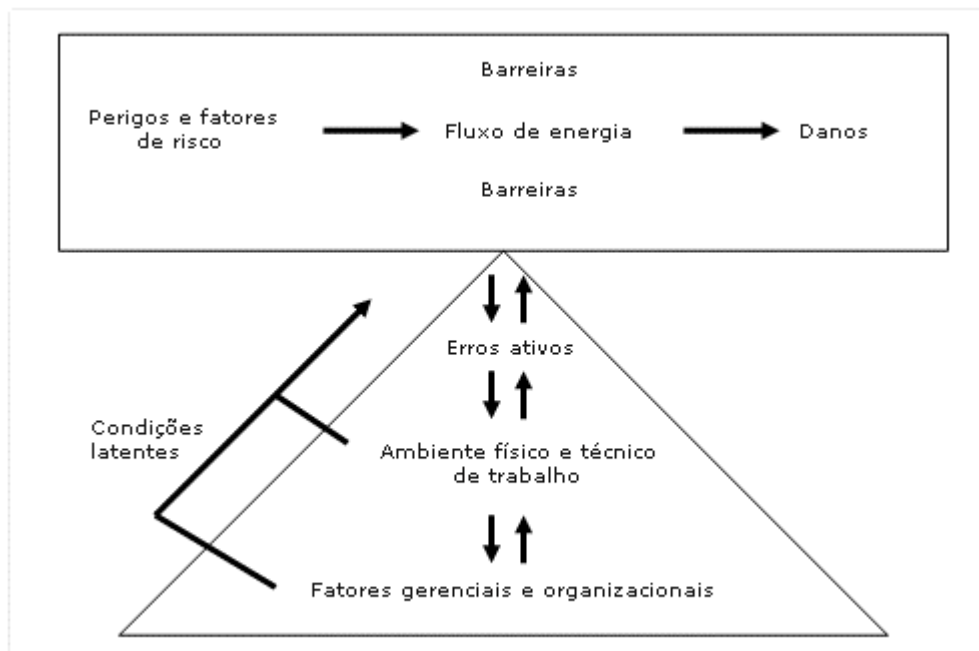


Figura 1: Modelo de acidente organizacional de James Reason (1997)

A energia liberada estava presente no sistema, controlada por barreiras que não conseguiram impedir a liberação do seu fluxo por ocasião do acidente. No topo da figura, a seta representa essa idéia de fluxo de energia atravessando as barreiras.

No modelo de Reason, o triângulo que forma a base da figura representa o processo ou as condições do sistema que originam a liberação do fluxo de energia. Nas proximidades imediatas do desfecho do acidente, ou do descontrole da energia em questão, com freqüência estariam comportamentos dos trabalhadores que operavam o sistema. Essas ações ou omissões estão representadas no vértice do triângulo e foram chamadas por ele de *erros ativos*, incluindo comportamentos involuntários (os “erros”) e voluntários. Os erros ativos correspondem aos atos inseguros da abordagem tradicional de acidentes.

No meio do triângulo estão representados fatores do ambiente físico e técnico de trabalho. Eles estariam nas origens dos erros ativos e, por sua vez, têm origens em fatores gerenciais e da organização do trabalho que são representados na base do triângulo. Esses dois grupos de fatores são chamados de condições latentes que, segundo o esquema, podem originar o descontrole da energia liberada no acidente de modo direto, isto é, sem a presença de erros ativos. A seta de condições latentes, paralela ao triângulo, mostra a possibilidade de acidentes sem “erros” ativos, com origens diretas nessas condições.

Segundo Reason os erros ativos são pouco importantes para a prevenção. Em particular, porque as diferentes combinações possíveis entre fatores das condições latentes criam constantemente novas condições facilitadoras do aparecimento de erros ativos. Em outras palavras, não é possível eliminar diretamente esses erros. Eles são conseqüências, e não causas. Por isso mesmo, os interessados na prevenção devem priorizar a eliminação ou minimização de condições latentes.

Talvez a contribuição mais importante a ser destacada dos estudos de Reason seja a idéia de que para os interessados na prevenção de acidentes o caminho a seguir não é o do estudo dos “erros humanos”. Em especial, quando essa expressão é tomada no sentido de *erros ativos*, entendidos como resultados de falhas do indivíduo ou operador que os cometeu. As características do comportamento humano no trabalho

levam estudiosos do tema a reconhecer que “errar é humano”, ou seja, que o erro sempre vai existir e que, por isso, a prevenção ideal deve basear-se na abordagem de características do sistema que aumentam as chances de ocorrência desses erros.

A contribuição de Reason influencia a abordagem de acidentes pelo mundo todo. Os interessados em conhecê-la em mais profundidade podem fazer busca direta com o nome do autor em sistemas de busca e bases de dados. Em livro recente, o interessado pode encontrar muitos exemplos de aplicação desses conceitos em estudos de acidentes na atividade de manutenção (REASON & HOBBS, 2003).

O ACIDENTE PSICO-ORGANIZACIONAL DE LLORY

Outros autores também utilizam a expressão *acidente organizacional* com sentido assemelhado ao empregado por Reason. Em 1997 foi lançada nova edição de *Man-made disasters* (TURNER & PIDGEON, 1997) que descreve estágios ou etapas do acidente na vida do sistema. Em 1999, na França, Llory resume a proposta de Turner e Pidgeon em três fases. A primeira, *pré-acidental ou período de incubação*, em que uma lenta e progressiva degradação do sistema leva à segunda, *acidental propriamente dita*, geralmente desencadeada por evento específico. A terceira fase é a *pós-acidental*, no curso da qual se manifestam as conseqüências sociais, políticas e institucionais do acidente, sob a forma de uma crise organizacional e social (LLORY, 1999b, p.114).

O acidente é organizacional na medida em que é, antes de tudo, o produto de uma organização sociotécnica. Não mais somente como resultado de uma combinação ‘azarada’ de falhas passivas e latentes com falhas ativas e diretas, não mais somente como resultado de uma combinação específica de erros humanos e de falhas materiais. (p.113)

O acidente está enraizado na história da organização: uma série de decisões, ou ausências de decisões; a evolução do contexto organizacional, institucional, cultural que interfere no futuro do sistema; a evolução (a degradação) progressiva de condições ou fatores internos à organização; alguns eventos particulares que têm um impacto notável sobre a vida e o funcionamento do sistema sociotécnico, criando uma situação

desfavorável: um terreno no qual o acidente (ou um incidente) poderá se inserir e se desenvolver ... o acidente incuba. O período de incubação pode ser longo... (p.1134)

Considerando as idéias de acidente organizacional aqui apresentadas, os primeiros questionamentos suscitados aos interessados em SGGST são:

- Qual a concepção de acidente adotada no sistema em que você atua?
- Suas análises de acidentes identificam condições latentes ou aspectos da história da incubação desses eventos? Adotam algum dos conceitos citados?
- Como você situa a afirmação de que a maioria dos acidentes deve-se a erros dos operadores e que o principal objetivo a ser adotado para a sua prevenção é a eliminação desses erros?

