



Interface - Comunicação, Saúde, Educação

ISSN: 1414-3283

interface@fmb.unesp.br

Universidade Estadual Paulista Júlio de

Mesquita Filho

Brasil

Ballardin, Lucimara; Franz, Luis Antonio; Abreu Saurin, Tarcísio; Maschio, Adriana
Análise das interfaces entre modelos causais de acidentes: um estudo de caso em atividades de
manutenção de um complexo hospitalar
Interface - Comunicação, Saúde, Educação, vol. 12, núm. 27, octubre-diciembre, 2008, pp. 835-852
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180114108013>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Análise das interfaces entre modelos causais de acidentes: um estudo de caso em atividades de manutenção de um complexo hospitalar

Lucimara Ballardin¹
 Luis Antonio Franz²
 Tarcísio Abreu Saurin³
 Adriana Maschio⁴

BALLARDIN, L. et al. Analysis on the interfaces between causal models for accidents: a case study on maintenance activities in a hospital complex. **Interface - Comunic., Saúde, Educ.**, v.12, n.27, p.835-52, out./dez. 2008.

The underlying assumptions in causal models for accidents have an impact on the nature of the conclusions from accident investigations. However, since each model has strengths and weaknesses, it is important to understand how they fit with each other. This study analyzes the relationships between sequential, epidemiological and systemic models. The analysis was based on a hospital maintenance accident. The results indicate that the models are complementary rather than excluding. In particular, the sequential model was shown to be useful for identifying and organizing information of importance for analysis from the perspective of the other models. It was also concluded that the nature of the preventive measures differed substantially between the models. While the sequential and epidemiological models indicated measures relating to the event under investigation, the systemic model indicated changes with a broader impact on the organization.

Key words: Salud laboral. Accident analysis. Maintenance.

As suposições subjacentes aos modelos causais de acidentes têm impacto na natureza das conclusões obtidas com as investigações dos mesmos. Todavia, considerando que cada modelo possui pontos fracos e fortes, torna-se relevante compreender a complementaridade e interfaces entre os mesmos. Este estudo analisou relações entre os modelos seqüencial, epidemiológico e sistêmico. A análise foi realizada a partir de um acidente ocorrido na manutenção de um hospital. Os resultados apontaram que os modelos são complementares ao invés de excludentes. Em particular, o modelo seqüencial mostrou-se útil para identificar e organizar informações, as quais foram relevantes à análise sob a perspectiva dos demais modelos. Concluiu-se ainda que a natureza das medidas preventivas diferem substancialmente entre si, ou seja, enquanto os modelos seqüencial e epidemiológico indicaram medidas relacionadas especificamente ao evento investigado, o modelo sistêmico indicou alterações de impacto mais amplo na organização.

Palavras-chave: Saúde do trabalhador. Análise de acidentes. Manutenção.

¹ Fisioterapeuta.
 Departamento de
 Engenharia de Produção e
 Transportes, Universidade
 Federal do Rio Grande do
 Sul (UFRGS). Rua Lopo
 Gonçalves, 680/302
 Porto Alegre, RS
 90.050-350
 luciballardin@yahoo.com.br

^{2,3} Engenheiros Civis.
 Departamento de
 Engenharia de Produção e
 Transportes, UFRGS.

⁴ Engenheira de
 Alimentos. Departamento
 de Engenharia de
 Produção e Transportes,
 UFRGS.

Introdução

Embora impactem negativamente no desempenho de qualquer organização, os acidentes podem ser vistos como informação ao aprimoramento dos processos e da própria segurança do sistema, constituindo uma oportunidade coletiva de aprendizagem (Dekker, 2002; Zocchio, 2002; Binder, Monteau, Almeida, 1996; Woods et al., 1994).

Durante a investigação e análise de acidentes, teorias e modelos de referência podem ser adotados pelos analistas, tendo papel importante na natureza das conclusões obtidas. Com base em um levantamento bibliográfico, Gano (2001) verificou a existência de, pelo menos, 14 diferentes modelos causais e 17 métodos de investigação de acidentes. Em um estudo similar, Lehto e Salvendy (1991) referem ter encontrado 54 modelos causais e 16 diferentes métodos de investigação. Embora existam peculiaridades inerentes aos diversos modelos causais de acidentes existentes, de acordo com Hollnagel (2003), é possível classificá-los em três amplos grupos: seqüencial, epidemiológico e sistêmico. No modelo seqüencial, o acidente é percebido como uma seqüência de eventos paralelos ou em série que ocorrem em virtude de algumas causas-raízes, pressupondo a existência de relações de causa e efeito bem definidas. Já no modelo epidemiológico, embora os acidentes também sejam entendidos como resultantes de uma seqüência de eventos, é acrescentada a idéia de que esses eventos se propagam por meio de falhas latentes e ativas nas barreiras do sistema. Tais barreiras, conforme o seu posicionamento ao longo da cadeia de eventos, delimitam a existência de zonas de trabalho seguras, inseguras e de perda de controle. Por sua vez, o modelo sistêmico caracteriza o acidente como o resultado da variabilidade de múltiplos fatores que fazem parte do sistema produtivo, havendo interações muito mais complexas do que aquelas normalmente assumidas no modelo seqüencial. Embora a variabilidade seja considerada normal, os acidentes acontecem quando há coincidência de que as variações indesejadas ocorram em uma mesma situação de trabalho, havendo encadeamento lógico ou temporal entre elas (Hollnagel, 2003).

Existem métodos de investigação de acidentes que adotam pressupostos claramente vinculados aos modelos seqüencial e epidemiológico. Por exemplo, o método da árvore de causas (ADC) possui embasamento no modelo seqüencial, uma vez que apresenta uma visão linear dos eventos, explicitando relações de causa e efeito. A facilidade de representação gráfica é apontada como a principal vantagem desta ferramenta, a qual também indica fatores causais do acidente (Binder, Almeida, 1997; Binder, Monteau, Almeida, 1996). De outro lado, o modelo sistêmico, de natureza mais qualitativa e recente, não possui um método de investigação amplamente disseminado nos meios acadêmico e industrial (Hollnagel, 2003). Uma vez que todos os modelos causais apresentam suas limitações – e, por consequência, as respectivas ferramentas de investigação associadas a cada modelo – a compreensão das interfaces e da complementariedade entre eles pode levar ao desenvolvimento de métodos inovadores e robustos de investigação de acidentes. Em particular, essa é uma necessidade para se estudarem acidentes de grandes proporções em sistemas complexos.

Os sistemas complexos são caracterizados pelo alto grau de interconexão e interdependência entre seus componentes (Perrow, 1984). Chistoffersen e Woods (1999) acrescentam ainda outras características, tais como: o grau de risco, o caráter incerto das informações, as grandes exigências das tarefas e a dinamicidade no sistema. Com base nisso, percebe-se que o ambiente hospitalar apresenta características de sistemas complexos. Por isso, em um hospital, as atividades de manutenção desempenham um papel fundamental, visto que falhas em equipamentos podem colocar em risco a vida de pacientes. De fato, além dos hospitais, em outros sistemas complexos, erros em atividades de manutenção têm sido fatores contribuintes importantes em muitos acidentes graves (Reason, 1997). De acordo com Reason e Hobbs (2003), as atividades de manutenção não têm aumentado a segurança e a confiabilidade na mesma medida que outros elementos dos sistemas produtivos, os quais freqüentemente têm se aperfeiçoado mediante a automação de tarefas anteriormente executadas por pessoas. Vale salientar que o impacto da automação é paradoxal, uma vez que o aumento da confiabilidade costuma vir acompanhado pela criação de novas possibilidades de erro, não raro com consequências mais graves que as anteriores (Woods et al., 1994).

As pressões de tempo, a falta de conhecimento, a fadiga proporcionada pelas atividades, a utilização de ferramentas inadequadas, os problemas técnicos e os procedimentos inadequados também têm sido identificados como fatores causais relevantes nos acidentes relacionados à manutenção na aviação e nas plantas nucleares (Reason, Hobbs, 2003; Reason, 1997). Reason e Hobbs (2003) relatam um estudo, na aviação, em que se percebe a pressão de tempo como fator que conduz aos incidentes em atividades de manutenção.

