

# **PREVENÇÃO DE RISCOS OPERACIONAIS E DINÂMICOS NA INDÚSTRIA DE PROCESSOS, UMA DISCUSSÃO EXPLORATÓRIA**

S. F. ÁVILA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia, Departamento de Engenharia Mecânica  
E-mail para contato: avilasal@ufba.br

**RESUMO** – Este trabalho pretende discutir sobre como prevenir os riscos operacionais que adotaram uma realização dinâmica com uma legislação cada vez mais restritiva resultante das pressões da sociedade. Os grandes desafios serão dinâmicos e de alto impacto sobre a sustentabilidade da sociedade e da indústria. Segundo Rasmussen é importante que a indústria projete de forma adequada a tarefa a partir da multidisciplinaridade que se inicia nas demandas da sociedade. Desde a cultura de segurança bem estabelecida (métricas), a manutenção de estresse psicológico numa faixa controlável para evitar erros de decisão, análise dos sinais da rotina para operar sistemas críticos na área química (reações e utilidades), controle no consumo de combustível e emissão de CO<sub>2</sub>, e a análise da complexidade da tarefa. A discussão sobre os riscos operacionais pretende indicar como preparar melhor os projetos industriais nos equipamentos, nas interfaces, nas especificações e no projeto de competências.

**ABSTRACT** – This paper discusses how to prevent operational risks that have adopted a dynamic achievement with an increasingly restrictive legislation resulting from the pressures of society. The major challenges are dynamic and high impact on the sustainability of society and industry. According to Rasmussen is important that the industry design adequately the task from a multidisciplinary approach that begins on the demands of society. Since the well-established safety culture (metric), the maintenance of psychological stress in a controllable region to avoid decision errors, signal analysis range from routine to operate critical systems in chemistry (reactions and utilities), control fuel consumption and emission CO<sub>2</sub>, and analysis of task complexity. The discussion of operational risks is intended to indicate how best to prepare projects in industrial equipment, interfaces, specifications and design skills.

## **GLOSSÁRIO E SIGLAS**

APP, APR/ APP/APR-SH – Análise Preliminar Perigo e de Risco Técnico e sócio humano;  
AQR – Análise quantitativa de risco;  
Falha ativa/latente – evento visível e não visível;  
Exergia - energia útil/disponível, parte da energia que pode ser convertida sem perdas;  
FMEA, FMEA- H – Análise do modo de falha técnico ou Análise do modo de falha humana;

FTA-H – Árvore de falha de fatores técnicos, humanos e organizacionais;  
HAZOP, HAZOP Social – Análise de operabilidade do processo físico ou social;  
LODA – Análise da Decisão operacional;  
RECHA (Ávila,2009)– Rede Confiabilidade Humana;  
PADOP – Planejamento e análise cognitiva, complexidade da falha (esforço físico-cognitiva).

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Uma breve discussão**

Uma discussão exploratória é feita para apresentar ferramentas que previnam riscos operacionais na Indústria. O formato e os conteúdos envolvidos nos perigos operacionais adquiriram dinamismo nos últimos tempos, o que dificulta o controle do risco decorrente. Este dinamismo pode ser ocasionado por pressões ambientais e sociais para evitar a repetição dos impactos já provocados. Por outro lado, a legislação tem ação disciplinar sobre o negócio que gera a economia e que está cada vez mais instável quanto ao controle de riscos dinâmicos. Neste momento nos deparamos com a necessidade de entender como estudar os riscos das operações ou riscos operacionais em formato dinâmico provocado pelas oscilações de comportamento das organizações e dos fatores humanos.

O atual desafio é dinâmico e resultado de maior concentração de perigos confiados a poucos controladores humanos através de sistemas de processo muito automatizados, e em consequência muito complexos. Assim, eventos aparentemente raros podem ser mais frequentes (na realidade) provocando acidente ou perda de processo. Estes eventos afetam a sustentabilidade dos negócios.

Segundo Rasmussen (1997) é importante que a indústria planeje de forma adequada a tarefa considerando a multidisciplinaridade a partir das demandas da sociedade. Desde a cultura de segurança bem estabelecida (e métricas), a manutenção de estresse psicológico em faixa controlável para evitar erros de decisão, análise dos sinais da rotina para operar sistemas críticos na área química, controle da complexidade na tarefa e gestão energética com o respectivo controle de CO<sub>2</sub>.

A discussão sobre os riscos operacionais pretende indicar como preparar melhor os projetos quanto ao tamanho e controle dos equipamentos/processos, quanto ao formato das interfaces com o supervisor humano, quanto à capacidade máxima do módulo de produção em termos de eficiência energética e quanto às especificações adequadas para a qualidade e para o grupo incluindo aspectos ocupacionais e ambientais. Os projetos devem discutir a economia de energia através de tecnologias de aproveitamento da energia residual e dos controles operacionais de sistemas de utilidades.

Não menos importante é também a análise dos perigos em serviços que atendem grandes grupos de pessoas no setor de entretenimento, principalmente em eventos culturais e esportivos onde o ânimo da população pode estar exaltado. Também envolve a medição do risco através da frequência e severidade, mas, envolve aspectos políticos do ambiente ao redor e aspectos de emergentes sociais. As tarefas para o controle dos serviços são críticas requerendo ferramentas apropriadas para a definição de ações na rotina e ações estratégicas em megaeventos esportivos e culturais.