A NOÇÃO DE ACIDENTE NORMAL OU SISTÊMICO DE CHARLES PERROW

Uma das primeiras obras de divulgação do enfoque sistêmico foi publicada em 1984 pelo sociólogo americano Charles Perrow: *Normal accidents: living with high-risk technologies*. Nessa obra ele enfatiza o papel da estrutura de sistemas complexos nas origens do que denominou *acidentes normais* ou *sistêmicos*.

Em seu livro Perrow (1999a) destaca uma idéia de risco que não costuma ser considerada como tal em abordagens técnicas tradicionais. Trata-se do risco decorrente da possibilidade de interações entre fatores, elementos ou componentes de sistemas sociotécnicos. Esse tipo de risco é descrito pelo autor como associado à complexidade sistêmica, ou seja, a uma propriedade de sistemas complexos.

O autor classifica os sistemas em simples e complexos em função do tipo de interações existentes entre seus elementos. Nos sistemas simples predominam interações de tipo previsível, ditas simples, como aquelas presentes numa série de pedras de um dominó. A consequência da queda de uma delas, ou seja, a derrubada daquelas que estão à sua frente, é facilmente previsível. Nos sistemas complexos há maior frequência de interações provenientes do acúmulo de aspectos ou fatores que, vistos isoladamente, não são considerados como risco e, mesmo em seu conjunto, não

permitem prever os desfechos a que se associam.

Segundo Perrow, em sistemas complexos a emergência de interações complexas pode originar comportamentos sistêmicos não antecipados e de evolução tão rápida que impossibilitam aos operadores o restabelecimento da compreensão do que estaria acontecendo. Como conseqüência, essas situações evoluem para acidentes impossíveis de serem evitados.

Os sistemas com mais chances de apresentar acidentes desse tipo são aqueles que incluem parte, unidade ou subsistema que desempenha, simultaneamente, múltiplas funções. Por exemplo, um aquecedor que é usado tanto para aquecer gases em um tanque “A”, como para trocar calor de modo a absorver seu excesso de um reator químico. Sua falha pode deixar o tanque “A” muito frio para a recombinação das moléculas do gás e, ao mesmo tempo, o reator químico superaquecido por causa da não absorção do excesso de calor.

Segundo Perrow os acidentes sistêmicos tendem a apresentar acúmulos de conseqüências desse tipo de falhas, denominadas de falhas de modo comum (*common-mode failures*) que tendem a reagir com *feedbacks* não familiares aos integrantes do sistema. Além disso, os sistemas mais propensos a esse tipo de acidentes possuem “interatividade” caracterizada por “proximidade física” entre componentes, “informação de origem indireta ou inferencial, controle de muitos parâmetros com interações potenciais e compreensão limitada de alguns processos”. Resumindo a noção de “complexidade interativa”, Marais et al. (2004) afirmam que ela “refere-se à presença de seqüências de eventos não familiares, não planejados e inesperados em um sistema”, sendo também invisíveis e não imediatamente compreensíveis.

Esse tipo de acidentes tende a ser disparado por falhas banais, aparentemente sem grande significado para a segurança. Por exemplo, um defeito numa máquina de café levando a um incêndio que culmina na queda de um avião. No acidente de Three Mile Island um aviso de manutenção cobria alarme luminoso importante. Nesses casos as situações podem parecer bizarras ao examinador externo, mas costumam ter explicação racional do operador.

A probabilidade desses acidentes associa-se tanto à *complexidade interativa*, citada até aqui, como a uma outra propriedade dessas interações: o fato de serem *estritamente* ou *fortemente interligadas* (*tightly coupling*). Isso significa que o sistema é altamente interdependente, de modo que uma mudança numa parte pode rapidamente afetar o *status* de outras partes. Diferentemente das interações frouxas, essas se mostram estritamente dependentes ou associadas. De acordo com Perrow, sistemas *estritamente interligados* teriam as seguintes características:

- a) Possuem maior número de processos dependentes do tempo, ou seja, que não podem ser paralisados, por exemplo, à espera de uma intervenção corretiva;
- b) Possuem maior proporção de seqüências específicas e invariantes, de modo que a ocorrência de A sempre leva ao surgimento de B;
- c) Além das seqüências específicas invariantes o desenho global do processo permite apenas um caminho de obtenção da meta de produção, por exemplo, uma planta nuclear não pode produzir eletricidade a partir de outro combustível, ou seja, trata-se de sistema pouco flexível; e
- d) Possuem pequena margem de manobra ou “folga” (*slack*), ou seja, quantidades devem ser precisas, recursos não podem ser substituídos por outros, substituições temporárias de equipamentos não são possíveis etc. (PERROW, 1999a, p.93-4)

A visão de Perrow leva-o a leitura considerada essencialmente *pessimista* quanto às possibilidades de prevenção de acidentes nesse tipo de sistemas. Neles, seria impossível antever e evitar todas as chances de interações complexas. E parte delas, sendo fortemente interligadas, acabaria levando a acidentes *normais* ou *sistêmicos*. Esse nome foi dado não porque fossem acidentes de grande freqüência, mas sim por decorrerem de características inerentes ao sistema.

A alternativa a esses desastres estaria na decisão política de não aceitar a implantação desse tipo de sistemas no território. Posteriormente, a prevenção desse tipo de acidentes é discutida com base em idéias de redução da *complexidade sistêmica* (PERROW, 1999b; SAGAN, 1993) incluindo estratégias de *pessimismo estruturado* (PERROW, 1999b), ou seja, a exploração sistemática dos piores cenários como suporte à elaboração de práticas de prevenção.

Embora criticada por seu pessimismo, a visão de Perrow exerce larga influência entre interessados na segurança e confiabilidade de sistemas. Os conceitos de *interação complexa* e *interação estreitamente ou fortemente interligada* passam a ser considerados na concepção e operação de sistemas, e a noção de origens de acidentes em características da *estrutura* de sistemas passa a ser usada em contraposição à de culpa dos operadores.

Os interessados em outros exemplos de utilização dos conceitos de Perrow podem encontrá-los em sistemas de buscas e base de dados. O *Journal of Contingencies and Crisis Management* é fonte obrigatória para os interessados no tema.