O levantamento do estado da arte mostra que, em geral, a análise de acidentes é feita com base no uso de apenas um modelo de análise (Li, Harris, Yu, 2008; Almeida, 2006; Souza, Freitas, 2003; Freitas et al., 2001; Almeida, 1997), o que limita tanto a compreensão do evento em si quanto a compreensão das interfaces entre os modelos. Lehto e Salvendy (1991) afirmam ainda que, embora diversos modelos de análise tenham sido desenvolvidos, poucos são os estudos que se propõem a validar empiricamente os mesmos, segundo critérios claros de avaliação. Em virtude da carência de estudos que se proponham a analisar os acidentes sob diferentes pontos de vista, este estudo tem como objetivo analisar a complementaridade e as relações entre os modelos de análise de acidentes seqüencial, epidemiológico e sistêmico propostos por Hollnagel (2003). Essa análise é realizada por meio do estudo de caso de um acidente em atividades de manutenção de um complexo hospitalar.

É importante ressaltar ainda que, quando influenciados por ideologias e interesses, os métodos de análise em questão podem ser parciais, ou seja, os resultados encontrados podem ser influenciados - até mesmo porque os acidentes são eventos que, muitas vezes, materializam conflitos de interesses entre os atores diretamente envolvidos. Embora a discussão dos modelos sob o ponto de vista político-ideológico não faça parte do escopo do artigo, foi privilegiada neste estudo uma abordagem organizacional, buscando a imparcialidade na análise dos eventos, independente do modelo de análise utilizado.

Modelos causais de acidentes

Modelo seqüencial

Os modelos seqüenciais são usuais na análise de acidentes no ambiente industrial. A sua difusão é relacionada à fácil compreensão proporcionada pela visão gráfica das relações causa-efeito, explicando os acidentes como decorrência de uma seqüência de eventos. A teoria mais tradicional que se encaixa neste modelo é a Teoria do Dominó, proposta por Heinrich (1959) na década de 1930, na qual o acidente ocorre devido às relações de causa e efeito entre cinco elementos (ambiente social e hereditariedade, falha individual, atos e condições inseguras, acidente e a lesão propriamente dita), sendo que a manifestação de um deles necessariamente implica a manifestação em cadeia dos elementos seguintes.

Conforme Hollnagel (2004), a análise de acidentes pelo método da árvore de causas (ADC) pode ser associada a esse modelo. Vale salientar que a ADC adota pressupostos vinculados à teoria dos sistemas (Binder, Almeida, Monteau, 1996), tais como: reconhecer que fatores distantes temporal e fisicamente do acidente foram causas fundamentais, bem como reconhecer que fatores interagem para provocar o acidente. Entretanto, a categoria de modelos sistêmicos, conforme a definição específica proposta por Hollnagel (2004), não tem como base apenas a teoria dos sistemas, motivo pelo qual a ADC não pode ser enquadrada na mesma. Também são associadas ao modelo seqüencial algumas ferramentas de qualidade, tais como o FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis* (Instituto de Qualidade Automotiva, 1995) e o FTA - *Fault Tree Analysis* (Helman, Andery, 1995).

A ADC e o FTA percebem o acidente como a última de uma série de variações dos componentes de trabalho. Por sua vez, estes componentes são classificados como segue (Binder, Almeida, Monteau, 1996): *i*) indivíduo (I): fatores individuais; *ii*) material (M): meios técnicos disponíveis à realização da tarefa; *iii*) meio ambiente de trabalho (MT): fatores do ambiente físico e social do indivíduo; *iv*) tarefa (T): designa as ações fundamentais do indivíduo para atingir o objetivo final da tarefa, como seguir os procedimentos. Outra classificação proposta por esta ferramenta se refere à avaliação dos eventos que conduziram ao acidente em habituais ou variações.

Modelo epidemiológico

O modelo epidemiológico descreve o acidente por meio de uma analogia à saúde do sistema (acidentes são gerados da mesma forma que a doença) e a um “queijo suíço” (Figura 1). Por estas analogias, entende-se que há barreiras ao longo das “camadas” do sistema. Estas barreiras são continuamente rompidas por falhas ativas e latentes do sistema. As falhas ativas são aquelas cometidas pelos operadores, geralmente situados no final da cadeia dos eventos. As repercussões e consequências deste tipo de falhas são imediatas. Por sua vez, as falhas latentes são condições estruturais que, embora não tenham consequências imediatas, estão sempre presentes no sistema, aguardando um fator desencadeador para serem percebidas. Em geral, elas são consequências do projeto e da tecnologia do sistema, das decisões de alto nível gerencial da organização, das pressões internas e externas à organização e, até mesmo, das pré-condições que podem desencadear as ditas “ações inseguras”, tais como a fadiga (Reason, 1990). Por isso, é possível afirmar que o maior diferencial do modelo epidemiológico em relação ao modelo seqüencial consiste na ênfase dada aos fatores organizacionais na análise das causas do acidente (Reason, 2000).

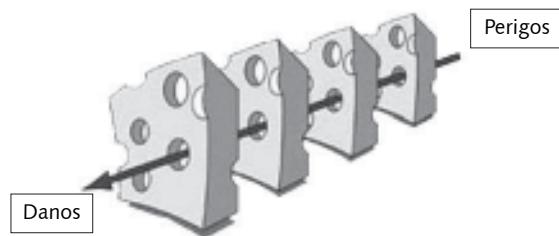


Figura 1. Modelo epidemiológico, mostrando as barreiras em analogia à teoria do “queijo suíço” (adaptado de Reason, 2000).

Conforme este modelo, as barreiras sujeitas às falhas ativas e condições latentes são classificadas, por Hollnagel (2004), em quatro modalidades: físicas, funcionais, simbólicas e imateriais (Tabela 1). De acordo com o mesmo autor, o conceito de barreiras pode ser utilizado tanto de maneira proativa, como no projeto de novos sistemas, quanto reativamente, na análise de sistemas já existentes. O mesmo autor ainda acrescenta perguntas que conduzem a análise das barreiras, entre elas: “uma barreira que não estava presente poderia ter evitado o acidente ou ter minimizado as suas consequências? Em caso afirmativo, como se explica sua ausência? Alguma barreira existente falhou? Por quê?”.

Tabela 1. Definição e exemplos de barreiras propostas por Hollnagel (2004).

Barreiras	Definição	Exemplo
Física	A ação humana e a transferência de energia ou de massa é impedida por uma limitação de características físicas.	Construções, muros ou gaiolas.
Funcional	Barreira dinâmica que atua impedindo que a ação seja completada, seja por um dispositivo lógico ou temporal.	Chave, senhas ou dispositivos eletrônicos com códigos.
Simbólica	Barreira conceitual que exige a interpretação de uma informação.	Avisos, layouts ou demarcações visuais presentes no ambiente.
Imaterial	O conhecimento prévio do indivíduo atua como uma barreira para que o objetivo final da tarefa seja atingido.	Regras, guias, procedimentos de segurança e demais questões organizacionais.

A transição entre o modelo epidemiológico e o sistêmico ocorre pela proposta de Rasmussen (1997), baseada na dinamicidade dos sistemas e no mapeamento do ambiente em zonas de trabalho (Figura 2). Na primeira delas, a zona segura, as atividades são exercidas sob as condições previstas nos procedimentos de segurança. A migração de desempenho ao longo das zonas ocorre em razão das pressões de carga de trabalho e custo. Por isso, a zona segura é circundada por outra de perigo, na qual ocorreram desvios previstos ou não previstos em relação aos procedimentos. Se as decisões adotadas na zona de perigo não forem corretas, o trabalhador entrará na zona de perda de controle, na qual os acidentes realmente ocorrem (Abdelhamid et al., 2003).

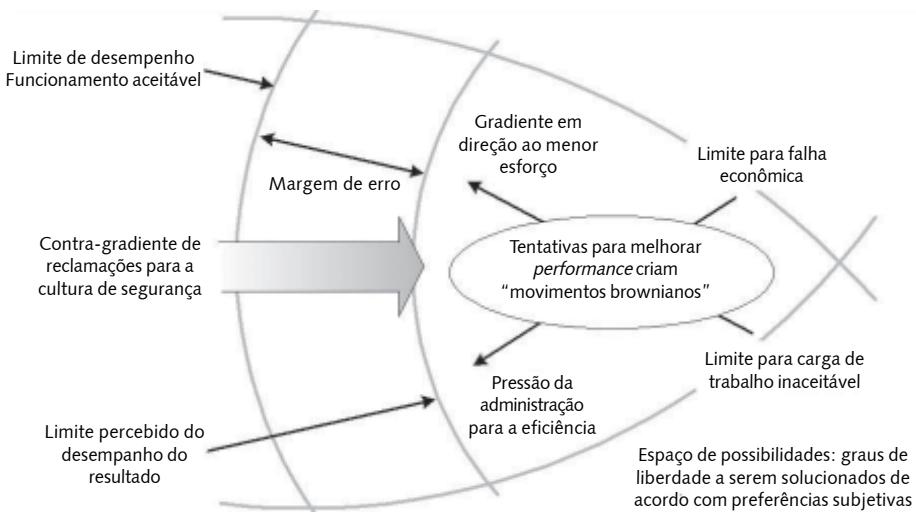


Figura 2. Zonas de trabalho propostas pela teoria de Rasmussen (1997).

Modelo sistêmico

A adaptação do modelo de Rasmussen (1997) dá origem ao modelo sistêmico (Hollnagel, 2004). Este modelo não enfatiza a identificação de relações bem definidas de causa-efeito, adotando o pressuposto de que uma determinada seqüência de eventos que gerou um acidente é bastante improvável de ser repetida exatamente da mesma forma. De outro lado, a ênfase está na gestão da variabilidade, incluindo a identificação de sua origem e o seu monitoramento. Hollnagel (2004) salienta ainda a importância de se conhecer o desempenho normal do sistema e fatores que geram tanto o sucesso como falhas do sistema.

No modelo sistêmico, é utilizada uma analogia com base nos termos “estocástico” e “ressonância” para explicar os acidentes. Hollnagel (2004) explica que a variabilidade de um sistema comporta-se de acordo com um modelo estocástico, ou seja, a probabilidade de que estas variações se manifestem são aleatórias e imprecisas. Estas variações não são, por si só, capazes de provocar um acidente. No entanto, pelo fenômeno da ressonância, quando estas variações agem simultaneamente e em uma mesma freqüência, elas podem amplificar o risco dos acidentes. Com estas analogias, compreende-se que os fatores causais que perturbam um sistema sempre são múltiplos, não-lineares e de atuação simultânea e desordenada (chamadas de movimentos brownianos). Enquanto no modelo seqüencial é recomendada a eliminação da variabilidade e de suas fontes (Binder, Almeida, Monteau, 1996), o modelo sistêmico assume que a variabilidade é normal e que sua eliminação é, em geral, impossível, sobretudo no

contexto de sistemas dinâmicos e complexos. Neste contexto, o modelo sistêmico propõe que a ênfase das ações preventivas deve ser no monitoramento da variabilidade e no desenvolvimento da capacidade de adaptação às pressões organizacionais. Na Figura 3, é possível observar os quatro principais fatores que podem atuar no sistema de modo "estocástico" e "ressonante": *i*) a variabilidade do desempenho humano; *ii*) a falta de visibilidade das barreiras; *iii*) as condições latentes do sistema e *iv*) as falhas tecnológicas.

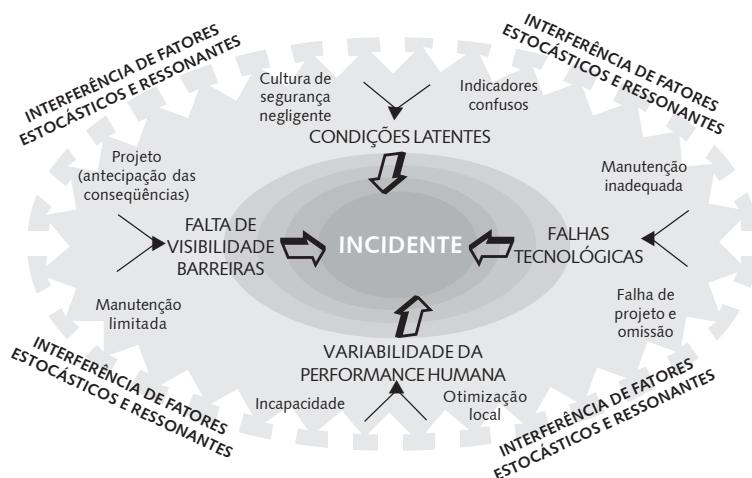


Figura 3. Modelo sistêmico (adaptado de Hollnagel, 2004).

Segundo Hollnagel (2004), é de validade limitada deter-se na busca de causas específicas de um acidente, uma vez que cada acidente apresenta uma combinação própria de fatores que podem causá-lo. No entanto, quando há repetição do mesmo contexto e quando a tarefa ocorre com freqüência, torna-se imprescindível investigar as causas para a prevenção (Dekker, 2002). Portanto, a proposta de Hollnagel (2004) está focada não apenas na busca por razões diretas que influenciaram na ocorrência do acidente, mas também em compreender o contexto relacionado ao cenário do acidente, tanto sob a ótica ambiental, política, organizacional, individual, entre outras.

Método de pesquisa

Este estudo do tipo observacional descritivo adotou uma abordagem qualitativa (Minayo, 1997). Como estratégia de pesquisa, optou-se pelo estudo de caso, precedido por um levantamento bibliográfico sobre os modelos causais de acidentes de trabalho (Hollnagel, 2003; Almeida, 1997; Rasmussen, 1997; Reason, 1997; Lehto, Salvendy, 1991). A classificação de modelos causais proposta por Hollnagel (2003) foi adotada para estruturar a análise, uma vez que a mesma diferencia três diferentes visões, de acordo com a amplitude e complexidade de análise propiciada pelos modelos, os quais podem enquadrar as teorias causais existentes.

A análise das interfaces entre os modelos causais foi realizada por meio da análise de um acidente em atividades de manutenção de hospital. Como requisito de escolha do acidente a ser analisado, a equipe de pesquisa assumiu que o mesmo deveria ter envolvido lesão com afastamento do trabalho. As investigações da equipe de pesquisa foram iniciadas em janeiro de 2006, embora o acidente tenha ocorrido em setembro de 2005. Este intervalo entre a ocorrência do acidente e o início da pesquisa pode ser considerado como uma das limitações do estudo, uma vez que dificultou o resgate detalhado das condições reais do evento, bem como pode ter modificado a percepção dos envolvidos. É importante salientar que, na época em que o acidente ocorreu, não houve investigação aprofundada,

mas apenas o seu registro pela equipe responsável pela segurança do trabalho no hospital. Deste modo, não houve contribuição de fontes documentais relevantes relacionadas ao evento escolhido.

A investigação foi realizada pela equipe de pesquisa por meio de visitas ao local do acidente e de três entrevistas: uma com o trabalhador que sofreu o acidente, uma com a coordenadora do setor e outra com o auxiliar do acidentado. Para esclarecimentos de dúvidas, foi realizada uma segunda entrevista com o acidentado. As entrevistas foram orientadas por um roteiro para investigação de acidentes, baseado em recomendações de Dekker (2002). As entrevistas foram transcritas e enviadas aos respectivos entrevistados com o objetivo de que os mesmos pudessem revisar o conteúdo de suas falas e, então, autorizar a continuidade do estudo.

O roteiro de entrevistas proposto por Dekker (2002) foi escolhido em virtude da visão ergonômica e sistemática das informações solicitadas, o que favoreceu a análise sob as perspectivas dos diferentes modelos com a utilização do mesmo instrumento de coleta de dados. Na primeira etapa deste roteiro, foram abordadas questões referentes à rotina normal de trabalho da manutenção. Após, foi solicitado aos envolvidos que descrevessem o acidente sob seu ponto de vista, na ordem cronológica dos fatos e na percepção acerca das relações de causa-efeito. Apenas o acidentado e seu auxiliar responderam à terceira etapa da entrevista, na qual foram feitos questionamentos quanto ao momento do acidente. Por sua vez, a entrevista com a coordenadora teve, como objetivo principal, conhecer seu ponto de vista sobre o acidente, bem como compreender o contexto do trabalho e a cultura de segurança do setor.

A análise do acidente propriamente dita foi realizada de acordo com os modelos seqüencial, epidemiológico e sistemático. A análise seqüencial foi realizada por meio da ferramenta ADC e seguiu quatro etapas: *i*) transcrição das entrevistas gravadas; *ii*) levantamento dos componentes da atividade; *iii*) classificação dos componentes em (T) Tarefa, (I) Indivíduo, (M) Material e (MT) Meio de Trabalho; *iv*) classificação dos componentes em variações (E%) e fatos habituais (i%). Após a organização de tais informações, a ADC foi graficamente representada para demonstrar o encadeamento dos eventos.