A ABORDAGEM SISTÊMICA E A ANÁLISE DE ACIDENTES

A teoria de sistemas tem suas origens nas décadas de 1930 e 1940. O método científico tradicional adota divisão do sistema em partes, de modo a examiná-las separadamente. Esse processo de decomposição, chamado de *redução analítica*, possui entre outros os seguintes pressupostos: cada componente ou subsistema opera independentemente. Em outras palavras, esses componentes não estariam sujeitos a efeitos dos resultados de suas ações e nem dos demais componentes do sistema. Enfim, esse enfoque considera que o comportamento dos componentes (por exemplo, os pedais de uma bicicleta) é o mesmo quando examinado isoladamente (com a bicicleta desmontada) e quando exercendo seu papel no todo (na bicicleta montada) (LEVESON, 2002).

O enfoque sistêmico centra-se no sistema tomado como totalidade, assumindo que algumas de suas propriedades só podem ser tratadas adequadamente na sua inteireza. Os fundamentos da teoria de sistemas estão em dois pares de idéias: 1) propriedades emergentes e hierarquia; e 2) comunicação e controle.

Em outras palavras, sistemas complexos podem ser descritos como apresentando diferentes níveis organizados hierarquicamente. Cada nível caracteriza-se por ter *propriedades emergentes*, ou seja, que não existem nos níveis inferiores do sistema. Isso pode ser ilustrado com a idéia de componentes de uma bicicleta ou sistema técnico e a

função dessa bicicleta ou sistema. Isoladamente, o conjunto de peças da bicicleta não pode ser usado como meio de transporte. O trabalho dos operadores, montando a bicicleta, faz emergir essa propriedade que não existe no conjunto de peças isoladas.

A noção de *hierarquia* visa explicar relações entre níveis diferentes. Os níveis hierárquicos superiores são responsáveis pelo controle daqueles inferiores. Para obter esse controle devem impor leis de comportamento, ou seja, *constrangimentos* ou *limites* aos *graus de liberdade* dos componentes do *nível* inferior. Por exemplo, o controle de trabalhadores de manutenção em termos de segurança do trabalho pode ser conseguido com constrangimentos emanados de gestores dos subsistemas de manutenção, de segurança e de produção. Esse controle deriva de *propriedades emergentes* dos níveis hierárquicos superiores.

Além de definir os constrangimentos, por exemplo, informações que impõe ao nível hierárquico inferior, o nível superior também define formas de comunicação ascendente que informam sobre o funcionamento real do sistema, em especial, sobre como se dá, ou não, a efetiva imposição daqueles constrangimentos, completando a alça de controle entre os diferentes segmentos da hierarquia.

A *segurança* é um típico exemplo de propriedade emergente de um sistema. É impossível avaliar se uma fábrica é segura examinando uma válvula dessa planta. Afirmarções acerca da segurança da válvula sem informações acerca do contexto em que ela é usada, não fazem sentido. Pode-se até falar da *confiabilidade* dessa válvula, definindo *confiabilidade* como a probabilidade de seu comportamento satisfazer suas especificações ao longo do tempo sob determinadas condições. Um componente que seja perfeitamente “seguro” em um sistema pode não sê-lo em outro.

Os conceitos de *comunicação* e *controle* da teoria de sistemas servem de fundamentos ao desenvolvimento de canais de fluxo de informações dentro das organizações. Os níveis hierárquicos superiores participam no desenho de constrangimentos (*constraints*) destinados à implementação das “*leis de comportamento*” do sistema. Essas “leis” incluem normas, meios e práticas a serem utilizados visando à confiabilidade e à segurança do sistema, constituindo-se em instrumentos ou *ações regulatórias* ou *de controle* do sistema.

Em organizações hierarquizadas como as empresas, indo do pessoal de chão de fábrica à alta hierarquia, esses processos de controle operam na interface entre diferentes níveis. Em sistemas abertos *alças de informação e controle* são consideradas fundamentais para a continuidade de suas operações em equilíbrio dinâmico nas suas trocas com o ambiente externo. A Figura 2, retirada de Leveson (2004), mostra os componentes de uma *alça de controle* típica na situação em que um supervisor humano controla determinado subsistema automático.

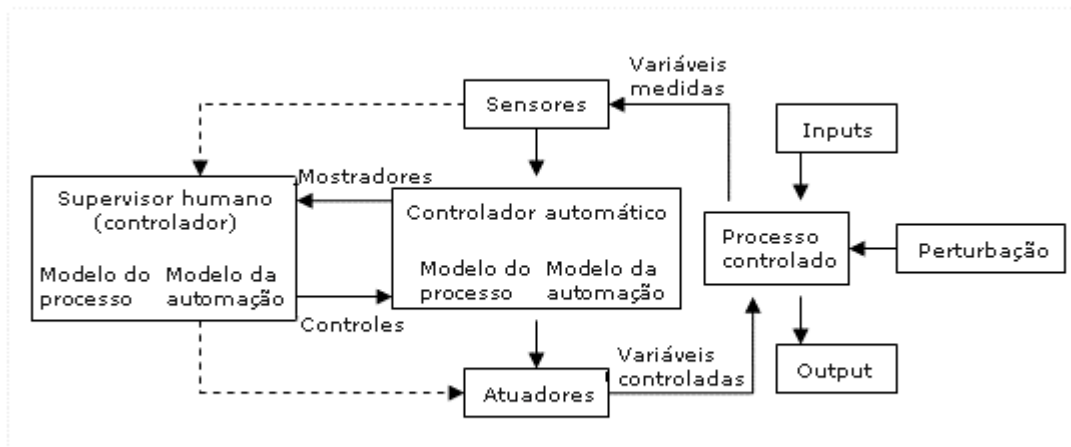


Figura 2: Alça de controle padrão e seus componentes

O controlador sempre tem *modelos mentais do processo e da automação* em si. Por exemplo, operando uma máquina automática o trabalhador constrói suas representações sobre o que está produzindo com a máquina e sobre o próprio funcionamento da máquina. Se aciona um comando para fechar uma válvula e, na operação normal, isso tem como resposta o acendimento de luz verde no painel de comando, ele pode tender a interpretar a luz acesa como sinal de que a válvula está fechada. Por sua vez, a máquina embute o modelo dos seus criadores acerca do mesmo processo e das interfaces necessárias com os operadores. Ao discutir acidentes em sistemas complexos devem-se analisar os *modelos mentais* necessários para a gestão da integralidade do sistema. Quando o modelo do controlador ou gestor não corresponde à situação real, por exemplo, não incorpora informações relativas às repercussões que suas decisões podem ter fora do sistema, as decisões relativas à gestão da segurança e confiabilidade do sistema podem ser insuficientes para a sua manutenção.