Para classificar o acidente sob a perspectiva epidemiológica, foram utilizados os fatores classificados pela ADC, uma vez que não há um método específico para análise de acordo com este modelo. De acordo com os parâmetros de análise existentes, a análise epidemiológica foi realizada classificando os fatores em falhas ativas e latentes, bem como nos tipos de barreiras e seu *status* no momento do acidente (barreira ausente ou barreira transposta), conforme sugerido por Hollnagel (2004). Como as falhas latentes e as falhas ativas estão presentes nas tarefas, nos indivíduos, nos materiais e no ambiente de trabalho, optou-se por classificar as falhas utilizando a ferramenta ADC. A classificação em barreiras também foi realizada de acordo com a mesma premissa.

Por sua vez, a análise sob o modelo sistemático foi realizada de acordo com os quatro fatores que atuam nos sistemas de modo estocástico e ressonante, conforme proposta de Hollnagel (2004). A análise sob a perspectiva deste modelo implicou considerar a percepção dos envolvidos diretamente na cena do acidente e, também, das pessoas que atuavam nos diversos níveis hierárquicos da organização (e mesmo fora dela), as quais poderiam contribuir para a caracterização da cultura organizacional e do ambiente externo que influenciou no acidente. No entanto, todos esses envolvidos (por exemplo, o médico que atendeu o acidentado e o projetista da edificação onde ocorreu o acidente) não puderam ser localizados pelos pesquisadores, o que também caracterizou uma das limitações do estudo.

Resultados

O acidente investigado e seu contexto

O complexo hospitalar estudado é composto por sete unidades, das quais duas são hospitais gerais e cinco são hospitais especializados. Atualmente, o local é um dos maiores complexos hospitalares da região sul do Brasil. Aproximadamente cinco mil funcionários e dois mil médicos atuam neste complexo. Os indicadores de desempenho também mostram que, no ano de 2006, o hospital recebeu uma média mensal de 3.840 internações e realizou 5.323 procedimentos cirúrgicos, 68.316 consultas e 319 partos, obtendo um faturamento mensal de cerca de 25 milhões de reais.

A equipe do setor de manutenção do complexo hospitalar era formada, na época do acidente estudado, por 29 funcionários, dos quais 22 eram técnicos em manutenção, três eram engenheiros e quatro eram auxiliares de manutenção. Esta equipe está subdividida em equipes menores, de acordo com suas especialidades. Em geral, todas as equipes possuem, como função, a assistência técnica e a manutenção, tanto preventiva como corretiva, dos equipamentos hospitalares. As tarefas dos técnicos são desenvolvidas durante as 24 horas do dia e, quando necessário, também em finais de semana. Dentre estas tarefas, está a manutenção do sistema pneumático do hospital.

O sistema pneumático, equipamento relacionado com o acidente de trabalho analisado, consiste em uma rede de tubulações, interligando todo o complexo hospitalar, comandada por um *software* e utilizada para o transporte de cápsulas que contêm ampolas com amostras de exames. Existem duas turbinas que são responsáveis pela geração de vácuo e pressão no interior das tubulações, as quais possuem sensores que informam a localização das cápsulas. No total, quarenta laboratórios do complexo hospitalar utilizam este serviço. Por isso, quando algum defeito ocorre no sistema pneumático, vários setores podem interromper imediatamente suas operações. Essa rápida propagação dos efeitos de falhas é uma típica característica de sistemas complexos, assim como o alto risco associado a atrasos em procedimentos médicos causados por falhas no sistema pneumático.

Na época do acidente, o sistema pneumático apresentava baixo desempenho de suas turbinas. Com o intuito de melhorar o rendimento do sistema até a chegada das novas turbinas, um técnico de manutenção e seu auxiliar decidiram intercambiar as turbinas, pois a de pior desempenho era a mais solicitada pelo sistema. Segundo os responsáveis, não havia outro equipamento sobressalente em condições satisfatórias de funcionamento (o hospital tem como política não manter equipamentos sobressalentes de manutenção em estoque, programando a compra de novos equipamentos apenas quando aqueles que estão em uso se aproximam do limite da vida útil), o que reforçou a alternativa da troca de posicionamento entre as peças. Uma vez que foi retirada a primeira turbina, o técnico e seu auxiliar transportaram a mesma até o cubículo onde ocorreria a troca, por meio de um carrinho de mão, já que a turbina pesava aproximadamente sessenta quilos. No entanto, durante o trajeto, havia uma escada que impedia o transporte com o carrinho, o que levou o técnico e seu auxiliar a solicitaram ajuda aos trabalhadores que atuavam na obras de reforma do hospital, realizada nas proximidades, para carregar o equipamento pela descida da escada. Quando chegaram ao local da troca, o técnico e seu auxiliar suspenderam manualmente (com as duas mãos, sem utilização de luvas) a turbina até a plataforma metálica, pois não havia dispositivo mecânico para elevação por dispositivos. Além disso, havia um espaço vazio impedindo o acesso direto ao local de posicionamento da turbina (Figura 4), o que causava ainda mais dificuldade na realização da tarefa.

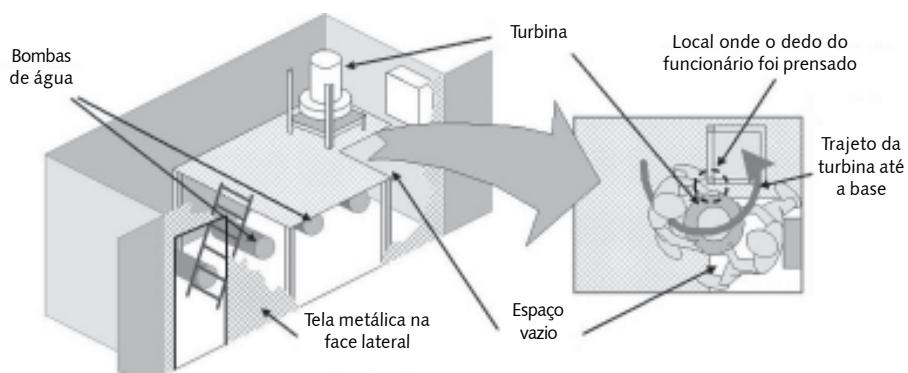


Figura 4. Características físicas do local do acidente.

Em seguida, o técnico e o auxiliar posicionaram-se para colocar a nova turbina em sua base, já que a turbina antiga havia sido previamente retirada por eles. O auxiliar estava no espaço vazio, situado lateralmente à turbina e com os pés apoiados nas extremidades da plataforma metálica. O técnico permaneceu do lado oposto ao auxiliar, em postura agachada sobre a plataforma, ajudando na sustentação da mesma pelo auxiliar. Para colocar a turbina sobre sua base, ela foi movida pelo espaço lateral, passando acima do espaço vazio. No momento em que a turbina foi transportada pelos funcionários até sua base, em suspensão, o auxiliar se desequilibrou, mas conseguiu, ainda assim, segurá-la. Em uma segunda tentativa, o técnico e seu auxiliar tentaram posicionar novamente a turbina sobre sua base. Neste instante, o auxiliar desequilibrou-se novamente. Com medo de que o auxiliar caísse no espaço vazio e que, consequentemente, a turbina caísse sobre ele, o técnico puxou-a em direção ao seu corpo. Com este movimento, a turbina caiu e prensou a mão do técnico contra um perfil metálico existente no local, ocasionando, no técnico, a fratura de um dedo e a lesão de outro. Imediatamente após o acidente, o técnico foi socorrido pelo seu auxiliar e levado à emergência do complexo hospitalar. Logo em seguida, o auxiliar terminou a instalação da turbina. Uma vez que se confirmou o acidente de trabalho com lesão, o técnico ficou afastado de suas atividades por dois meses.