Essa noção de alça de controle é usada por Leveson (2002; 2004) para criticar a amplitude da definição adotada por alguns estudiosos para a expressão *erro humano*. Na leitura ampliada, dificuldades surgidas na *interação homem-máquina* são interpretadas como falhas humanas. Para Leveson, essa forma de definir *erro humano* deixa de considerar as características da concepção do sistema, em particular daquelas que entram nas alças de controle entre homem e dispositivos técnicos e que contribuem para o enfraquecimento da confiabilidade e da segurança do sistema. Por exemplo, uma falha na operação de dispositivo que não forneceu adequado *feedback* do estado do sistema após ação anterior tende a ser atribuída ao operador, desconsiderando a falha de concepção desse dispositivo.

IMPLICAÇÕES PARA A SEGURANÇA

Esses conceitos reforçam a constatação do papel dos diversos níveis hierárquicos das organizações na implementação de mecanismos efetivos de controle suscitando questões, como as apresentadas a seguir, aos interessados em SGSST:

1. As análises de acidentes, ou o desenho do SGSST de sua organização, reconstroem o desenho e o funcionamento das *alças de informação e controle* adotadas entre os diversos níveis do sistema, com ênfase naquelas que se referem aos atores envolvidos no acidente?
2. As análises identificam claramente os constrangimentos definidos no sistema de modo a verificar se os esforços empreendidos pelos atores situados nos níveis hierárquicos superiores forçam ou impulsionam adequadamente o sistema no sentido da construção e consolidação da *confiabilidade e segurança* do sistema?
3. As análises incluem verificação do como a alta hierarquia acompanha a operação e o desempenho desse sistema, até mesmo se ela recebe informações do estado real do sistema?
4. O acompanhamento destaca ou enfatiza o monitoramento das constantes *adaptações locais* que ocorrem na base dos sistemas em respostas às pressões e à *variabilidade* de componentes do sistema em todos os tipos de atividades?

Comentando esse último aspecto, Leveson (2002) destaca a idéia de que todo modelo de acidente que inclua a noção de sistema social e humano deve considerar a existência de adaptações. Segundo ela, nesse tipo de sistemas “a única constante é que nada permanece constante o tempo todo”.

De modo semelhante ao que se observa em estudos de Ergonomia da Atividade, essa forma de compreender o trabalho tem reflexos diretos sobre a forma de entender os comportamentos humanos no trabalho que não atingem os objetivos pretendidos, os seja, os ditos “erros humanos”. Visto com esse arcabouço conceitual, o suposto erro humano não pode mais ser explicado como produto de características pessoais do operador a exemplo do que faz, invariavelmente, a abordagem tradicional de acidentes.

O enfoque sistêmico passa a definir “erro” como desvio de procedimento racional e normalmente usado como efetivo para enfrentar aspectos da variabilidade do trabalho. E não mais como desvio de um procedimento ou norma teoricamente definido como jeito certo de fazer o trabalho. Isso suscita novas questões aos interessados em SGSST:

1. Qual é a definição de erro adotada em seu sistema?
2. Como o SGSST de sua organização explica e propõe abordar as origens desses eventos?

Os interessados no uso do modelo de Leveson encontrarão grande número de exemplos disponíveis na íntegra na página citada. O acidente do veículo lançador de satélites VLS-1 V03, ocorrido na Base de Alcântara, no Brasil, foi analisado com esse modelo e com o modelo vertical de Rasmussen (JOHNSON & ALMEIDA, no prelo).

ASPECTOS DA EXPLORAÇÃO DA NOÇÃO DE ERRO HUMANO EM ANÁLISES DE ACIDENTES

Na atualidade parece haver consenso na idéia de que as situações de trabalho passam a demandar mais em termos de habilidades *de raciocínio e cognitivas (cognitive-reasoning)* do que das *sensorio-motoras*. Com isso ganham importância estudos acerca

do papel do componente social (humano) desses sistemas. Estudos que buscam explorar aspectos cognitivos associados aos comportamentos humanos, com ênfase em situações de trabalho.

Essa distinção também foi usada por Rasmussen (1982) para explicitar a idéia de que os trabalhadores usam modos diferentes de gestão psíquica de suas ações em função do tipo de situação que enfrentam. Ele mostra que existem ações controladas predominantemente de modo quase automático em situações rotineiras. Elas podem ser desenvolvidas sem a necessidade de pensar em seus componentes. Esses comportamentos são descritos por Rasmussen como *baseados em habilidades (skill-based)*. No outro extremo estão ações controladas predominantemente com o uso da consciência e raciocínios. Elas são denominadas *baseadas em conhecimentos (knowledge-based)* e são mais típicas de situações novas ou pouco freqüentes. No nível intermediário localizam-se ações cuja execução é *baseada em regras (rule-based)* usadas em situações em que é possível antever a maioria das situações e treinar os operadores no seu desenvolvimento.

A aprendizagem humana é descrita como processo em que ações inicialmente conscientes vão se tornando automáticas como decorrência do número de vezes que são repetidas. Com a *familiarização*, a habilidade do operador para sua execução aumenta e elas passam para um nível de regulação cognitiva de menor custo para o operador. Quando alguém está aprendendo a guiar automóveis, o processo de aprendizagem da retirada do pé do pedal de embreagem ilustra essa situação. No início, o motorista coloca sua atenção na velocidade de retirada do pé e a ação é executada sob controle da consciência. Quando o motorista aprende a guiar, a ação é executada “automaticamente”. O mesmo raciocínio se aplica a todas as situações de aprendizado. Vale destacar que quando o trabalho envolve o surgimento constante de situações novas, ou de incerteza, a regulação consciente estará mais presente. Aliás, é justamente a habilidade do operador na detecção e interpretação de sinais de mudanças na evolução da atividade que o leva a mudar o modo de gestão psíquica que está utilizando.

Esses conhecimentos ensejam questões aos interessados em SGSST:

1. Na exploração de comportamentos humanos envolvidos em acidentes do

- trabalho a equipe de análise de seu SGSST analisa os tipos de situação e o modo de gestão psíquica usado pelos operadores?
2. Nas análises de acidentes conduzidas em seu SGSST há identificação dos principais parâmetros utilizados e de características das formas com que se manifestam e são percebidos pelos operadores na gestão do sistema? Há exploração de possíveis fatores intervenientes?
 3. Em casos envolvendo omissões há exploração da possibilidade de armadilhas cognitivas no sistema?

Os interessados em exemplos de uso desses conceitos em análises de acidentes podem consultar Reason e Hobbs (2003), Almeida e Binder (2004), Rasmussen e Svedung (2000), entre outros.

AMPLIANDO O PERÍMETRO DA ANÁLISE DE ACIDENTES COM A NOÇÃO DE MIGRAÇÃO DO SISTEMA PARA O ACIDENTE

Na última década Rasmussen (1997), Rasmussen e Svedung (2000), Svedung e Rasmussen (2002) descrevem o que consideram como importante desafio da atualidade: a gestão de riscos na sociedade dinâmica.

O desafio teria origens nas rápidas transformações pelas quais passa a sociedade atual, incluindo:

- a) O ritmo acelerado de mudanças tecnológicas nos níveis operativos da sociedade;
- b) O aumento da escala de instalações industriais com aumento do potencial de acidentes de grandes proporções;
- c) O rápido desenvolvimento de tecnologias de informação e comunicação, levando a sistemas com alto grau de interações estreitamente interligadas; e
- d) Os ambientes de grande agressividade e competitividade, que aumentam o número de conflitos potenciais a serem vividos pelos tomadores de decisão, levando-os a focalizarem os termos financeiros de curto prazo e critérios de sobrevivência dos sistemas em detrimento de sua segurança.

A velocidade de mudanças nas bases técnica e organizacional dos processos usados em sistemas de transportes, industriais, de prestação de serviços de saúde e outros, com elevada incorporação de novas tecnologias, é maior do que a de processos gerenciais, e muito maior do que a presente nos sistemas extra-empresa, encarregados do desenvolvimento de políticas e de legislação para o controle dos riscos desses processos. Essa defasagem de tempo (*time lag*) em prejuízo dos mecanismos de controles de risco desenvolvidos nos sistemas sociotécnicos torna-se mais evidente em face do ambiente agressivo e de exacerbada competitividade em que essas empresas normalmente estão inseridas.

Nessas condições surgem pressões no sistema que, com muita freqüência, influenciam gerências levando-as à adoção de decisões imediatistas que vão empurrando o sistema para a proximidade das fronteiras de sua segurança.

Esse processo, dinâmico por excelência, mostra que esses sistemas vivem em constante necessidade de adaptação a mudanças no ambiente em que estão inseridos, e também em seus próprios componentes. Nessas condições a forma tradicional de gestão de segurança, baseada em abordagens prescritivas e normativas, tornase ultrapassada.

Nesses sistemas os acidentes passam a envolver aspectos até então inexistentes ou de ocorrência menos freqüente. Os operadores não têm à mão uma regra ou procedimento operacional capaz de indicá-los como agir diante daquela perturbação.

Nos sistemas que estudou, Rasmussen também evidencia que nas origens de acidentes participam decisões gerenciais tomadas fora dos muros da empresa-sistema propriamente dita. Esse tipo de situação é denominado *decisão distribuída (distributed decision making)* e foi exemplificado com análise do naufrágio de um *ferry boat*, em Zeebrugge, em março de 1987. Os autores mostram que esse acidente envolveu aspectos relativos à concepção do barco e do porto, características da gestão de cargas e da de passageiros, dos horários de tráfego e da operação do barco. Os gestores de cada uma das áreas citadas convivem com dificuldades e pressões próprias e não conseguem enxergar a floresta em torno da árvore em que estão. Suas decisões tendem a desconsiderar possíveis efeitos colaterais em outros subsistemas. O acúmulo de efeitos

colaterais das decisões tomadas em cada um dos subsistemas só emerge no sistema visto em sua totalidade, não existe como propriedade de seus componentes isoladamente.

Nesse tipo de situações, uma vez adotado o conjunto de decisões o sistema torna-se vulnerável, ou em outras palavras, torna-se intolerante a grande número de mudanças, seja de comportamentos, seja de outros de seus componentes. Em outras palavras, se o acidente não tivesse sido desencadeado pelo fator específico x1, poderia ser pelo x2 ou outro qualquer.

Isso explica a crítica de Rasmussen (1997) à idéia de *causa básica* ou *causa raiz* de acidentes, tão difundida na área de segurança do trabalho. No pensar tradicional, eliminada a *causa básica* aquele tipo de acidente não mais ocorreria. Rasmussen vem mostrando que em sistemas dinâmicos acidentes com aspectos assemelhados podem ocorrer sem a presença daquela determinada “causa” pensada isoladamente porque, na situação de trabalho real, o cenário acidentogênico formado é produto da interação ou acúmulo de efeitos colaterais de decisões tomadas por atores diferentes em cenários que dificilmente permitem antever a possibilidade, seja do acúmulo, seja dos efeitos. E mais, isoladamente cada decisão não é capaz de produzir o efeito revelado pelo acidente.

A formação desse cenário de vulnerabilidade, de diminuição da tolerância a mudanças ou da resiliência do sistema é descrita por Rasmussen como processo de *migração do sistema* para o acidente ou para as fronteiras aceitáveis de sua segurança.

Uma vez ocorrida a migração, o acidente pode ser desencadeado por muitos tipos de pequenas mudanças cuja eliminação, em conformidade com o raciocínio causal do modelo tradicional de gestão da segurança, revela-se impotente para a efetiva melhoria da confiabilidade e segurança do sistema.

A Figura 3 mostra o modelo proposto por Rasmussen (1997) para representar a migração do sistema em direção às suas fronteiras de segurança.

Em todo sistema de trabalho o comportamento humano é modelado por objetivos e constrangimentos que devem ser respeitados pelos atores com vistas à obtenção de

sucesso nas suas intervenções. Assim é que o sistema impõe limites ou fronteiras que se ultrapassados podem ameaçar sua sobrevivência ou relativa estabilidade. Há fronteiras de natureza econômica, em especial relativas a custos, e também fronteiras impostas pela carga de trabalho a que os operadores são submetidos.

O espaço de trabalho em que os atores navegam livremente também é limitado por constrangimentos administrativos, funcionais e de segurança. Eles delimitam fronteiras de desempenhos *aceitável* e *percebido*. No entanto, durante sua atividade os operadores sempre possuem determinados *graus de liberdade* que serão “fechados” com o uso de *adaptações locais* guiadas por critérios relativos ao processo em curso, tais como a carga de trabalho, a relação custo-benefício, o risco de falhas, o prazer da exploração etc.

Esse modelo chama a atenção para a natureza dinâmica da atividade. “As mudanças normais encontradas nas condições locais de trabalho induzem freqüentes modificações de estratégias, e a atividade mostra grande variabilidade” (RASMUSSEN 1997, p.189). Tais variações locais, induzidas pela situação, são comparadas por Rasmussen ao “movimento Browniano” das moléculas gasosas. Durante essas tentativas de *adaptação* estabelecem-se *gradientes de esforço* e *de custo* cujo resultado tende a ser uma *sistemática migração* em direção às fronteiras do desempenho funcionalmente aceitável que, se cruzadas, resultam em erro ou acidente. Por isso, o autor afirma que a análise deve focar os *mecanismos geradores de comportamentos nos contextos de trabalho reais e dinâmicos*. E não os erros humanos ou violações.