A percepção dos envolvidos sobre as causas do acidente

De acordo com o técnico, as principais causas do acidente foram: i) a falta de planejamento na obra de ampliação do hospital, o que resultou em um local inadequado para instalação da turbina e; ii) o fato de que as atividades de carregamento e de troca da turbina eram raramente realizadas por ele e seu auxiliar. Vale salientar que a pouca repetitividade de atividades é uma característica de algumas atividades de manutenção (Reason, Hobbs, 2003). Entretanto, ambos afirmaram que haviam realizado uma troca de turbina há pouco tempo, embora, neste caso, a turbina estivesse situada em local com melhores condições de acesso. O auxiliar admitiu que eles deveriam ter utilizado luvas para o carregamento da turbina, de modo a evitar o deslizamento da mesma, bem como ter solicitado ajuda a alguma outra equipe de manutenção, uma vez que não havia pessoas da sua equipe disponíveis para auxiliar no carregamento da turbina. Embora o acidente tenha ocorrido no término do expediente de trabalho (aproximadamente às 17 horas), o auxiliar informou que eles não se sentiam pressionados em função do tempo, mas admitiu que eles resolveram agilizar a troca das turbinas para não correrem o risco de retornar para corrigir falhas nas mesmas durante o final de semana. O técnico acrescentou ainda que, no seu ramo de atuação, sempre existe uma "pressão intrínseca do usuário pela eficiência do sistema".

Quanto aos aspectos individuais, o técnico ressaltou que, em virtude de uma prova na faculdade, havia tido poucas horas de sono na noite anterior ao acidente e, portanto, sentia-se cansado no dia do acidente. A coordenadora do setor acrescentou ainda que o técnico havia comentado estar com problemas pessoais na época em que ocorreu o acidente, aparentando ansiedade e irritação perante os colegas de trabalho. Sob o ponto de vista da coordenadora, a causa-raiz do acidente foi a atitude precipitada do técnico e de seu auxiliar, uma vez que, percebendo as condições desfavoráveis à troca das turbinas, os funcionários não deveriam ter realizado ou deveriam ter solicitado auxílio à outra equipe do setor. No entanto, de acordo com as informações, não existiam, naquele momento, pessoas disponíveis para auxiliá-los.

Deste modo, a visão dos envolvidos no acidente difere da percepção da coordenadora do setor. Para os primeiros, embora houvesse fatores individuais envolvidos no acidente, o mesmo ocorreu em virtude da falta de condições técnicas do local. Já para a coordenadora, uma tomada de decisão precipitada dos envolvidos foi o fator preponderante.

A análise do acidente sob a ótica do modelo seqüencial

Na análise sob o ponto de vista do modelo seqüencial, os fatores individuais "cansaço" e "comportamento alterado" foram evidenciados (Tabela 2). Estes fatores também são mencionados nos acidentes estudados por Reason e Hobbs (2003), nos quais observou-se que a privação moderada de sono gera consequências similares às produzidas pelo álcool, como a dificuldade em manter a atenção, lapsos e perdas de memória.

Tabela 2. Classificação dos desvios propostos para a elaboração da ADC.

Componentes da atividade	Classificação	Fator habitual (□) ou variação (○)	Fator Latente (L) ou Ativo (A)
1 Técnico sofre lesão de dedos	I4	○	A
2 Mão do técnico é prensada pela turbina	T16	○	A
3 Turbina pesa 60Kg	M5	□	A
4 Técnico e auxiliar estão segurando turbina com as duas mãos	T15	○	A
5 Técnico puxa turbina em sua direção	T14	○	A
6 Pé direito acima da plataforma possui 150cm	MT11	□	L
7 Abaixo do quadro elétrico há um vazio	MT10	□	L
8 Há um perfil metálico impedindo o acesso direto da turbina	MT9	□	L
9 A turbina cai das mãos do auxiliar	T13	○	A
10 Auxiliar desequilibra-se pela segunda vez	T12	○	A
11 Tarefa de erguer turbina é reiniciada	T11	□	A
12 Mesmo sem existirem condições seguras, é dado seguimento à tarefa	T10	○	A
13 Auxiliar posiciona-se com pés afastados sobre vão livre	T9	○	A
14 É solicitado auxílio a trabalhadores não habilitados	T8	○	L
15 Técnico e auxiliar não usam EPI	T7	○	A
16 Técnico e auxiliar não foram treinados para realizar a troca	MT8	□	L
17 Inexistência de dispositivo mecânico para elevação do motor	M4	□	L
18 Técnico e auxiliar decidem realizar a troca	T6	□	A
19 A troca é planejada superficialmente	T5	○	A
20 Técnico e auxiliar não estão exercendo sua função-fim	MT7	□	L
21 Técnico e auxiliar não solicitam auxílio ao pessoal de apoio	T4	○	L
22 Técnico e auxiliar realizam troca de turbina no final do expediente para que não ocorra chamada de emergência durante final de semana	T3	○	L
23 A tarefa trocar turbina não é habitual na rotina do setor manutenção	T2	○	L
24 O setor não possui pessoal especializado na troca de turbina	MT6	○	L
25 Não há motor sobressalente para a troca	M3	□	L
26 Programação de compra da turbina não foi realizada em tempo hábil	T1	○	L
27 Hospital não mantém equipamentos sobressalentes em estoque	MT5	□	L
28 Turbina apresenta baixo desempenho	M2	○	L
29 A substituição da turbina é urgente	MT4	○	L
30 Técnico apresentava comportamento alterado nas últimas semanas	I3	○	L
31 Técnico dormiu pouco na noite anterior	I2	○	L
32 Técnico está cansado	I1	○	L
33 Turbina está no limite de sua vida útil	M1	○	L
34 Projeto de ampliação do hospital não levou em conta necessidades de manutenção	MT3	□	L
35 Atividades hospitalares dependem do funcionamento do sistema pneumático	MT2	□	L
36 Manutenção preventiva do sistema pneumático é prejudicada pela pressão dos usuários	MT1	□	L

A análise seqüencial também mostrou a influência da falta de planejamento da ampliação do complexo hospitalar, o que acarretou na alocação das turbinas em locais que prejudicam a sua manutenção. Para confirmar esta afirmação, o técnico e o seu auxiliar conduziram os pesquisadores a outros locais em que as turbinas também foram instaladas em lugares de difícil acesso. Desta forma, observou-se que, independente dos indivíduos envolvidos no caso, o acidente pode repetir-se, pois as condições do ambiente de trabalho eram inapropriadas.

Os resultados obtidos pela ferramenta ADC mostram que foram identificados, no total, 36 fatores, dos quais 16 (44,4%) foram caracterizados como do tipo tarefa, 11 (30,65%) do tipo meio de trabalho, cinco (13,9%) do tipo material e quatro (11,1%) do tipo individual. Entre estes fatores, 14 (38,9%) foram considerados fatores habituais e 22 (60,1%) como variações do trabalho. Como todos os fatores da ADC podem ser interpretados como fatores contribuintes ao acidente, percebe-se que, por meio da análise do modelo seqüencial, as causas do acidente parecem estar relacionadas, em sua maior parte, aos fatores da tarefa e aos fatores caracterizados como variações. Por isso, as medidas que poderiam ser utilizadas para prevenir este acidente, de acordo com este modelo de análise, estão diretamente relacionadas ao evento, à eliminação ou neutralização dos fatores caracterizados como variações (Binder, Almeida, Monteau, 1996).

Por meio do estudo deste modelo, verificou-se que o uso da ADC requer experiência e substancial dispêndio de tempo, sendo que diversas revisões da árvore foram realizadas até a obtenção daquela apresentada na Figura 5. Tais peculiaridades também foram reconhecidas por Binder, Almeida e Monteau (1996), com base em várias experiências de aplicação da ADC em acidentes no Brasil.

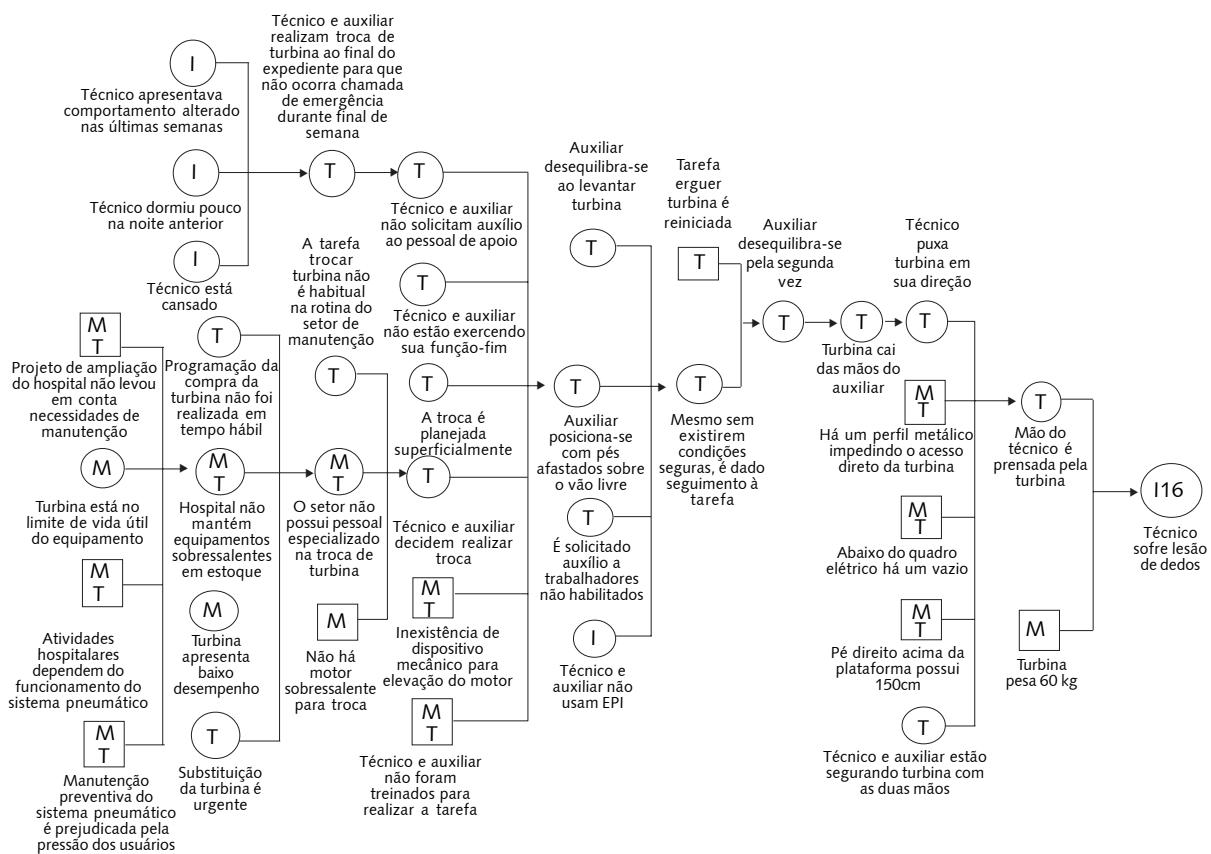


Figura 5. Representação gráfica da ADC.

A análise do acidente sob a ótica do modelo epidemiológico

De acordo com a proposta, os fatores envolvidos no acidente foram classificados em falhas latentes e ativas. Com base nos fatores identificados por meio da ADC, foram identificados 13 (36,1%) fatores ativos e 23 (63,9%) fatores latentes. Além disso, observou-se que, enquanto o fator tarefa apresentado pela ferramenta ADC corresponde, em sua maior parte, às falhas ativas, as latentes estão, em geral, associadas aos fatores meio de trabalho, material e indivíduo. Esse resultado é coerente com a proposta de Reason (1997), segundo o qual as atividades e ações exercidas pelos indivíduos estão associadas às falhas ativas no sistema, enquanto as falhas latentes estão geralmente associadas à organização e ao projeto do trabalho.

Como mencionado anteriormente, as visitas ao local identificaram falhas no projeto, como, por exemplo, a falta de um espaço adequado para a manutenção, o que resultou em adaptações e improvisações nesta atividade. De acordo com Bea (1998), são freqüentes as situações em que a concepção do projeto não contempla as atividades como realmente são desempenhadas, adotando modelos prescritos acerca de como o trabalho é imaginado pela gerência. No caso da manutenção, o autor cita que este problema é bastante freqüente, caracterizando uma falha latente.

O modelo epidemiológico também sugere a análise de acordo com a classificação das barreiras. Para esta análise, os fatores listados na Figura 4 foram analisados de forma a verificar exemplos de barreiras, classificadas de acordo com seu *status* (transposta ou inexistente) na situação do acidente. As barreiras classificadas (Tabela 3) foram, em algum momento da investigação, mencionadas pelos entrevistados. Embora o método ADC não tenha como objetivo primordial classificar barreiras, as informações geradas pela árvore foram utilizadas como fonte de informações para essa análise, uma vez que a literatura não apresenta métodos especificamente direcionados à análise de barreiras.

Tabela 3. Classificação em barreiras transpostas (T) e ausentes (A).

Componentes da atividade	física	funcional	simbólica	imaterial	Identificação das barreiras transpostas	Identificação das possíveis barreiras ausentes
Técnico sofre lesão de dedos	T					
Mão do técnico é prensada pela turbina	T					
Turbina pesa 60Kg	A					
Técnico e auxiliar estão segurando turbina com as duas mãos	A					
Técnico puxa turbina em sua direção	A					
Pé direito acima da plataforma possui 150cm	A		A			
Abaixo do quadro elétrico há um vazio	A		A			
Há um perfil metálico impedindo o acesso direto da turbina	A		A			
A turbina cai das mãos do auxiliar	A					
Auxiliar desequilibra-se pela segunda vez		A	T		A tarefa foi reiniciada	
Tarefa de erguer turbina é reiniciada			T		A cultura organizacional	
Mesmo sem existirem condições seguras, é dado seguimento à tarefa			T		recomenda parar a tarefa em condições inadequadas	
Auxiliar posiciona-se com pés afastados sobre vazio livre	A					Estrutura substituindo espaço vazio; Alertas para avisar sobre o risco;

continua

Tabela 3. continuação.

Componentes da atividade	física	funcional	simbólica	imaterial	Identificação das barreiras transpostas	Identificação das possíveis barreiras ausentes
É solicitado auxílio a trabalhadores não habilitados				T	A cultura organizacional recomenda não solicitar auxílio a trabalhadores não habilitados Não foram utilizados EPIs	
Técnico e auxiliar não usam EPI Técnico e auxiliar não foram treinados para realizar a troca Inexistência de dispositivo mecânico para elevação do motor Técnico e auxiliar decidem realizar a troca	T A	T	A			Treinamento específico para a atividade Dispositivo de elevação e suporte da turbina
A troca é planejada superficialmente		T		T	A cultura organizacional recomenda parar a tarefa em condições inadequadas Não houve planejamento completo da tarefa	
Técnico e auxiliar não estão exercendo sua função-fim Técnico e auxiliar não solicitam auxílio ao pessoal de apoio Técnico e auxiliar realizam troca de turbina no final do expediente para que não ocorra chamada de emergência durante final de semana A tarefa trocar turbina não é habitual na rotina do setor manutenção	A	A	T	A	A cultura organizacional recomenda parar a tarefa quando houver condições inadequadas	Treinamento específico para a atividade Barreira burocrática que impeça a realização de tarefas em condições adversas
O setor não possui pessoal especializado na troca de turbina Não há motor sobressalente para a troca Programação de compra da turbina não foi realizada em tempo hábil Hospital não mantém equipamentos sobressalentes em estoque Turbina apresenta baixo desempenho A substituição da turbina é urgente Técnico apresentava comportamento alterado nas últimas semanas Técnico dormiu pouco na noite anterior Técnico está cansado	A	A	A	A	Manutenção preventiva adequada	Orientação para planejamento adequado em tarefas não habituais Possuir solução de contingência para situações imprevistas Adoção de um sistema de compra de equipamentos mais preciso
Turbina está no limite de sua vida útil		T		T	Manutenção preventiva adequada	
Projeto de ampliação do hospital não levou em conta necessidades de manutenção Atividades hospitalares dependem do funcionamento do sistema pneumático Manutenção preventiva do sistema pneumático é prejudicada pela pressão dos usuários	A	A		A	Previsão de espaços para manutenção	Não permitir que atividades fora da rotina sejam realizadas por trabalhadores com comportamento alterado
(T)=barreira transposta; (A)=barreira ausente						

Esta etapa da análise epidemiológica demonstrou que a identificação das barreiras, por vezes, foi difícil, uma vez que os fatores listados na ADC nem sempre deixavam explícita a barreira que foi transposta ou que estava ausente. Um exemplo é o fator “a manutenção preventiva é prejudicada em

razão da pressão dos usuários". Nesse exemplo, os pesquisadores consideraram que, para resistir à pressão dos usuários, deveria existir uma barreira imaterial, ou seja, regras da organização que explicitassem como lidar com aquelas pressões sem comprometer a segurança. Outra limitação percebida nesta abordagem é a tendência das barreiras em agir sobre as falhas ativas, geralmente relacionadas às ações da tarefa dos indivíduos.