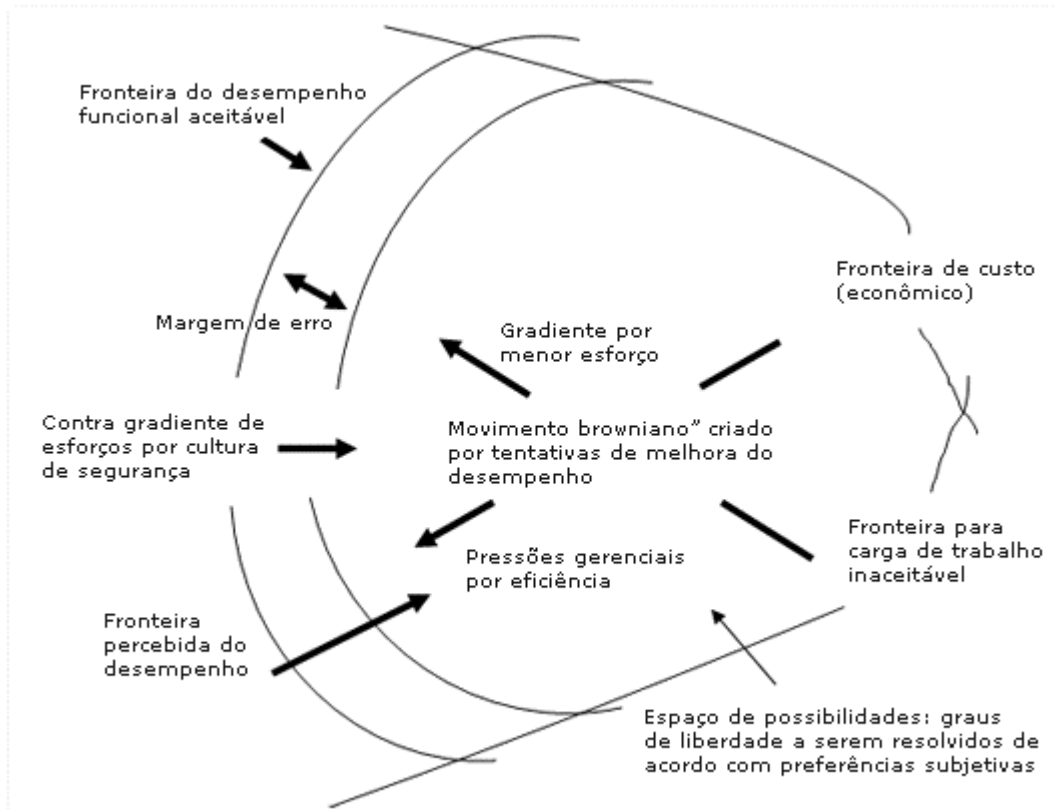


Figura 3: Migração do sistema para as fronteiras do desempenho seguro. (RASMUSSEN, 1997)

Segundo Rasmussen, a maioria dos grandes acidentes analisados nos últimos anos mostra, em suas origens, exatamente esse tipo de migração sistemática para as fronteiras de segurança do sistema, e não uma “coincidência de falhas e erros humanos independentes”. Por isso, a gestão da segurança nesse tipo de sistemas deveria ser pró-ativa, centrando-se no estudo das *atividades normais* dos atores que preparam esse cenário.

Sistemas bem concebidos dispõem de numerosas *barreiras*, controles ou *linhas de precauções* para evitar acidentes, de modo que a eventual violação de uma delas não leve de imediato a um *evento adverso*. A segurança de um subsistema ou sistema em particular também depende de efeitos colaterais de ações de atores situados em outros subsistemas ou sistemas. Nos sistemas em que as pressões no sentido do custo-efetividade são dominantes instala-se degeneração sistemática dessas proteções ao longo do tempo. O sociólogo alemão Ulrich Beck chamou esse processo de “incerteza produzida e irresponsabilidade organizada” (*produced uncertainties and organised irresponsibility*) e de “incerteza estratégica e vulnerabilidade estrutural” considerando-o

problema-chave para a pesquisa atual em gestão de risco (apud SVEDUNG & RASMUSSEN, 2002, p.399).

O exemplo seguinte foi retirado de texto recente. Ele ilustra a estreita relação entre as noções de propriedade emergente e migração do sistema:

Durante turno noturno de empresa com dois trituradores de madeira falta um operador de triturador e a máquina mais antiga e com menos recursos operacionais é deixada parada por falta de pessoal. Em seguida, quebra o pega-toras que fica sem conserto e seu operador é deixado temporariamente livre. Logo depois, chega ao pátio um novo caminhão carregado de madeira e não é descarregado por causa da quebra do pega-toras. Sabendo que o caminhão é pago em função do tempo de permanência no pátio, e consciente da existência de pressões da hierarquia para rapidez na descarga, o chefe de turno designa o operador de pega-toras para operar o triturador parado e solicita descarregamento do caminhão diretamente nas esteiras dessa máquina.

As decisões tomadas criam segurança ou risco? (ALMEIDA, 2006, p.37)

Os conceitos apresentados suscitam novas questões aos interessados em SGGST. Outras questões são apresentadas após o texto sobre modelos verticais de análises de acidentes.

1. Como a segurança formal aborda situações como a desse exemplo?
2. Considerando que a decisão do chefe de turno corresponde ao esperado na maioria dos sistemas, como classificar as conclusões de análises desse tipo de acidentes que os explicam como resultados do descumprimento de normas de segurança por parte do operador?
3. Como o SGGST de sua organização (a segurança formal) aborda a emergência de situações de perturbação e variabilidade do trabalho que exigem respostas dos trabalhadores equivalentes à noção de adaptações locais aqui citadas?

MODELOS VERTICAIS DE ANÁLISE DE ACIDENTES

Essas idéias estão na base de proposta de gestão de risco e de análises de acidentes desenvolvida por Rasmussen (1997) e também do método *Systems-Theoretic Accident Models and Processes* – STAMP, desenvolvido por Leveson (2004). Os sistemas sociotécnicos envolvidos na gestão de riscos passam a ser considerados em sua totalidade, com todos os seus níveis hierárquicos, indo dos operadores no “chão de fábrica” aos legisladores e agências governamentais responsáveis pela formulação e implementação de políticas de controle.

A Figura 4 mostra o sistema descrito por Rasmussen. Esse modelo de orientação “vertical” foi proposto para “capturar o processo causal de perdas como condição fronteira do trabalho sobre pressão e ... identificar parâmetros sensíveis para controle do comportamento de organizações e indivíduos” (SVEDUNG & RASMUSSEN, 2002, p.401).

O modelo descreve as interações entre tomadores de decisões situados em todos os níveis da sociedade, em seus papéis de gestores de risco. A análise retoma a noção de *alça de controle* discutida anteriormente, explorando as possibilidades de falhas:

- a) na concepção de constrangimentos necessários para forçar a implementação de ações de controle;
- b) na execução dessas ações e;
- c) no *feedback* oferecido após a execução das ações.

O modelo proposto por Leveson é parecido com o de Rasmussen, mas inicia-se com mapa de atores envolvidos no acidente, sem referências ao processo físico e às atividades citadas na base do esquema de Rasmussen.

As análises incluem mapas com a representação das alças de controle e informação prescritas ou propostas entre os diferentes níveis hierárquicos do sistema e os mesmos mapas representando as adaptações locais que ao longo do tempo de existência do sistema foram sendo feitas nos componentes que visam impor as ações regulatórias ou informar ao nível superior os resultados das ações realizadas. O livro de Rasmussen e Svedung (2000) inclui apêndice com registros de análises de seis acidentes com a técnica

proposta pelos autores.

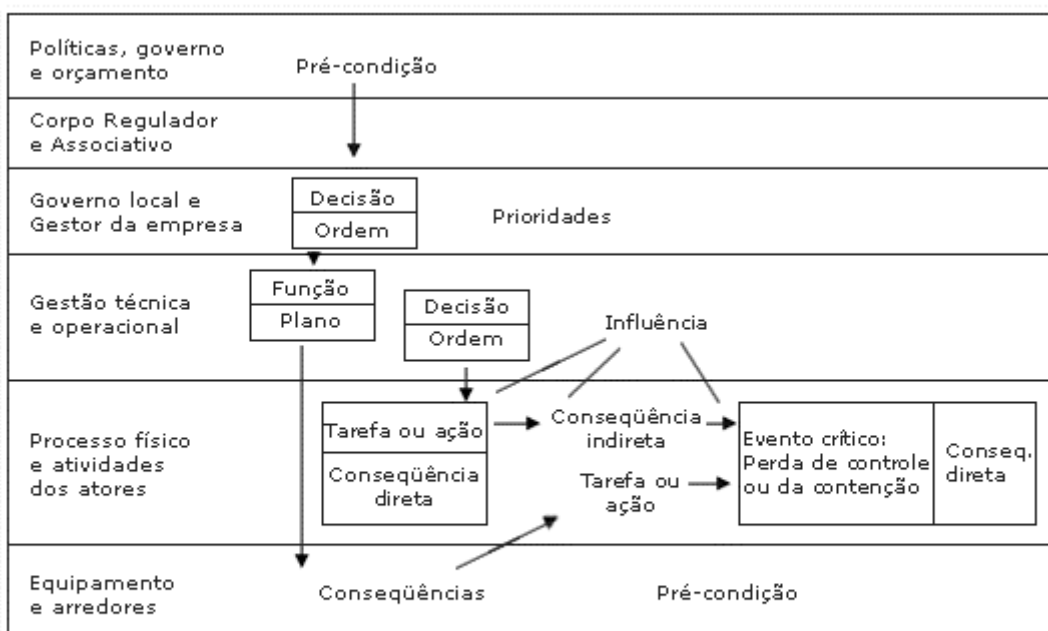


Figura 4: Estrutura de um mapa de acidente (AcciMap)
 Adaptado de Rasmussen & Svedung, 2000.

O modelo de Leveson (2004) associa o Quadro 1, que mostra taxonomia de falhas possíveis no desenho, na execução ou no *feedback* das diversas alças analisadas.

A adoção desses modelos exige o abandono da *abordagem tradicional* adotada na gestão de segurança, que se baseia na decomposição estrutural do sistema, com análises de tarefas focadas em seqüência de ações e ocasionais desvios, tratados como erros humanos. Em seu lugar deve-se adotar *modelo de mecanismos modeladores de comportamentos* em termos de constrangimentos (*constraints*) das situações de trabalho, fronteiras de desempenhos aceitáveis e critérios subjetivos guiando as adaptações às mudanças (RASMUSSEN, 1997).

Como a variabilidade e as adaptações que exigem são contínuas, o “erro humano” passa a ser visto como uma tentativa de adaptação que não obteve o sucesso desejado, mas cujo resultado é imediatamente assumido como *input* ou sinal necessário ao diagnóstico do estado atual do sistema e às decisões que culminarão em nova tentativa de adaptação. Nas palavras de Amalberti (1996) o erro é parte da *negociação ou*

compromisso cognitivo desenvolvido durante a gestão das atividades.

- 1) Inadequação da imposição de constrangimentos para a implementação de ações de controle:**
 - 1.1) Fatores de risco não identificados (unidentified hazards).
 - 1.2) Perda, ineficácia ou inadequação de ações de controle para fatores de risco (hazards) identificados.
 - 1.2.1) Design do algoritmo de controle (processo) não impõe constrangimentos. Falhas na criação de processo. Mudança de processo sem a correspondente mudança no algoritmo de controle (assincronia de evoluções). Modificação ou adaptação incorreta.
 - 1.2.2) Modelo de processo inconsistente, incompleto ou incorreto (lack of linkup) Falhas na criação de processo. Falhas na atualização de processos (evolução assíncrona). Tempos de espera (time lags) ou diferenças de medição (measurement inaccuracies) não considerados.
 - 1.2.3) Inadequação de coordenação entre controladores e tomadores de decisão (áreas de fronteira entre atividades e co-atividades).
- 2) Inadequação da execução de ações de controle:**
 - 2.1) Falha de comunicação.
 - 2.2) Inadequação da operação do "atuador" (dispositivo técnico ou pessoa responsável pela conformação de ação após acionamento de comandos específicos).
 - 2.3) Defasagem de tempo (time lags).
- 3) Perda ou inadequação de feedback:**
 - 3.1) Não incluído na concepção do sistema.
 - 3.2) Falha de comunicação.
 - 3.3) Defasagem de tempo (time lags)
 - 3.4) Inadequação na operação de sensor (informação incorreta ou não fornecida).

Quadro 1: Classificação de falhas de ações de controle segundo Leveson

Um aspecto a ser destacado nessa abordagem de *mecanismos modeladores de comportamentos* é sua semelhança com o enfoque de comportamento situado adotado na Ergonomia da Atividade. As razões associadas às origens do insucesso de determinada tentativa de adaptação devem ser buscadas nas *constraints* – ou na falta delas – que modelam os comportamentos dos indivíduos e das organizações considerando a existência de pressões que exigem adaptações locais por parte dos operadores. Além disso, o Quadro 1 orienta a sistematização de aspectos da análise.