A análise das barreiras mostrou que, no momento do acidente, foram transpostas quatro barreiras físicas, três barreiras simbólicas e nove barreiras imateriais. Por sua vez, estavam ausentes dez barreiras físicas, três funcionais, onze simbólicas e três imateriais. Assim, verificou-se que existiam poucas barreiras físicas e nenhuma barreira funcional presente no momento do evento, indicando que havia muita confiança naquelas do tipo imateriais, as quais somente são eficazes em organizações com forte cultura de segurança (Hollnagel, 2004).

De acordo com a proposta de Rasmussen (1997), é possível identificar as pressões que levaram à migração de desempenho ao longo das falhas nas diversas barreiras. Neste artigo, as pressões são definidas como perigos de natureza imaterial que empurram os trabalhadores a atuar na zona de perigo. Estão incluídos, nesta definição, todos os fatores organizacionais que fazem com que os perigos físicos aumentem seu grau de risco em relação ao que é intrínseco aos mesmos (Saurin et al., 2008).

Nesta análise, observou-se que o acidente foi influenciado por pressões, tais como dos seus usuários e do ambiente externo - neste caso representado pelas famílias dos funcionários (e eles mesmos) que não desejariam que eles retornassem ao trabalho para conserto de falhas no final de semana. Como a tomada de decisão para executar a tarefa foi realizada pelos funcionários, é possível considerar que os parâmetros de segurança podem ter sido desconsiderados em razão de tais pressões. Neste caso, as pressões fizeram com que o técnico e o auxiliar deixassem de executar seu trabalho na zona segura para arriscar-se na zona de perigo (por exemplo, atuando em condições precárias em um local inadequado para a colocação da turbina).

A Figura 6 ilustra a representação gráfica deste acidente, de acordo com Rasmussen (1997). É importante salientar que, pela primeira vez neste estudo, é apresentada uma representação não-linear dos eventos. Nesta figura, são ilustradas as pressões que atuaram no cenário do acidente. Embora não ilustrados, neste cenário também estavam presentes contra-gradientes de segurança, tais como a cultura organizacional de segurança da empresa, a qual não foi suficiente para impedir a ruptura da margem do trabalho seguro.

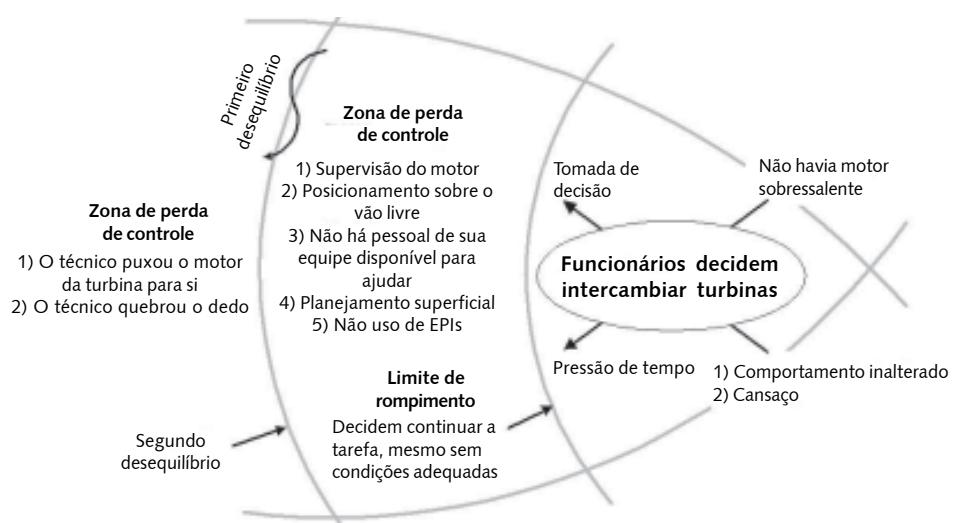


Figura 6. Classificação das zonas de trabalho de acordo com a proposta de Rasmussen (1997).

As medidas sugeridas para prevenir este acidente, de acordo com as premissas apresentadas neste modelo, passam pelo controle dos fatores ativos e latentes do sistema, introdução do maior número possível de barreiras no sistema - preferencialmente do tipo físicas e funcionais - e monitoramento das pressões.

A análise do acidente sob a ótica do modelo sistêmico

Sob a ótica do modelo sistêmico, o acidente estudado foi analisado de acordo com os seguintes parâmetros (Hollnagel, 2003):

i) **Variabilidade do desempenho:** não foi prevista a variabilidade do desempenho humano na atividade. De fato, as atividades de troca de turbinas não possuíam planejamento formal (por exemplo, por meio de análises preliminares de perigo) e, por consequência, nem mesmo as variações mais previsíveis nessa atividade foram antecipadas. No cenário do acidente, a variabilidade provavelmente foi significativa, uma vez que a equipe nunca havia realizado uma troca em uma dependência com tantas restrições de acesso. Reason e Hobbs (2003) afirmam que a realização de tarefas com que o trabalhador não está familiarizado é um dos mais potentes fatores que culminam em erro nos trabalhos de manutenção. Com base na avaliação por meio da ferramenta ADC, 18 fatores foram caracterizados como variações, sendo 12 destas relacionadas ao desempenho humano.

ii) **Ausência de visibilidade das barreiras:** a decisão de trocar a turbina sem analisar o seu contexto pode ter sido influenciada pela pressão dos usuários e dos próprios funcionários. Tais pressões podem ter levado à negligência dos valores da organização, tal como a priorização da segurança. Esta falta de observância dos valores demonstra que as barreiras imateriais associadas aos mesmos não eram suficientemente fortes e visíveis na organização. Este valor organizacional pareceu claramente incorporado aos discursos da coordenadora, mas provavelmente ainda não esteja disseminado nos funcionários.

iii) **Condições latentes do sistema:** os fatores latentes foram evidenciados no modelo epidemiológico, previamente analisado. Portanto, o modelo sistêmico não apresenta novidades à análise quanto a este aspecto.

iv) **Falhas tecnológicas:** os fatores tecnológicos foram considerados intervenientes no acidente em razão do espaço inadequado disponibilizado para as turbinas no projeto da edificação, bem como da falta de dispositivos mecanizados para levantamento e posicionamento da turbina. Esses problemas revelaram um exemplo de incompatibilidade entre os subsistemas técnico e humano em projetos, corroborando os estudos de Bea (1998).

Embora a estrutura desta análise não seja linear, a árvore de causas, apresentada no modelo seqüencial, auxiliou na organização dos dados para a análise sistêmica, assim como já havia sido evidenciado na análise epidemiológica. Portanto, essa análise reforça a complementaridade e inter-relações entre os modelos.

Ao contrário dos modelos anteriores, a análise sistêmica não propiciou a representação gráfica do acidente. De forma geral, as principais contribuições da análise sob o ponto de vista do modelo sistêmico se referem à identificação da falta de previsão da variabilidade humana e organizacional no projeto do sistema pneumático, bem como na explicitação das barreiras que não foram suficientemente visíveis. As falhas latentes e tecnológicas já haviam sido explicitadas de modo satisfatório com base na análise pelos modelos seqüencial e epidemiológico.

As medidas preventivas decorrentes desta análise têm características mais abrangentes do que as identificadas nas análises orientadas pelos modelos anteriores. Enquanto que no modelo seqüencial a prevenção ocorre pela eliminação das pressões, o modelo sistêmico reconhece que não há como eliminar totalmente as pressões, embora esta fosse uma condição ideal. De acordo com o modelo sistêmico, são enfatizados: o monitoramento das pressões, a antecipação de seus efeitos e a capacidade de adaptação aos mesmos. Especificamente, a análise realizada enfatiza o planejamento, considerando ao menos as variações mais freqüentes, bem como enfatiza a necessidade de fortalecimento da cultura de segurança na organização. Em conformidade com a proposta do modelo sistêmico, tais medidas preventivas tendem a contribuir não apenas para evitar a repetição do mesmo tipo de acidente, mas também para prevenir diversos outros tipos de eventos, em qualquer setor da organização.