Os modelos verticais suscitam novos questionamentos aos interessados em SGSST:

- a) Como os gerentes e chefias intermediárias responsáveis por decisões estratégicas e do cotidiano e que contribuem direta ou indiretamente nas origens de acidentes são abordados, se são, nos processos de análises desses acidentes?
- b) Como a eventual contribuição de atores situados fora dos muros do sistema-empresa em questão é abordada em análises de acidentes de sua organização?

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Reino Unido, relatórios recentes de análises de acidentes com escorregões e quedas, acidentes no trabalho em manutenção, acidentes de trânsito, acidentes de trabalhadores do setor de saúde e outros, conduzidas por equipes de técnicos do Health and Safety Executive – HSE, organismo equivalente ao nosso Ministério do Trabalho e Emprego, mostram que o uso de conceitos como os apresentados neste texto não está restrito a pesquisadores de universidades e equipes de segurança de grandes empresas de setores mais dinâmicos e pujantes da economia.

Análises de acidentes começam a ser reconhecidas como práticas profissionais que credenciam aqueles que as conduzem como interlocutores válidos de todos os demais atores do sistema. Passam a revelar caminhos pelos quais aspectos da organização e funcionamento do sistema tornam-se potencialmente acidentogênicos.

Este texto procura mostrar que esses aspectos não podem mais ser confundidos com exemplos de práticas estranhas, desenvolvidas por uns poucos pesquisadores que se dedicam ao estudo de acidentes como “fenômenos de laboratório”. Pelo contrário, mostra que é crescente a incorporação de conceitos como os aqui apresentados em práticas de empresas e instituições públicas. Esse movimento está associado à percepção de que os interessados na prevenção de acidentes do trabalho têm muito a aprender com a experiência desenvolvida em sistemas que conquistaram desempenhos de segurança reconhecidos como bons, de “alta confiabilidade” ou “ultra-seguros” à luz dos conhecimentos atuais. Em outras palavras: os interessados na prevenção de eventos adversos em hospitais, por exemplo, precisam aprender com a experiência da aviação comercial de vários países do mundo. E assim, sucessivamente.

No entanto, a percepção dessa mudança não permite desconhecer que esse não parece ser o caminho seguido na maioria dos sistemas. A abordagem tradicional resiste. A idéia de que a maioria dos acidentes decorre de falhas humanas persiste, e a resposta atual da abordagem tradicional a essa velha questão assume a forma de propostas de “segurança comportamental” (HOPKINS, 2006).

As duras críticas apresentadas por autores aqui citados à idéia de que os acidentes do trabalho decorrem de erros humanos não devem ser entendidas como negação do reconhecimento da existência de uma dimensão humana ou subjetiva nesses eventos. Muito pelo contrário, como o próprio texto mostra esses autores propõem abordagens ainda pouco difundidas no Brasil para os interessados no estudo dos comportamentos humanos em situação de trabalho. E revelam que a mera identificação de ações ou omissões humanas que contrariam preceitos de normas ou regras vigentes não passa de efeitos, de conseqüências, de fenômenos aparentes cuja essência, especialmente em termos de origens, precisa ser pesquisada. E que nem de longe deve ser reduzida à idéia de produto da consciência do operador que teve aquele comportamento.

Os objetivos deste texto são ambiciosos. Em primeiro lugar, revelar parte da história dessa forma diferente, alternativa, de conceber os acidentes do trabalho e sua análise. Em segundo lugar, incentivar interessados no tema da gestão de saúde e segurança do trabalho a refletirem sobre até que ponto os caminhos aqui indicados podem ser úteis às organizações em que atuam.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. M. Análise de acidentes do trabalho como ferramenta de prevenção. *Revista Cipa*, ano XXVII, n.320, p.22-49, 2006.

ALMEIDA, I. M.; BINDER, M. C. P. Armadilhas cognitivas: o caso das omissões na gênese dos acidentes de trabalho. *Cadernos Saúde Pública*, v.20, n.5, p.1373-8, 2004.

AMALBERTI, R. *La conduite des systèmes à risques*. Paris: Presses Universitaires de France, 1996. (Collection Le Travail Humain)

HOPKINS, A. What are we to make of safe behaviour programs? *Safety Science*, 2006 (in press). Disponível em www.sciencedirect.com/science/journal Acesso em: 10 jul. 2006.

JOHNSON, C. W.; ALMEIDA, I. M. An investigation into the loss of the Brazilian Space Programme's Launch Vehicle VLS-1 V03. No prelo (Aceito para publicação em *Safety Science*).

LEVESON, N. G. A new approach to System Safety Engineering. 2002. Disponível em sunnyday.mit.edu. Acesso em: 25 jan. 2005.

LEVESON, N. G. A new accident model for Engineering Safer Systems. *Safety Science*, v.42, p.237-70, 2004. Disponível em sunnyday.mit.edu. Acesso em: 25 jan. 2005.

LLORY, M. *Acidentes industriais: o custo do silêncio*. Rio de Janeiro: Multimais, 1999a.

LLORY, M. *L'accident de la centrale nucléaire de Three Mile Island*. Paris: L'Harmattan, 1999b.

MARAIS, K.; DULAC, N.; LEVESON, N. Beyond normal accidents and high reliability organizations: the need for an alternative approach to safety in complex systems. MIT ESD Symposium, March 2004. Disponível em sunnyday.mit.edu. Acesso em: 20 abr. 2006.

PERROW, C. *Normal accidents. Living with high-risk technologies*. 2.ed. New Jersey: Princeton University Press, 1999a.

PERROW, C. Organizing to reduce the vulnerabilities of complexity. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, v.7, n.3, p.150-5, 1999b.

RASMUSSEN, J. Human errors: a taxonomy for describing human malfunctions in industrial installations. *Journal of Occupational Accidents*, v.4, p.311-35, 1982.

RASMUSSEN, J. Risk management in a dynamic society: a modelling problem. *Safety*

Science, v.27, n.2/3, p.183-213, 1997.

RASMUSSEN, J.; SVEDUNG, J. *Proactive risk management in a dynamic society*. Karlstad: Räddningsverket/Swedish Rescue Services Agency, 2000.

REASON, J. *Managing the risks of organizational accidents*. Aldershot: Ashgate, 1997.

REASON, J.; HOBBS, A. *Managing maintenance error*. A practical guide. Hampshire: Ashgate, 2003.

SAGAN, S. D. *The limits of safety*. Organizations, accidents, and nuclear weapons. New Jersey: Princeton University Press, 1993. p.250-79.

SVEDUNG, J.; RASMUSSEN, J. Graphic representation of accident scenarios: mapping system structure and the causation of accidents. *Safety Science*, v.40, p.397-417, 2002.

TURNER, B. A.; PIDGEON, N. F. *Man-made disasters*. Oxford: Butterworth Heinemann, 1997.

Artigo recebido em 24.08.2006. Aprovado em 02.10.2006.