Conclusões

Este estudo teve como objetivo analisar a complementaridade e as inter-relações entre os modelos causais de acidentes propostos por Hollnagel (2004), com base em um acidente ocorrido em atividades de manutenção de hospital. A análise, sob a perspectiva dos diferentes modelos, indicou fatores causais em comum, notadamente a inadequação do local onde a turbina está instalada. Além disso, outra característica comum aos modelos é o seu foco na busca de causas organizacionais, indo bastante além das causas imediatas do evento. Ao mesmo tempo, observou-se que, apesar do método ADC ser originalmente relacionado ao modelo seqüencial, este se revelou bastante importante como ferramenta de apoio para a análise, pela ótica dos demais modelos, pois conduziu ao levantamento criterioso de informações. Por sua vez, o modelo sistêmico contribui para superar limitações da ferramenta.

A principal contribuição do modelo epidemiológico em relação ao seqüencial consistiu na diferenciação entre os fatores ativos e latentes. Isso é importante uma vez que indica quanto os esforços de prevenção devem ser direcionados aos fatores individuais ou ao projeto do trabalho. De outro lado, a análise de barreiras, segundo o ponto de vista do modelo epidemiológico, não trouxe novos fatores causais, mas possibilitou a análise do tipo de barreira e seu *status* no momento do acidente. Por meio desta análise, foi possível detectar que a empresa utilizava, no caso investigado, muitas barreiras imateriais, as quais são facilmente transpostas.

Deste modo, concluiu-se que os modelos analisados são complementares ao invés de excludentes. Verificou-se ainda que os méritos e falhas de cada modelo são tão relacionados aos modelos em si quanto a capacitação e imparcialidade dos investigadores, os quais não devem se ater rigidamente a um modelo específico, mas sim compor suas conclusões com base em uma perspectiva abrangente das contribuições dos diferentes modelos causais. Portanto, independente do modelo causal escolhido, é imprescindível que o pesquisador tenha visão abrangente, imparcial e que contemple as opiniões de todos os envolvidos direta e indiretamente no acidente. Sugere-se ainda que novos estudos busquem aprofundar a análise destes modelos, sobretudo o sistêmico, buscando a identificação de outras inter-relações e o desenvolvimento de ferramentas inovadoras de análise e investigação de acidentes, que contemplem simultaneamente as visões dos diferentes modelos causais.

Colaboradores

Lucimara Ballardin, Luiz Antonio Franz e Adriana Maschio participaram na pesquisa de campo, levantamento de referencial bibliográfico, redação e discussão. Tarcísio Abreu Saurin colaborou na orientação, redação, discussão e revisão do texto.

Referências

- ABDELHAMID, T.S.; PATEL, B.; HOWELL, G.A. Signal detection theory: enabling work near the edge. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003, Blacksburg. **Proceedings...** Blacksburg: VirginiaTech, 2003.
- ALMEIDA, I.M. Trajetória da análise de acidentes: o paradigma tradicional e os primórdios da ampliação da análise. **Interface – Comunic., Saúde, Educ.**, v.10, n.19, p.185-202, 2006.
- _____. **Construindo a culpa e evitando a prevenção: caminhos da investigação de acidentes do trabalho em empresas de município de porte médio.** 1997. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997.
- _____. Introdução à abordagem de concepções de acidentes e suas implicações nas análises desses eventos. In: _____. (Org.). **Caminhos da análise de acidentes do trabalho.** Brasília: MTE, SIT, 2003. p.57-66.
- BEA, R. Human and organization factors: engineering operating safety into offshore structures. **Realiab. Eng. Syst. Saf.**, v. 61, p.109-26, 1998.
- BINDER, M.C.P.; ALMEIDA, I.M. Estudo de caso de dois acidentes do trabalho investigados com o método de árvore de causas. **Cad. Saúde Pública**, v.13, n.4, p.749-60, 1997.
- BINDER, M.C.P.; MONTEAU, M.; ALMEIDA, I.M. **Árvore de causas:** método de investigação de acidentes de trabalho. São Paulo: Publisher Brasil, 1996.
- CHISTOFFERSEN, K.; WOODS, D. How complex human-machine systems fail: putting "human error" in context. In: KARWOWSKI, W.; MARRAS, W.S. (Orgs.). **The occupational ergonomics handbook.** Boca Raton: CRC Pres, 1999. p.585-600.
- DEKKER, S. **The field guide to human error investigation.** Sweden: Ashgate, 2002.
- FREITAS, C. M. et al. Acidentes de trabalho em plataformas de petróleo da Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v.17, n.1, p.117-30, 2001.
- GANO, D.L. Effective solutions versus the root cause myth. In: ANNUAL HUMAN PERFORMANCE, ROOT CAUSE AND TRENDING CONFERENCE, 1., 2001, Baltimore. **Anais...** Baltimore, 2001. Disponível em: <<http://hprct.dom.com/2001/index.htm>> Acesso em: 10 set. 2007.
- HELMAN, H.; ANDERY, P.R.P. **Análise de falhas:** aplicação dos métodos de FMEA e FTA. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.
- HEINRICH, H.W. **Industrial accident prevention.** New York: McGraw-Hill: 1959.
- HOLLNAGEL, E. **Barrier analysis and accident prevention.** Aldershot, UK: Ashgate, 2004.
- _____. Modelos de acidentes e análise de acidentes. In: ALMEIDA, I.M. (Org.). **Caminhos da análise de acidentes do trabalho.** Brasília: MTE, SIT, 2003. p.99-104.
- INSTITUTO DE QUALIDADE AUTOMOTIVA. IQA. **QS 9000:** Manual de FMEA - análise de modo e efeitos de falha potencial. 2.ed. São Paulo: IQA, 1995.
- LEHTO, M.; SALVENDY, G. Models of accident causation and their application: review and reappraisal. **J. Eng. Technol. Manag.** v.8, n.2, p.173-205, 1991.
- LI, W.; HARRIS, D.; YU, C. Routes to failure: analysis of 41 civil aviation accidents from the Republic of China using the human factors analysis and classification system. **Accid. Anal. Prev.**, v.40, n.2, p.426-34, 2007.
- MINAYO, M.C.S. **Pesquisa social:** teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, 1997.

- PERROW, C. **Normal accidents**: living with high risk technologies. New York: Basic Books, 1984.
- RASMUSSEN, J. Risk management in a dynamic society: a modeling problem. **Saf. Sci.**, v.27, n.2/3, p.183-213, 1997.
- REASON, J.; HOBBS A. **Managing maintenance error**: a practical guide. Hampshire: Ashgate, 2003.
- REASON, J. Human error: models and management. **Br. Med. J.**, n.320, p.768-70, 2000.
- _____. **Managing the risks of organizational accidents**. Aldershot: Ashgate, 1997.
- _____. **Human error**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- SAURIN, T.A. et al. An analysis of construction safety best practices from a cognitive systems engineering perspective. **Saf. Sci.**, v.46, n.8, p.1169-83, 2008.
- SOUZA, C.A.V.; FREITAS, C.M. Análise de causas de acidentes e ocorrências anormais, relacionados ao trabalho, em uma refinaria de petróleo, Rio de Janeiro. **Cad. Saúde Pública**, v.19, n. 5, p.1293-303, 2003.
- WOODS, D et al. **State-of-the-art-report**: behind human error: cognitive systems, computers, and hindsight. Columbus: CSERIAC, 1994.
- ZOCCHIO, A. **Prática da prevenção de acidentes**: ABC da segurança do trabalho. São Paulo: Atlas, 2002.

BALLARDIN, L. et al. Análisis de las interfaces entre modelos causales de accidentes: un estudio de caso en las actividades de mantenimiento de un complejo hospitalario. **Interface - Comunic., Saúde, Educ.**, v.12, n.27, p.835-52, out./dez. 2008.

Las suposiciones subyacentes a los modelos causales de accidentes tienen impacto en la naturaleza de las conclusiones obtenidas con su investigación. Sin embargo, considerando que cada modelo posee puntos flojos y fuertes, resulta relevante comprender su complementariedad e interfaces. En este estudio se analizan las relaciones entre los modelos secuencial, epidemiológico y sistémico. Los resultados mostraron que los modelos son complementarios en vez de excluidores. Particularmente el modelo secuencial se mostró útil para identificar y organizar informaciones. Se concluye que las medidas preventivas difieren substancialmente entre sí.

Palabras clave: Occupational health. Análisis de accidentes. Mantenimiento.

Recebido em 05/10/07. Aprovado em 03/08/08.