### **1.2. Pesquisa sobre riscos operacionais na indústria**

A identificação dos riscos de interrupção por falta de recursos naturais nas indústrias química e petroquímica foi baseada em pesquisa aplicada na área ambiental (eficiência hídrica e energética) e que inclui a necessidade de mudanças na rotina operacional para reduzir consumo de água e energia nestas indústrias. Os riscos que impactam na área ocupacional, na produtividade e na área ambiental



foram estudados a partir da difusão de conhecimento sobre fatores humanos (17 turmas de confiabilidade humana) relacionados a perdas de processo e ao acidente para as indústrias de energia (petróleo & gás, nuclear), de processos químicos e para os serviços de logística e de montagem. Enfim uma discussão travada durante cinco anos enriqueceu a definição de melhores modelos de gestão de riscos através da Rede de Confiabilidade Humana Aplicada (RECHA, 2009).

Os sinais da rotina na operação e no processo (LEES, 2005) podem indicar o caminho da falha tanto na fase ativa quanto latente como indicado por pesquisas realizadas na indústria química (MDA - Amina) e de energia (GLP). O Estudo do ciclo de vida da falha na indústria química permitiu reduzir a geração de efluentes a partir de ações sobre variáveis de processo e de procedimentos operacionais. Na indústria de gás liquefeito de petróleo, o estudo do ciclo de vida da falha indicou situações de risco para catástrofes que podem atingir a comunidade com *fireball* e técnicas para estudar a história do evento nas várias fases de controle operacional (ÁVILA, 2011; ÁVILA, 2010).

Uma pesquisa desenvolvida na indústria química (LAB- alquil benzeno) identificou as perdas de energia em torres de resfriamento, as possíveis contaminações do efluente (benzeno, solvente, sólidos, temperatura) e os impactos sobre os efluentes orgânicos e inorgânicos, através de auditorias. O balanço de entalpia das correntes de processo e o balanço de energia nas utilidades na indústria petroquímica permitiram identificar oportunidades para reduzir perdas energéticas. Uma redução dos custos de tratamento de efluentes e das multas foi atingida durante a realização da pesquisa na indústria de fertilizantes através de ações de educação e conhecimento democratizado. Um Plano Estratégico para Gestão de água foi estabelecido facilitando projetar investimentos para ajustar a demanda com a oferta de água até 2035. Outros projetos de pesquisa foram elaborados com os objetivos de: (1) realizar balanço energético de sistemas corporativos industriais no segmento de fertilizante; (2) analisar o modelo de decisão e processo cognitivo para evitar a explosão de caldeiras de CO em unidade de refino; (3) diagnosticar a cultura técnica para melhorar a confiabilidade dos sistemas inclusive a confiabilidade humana e das operações; (4) indicar quais são as mudanças comportamentais do trabalhador que estão aumentando os índices de acidentes na indústria de energia e de explosivos e as suas causas organizacionais.

## **2. MUDANÇA NA GESTÃO DE RISCOS**

O aumento d(a) o (energia de) perigo nos processos industriais, o incremento da complexidade das tarefas, e a maior aproximação da população de possíveis (grandes) vazamentos, podem impulsionar as instalações industriais em direção ao aumento dos riscos de falhas nas operações e nos processos (risco de baixa visibilidade – sócio humano). Estas falhas provocam perdas de processo que são difíceis de ser investigada, devido à baixa visibilidade no nexo causal. Assim, sugerem-se técnicas para indicar ações preventivas e corretivas diminuindo o impacto das consequências de eventos.

Os trabalhos e ferramentas de segurança de processos não são suficientes para evitar a trajetória dos acidentes (REASON, 2003). Investe-se pouco na melhoria do processo decisório e no comprometimento do corpo de trabalho. É necessário estudar o ciclo da falha desde o nascimento, passando pelo período de falha latente onde ocorrem dificuldades de entendimento dos fatores organizacionais e humanos.

## **2.1. Perdas de Processo, ciclo da falha e risco.**

As perdas do processo industrial (ÁVILA et al, 2008) podem estar classificadas de forma objetiva a partir da métrica de perdas materiais ou de energia provocadas por descontrole nas operações. As perdas de processo também podem ser classificadas de forma subjetiva a partir de estimativa de tempo perdido decorrente do tratamento de eventos com os respectivos retrabalhos ou ainda a partir das perdas econômicas provocadas pela imagem afetada (bolsa de valores). O impacto das perdas inicia quando ocorre o aparecimento de consequências econômicas. Assim, o período onde a falha não pesa no orçamento da empresa não é considerado importante para estudo. O que, pela visão de LEES (2005) é considerado, um grande engano! É necessário investigar os sinais!!

## **2.2. Impactos do evento**

No estudo dos riscos de eventos deve-se analisar o conjunto frequência, severidade e complexidade das tarefas. Assim, a falha considerada rara pode ser impactante por dois motivos interdependentes, complexidade elevada e grandes perdas econômicas. Caso ocorra desconhecimento quanto aos diversos atributos e pesos na decisão estratégica e também quanto à natureza dinâmica destes atributos ocorrerá dificuldades de preservação da imagem organizacional. Os líderes muitas vezes adotam padrões não adequados vendo somente a preservação econômica estática nos momentos de mudança técnica e organizacional. É essencial identificar quais são os principais impactos dos eventos e como acontece a sua dinâmica para analisar projetos industriais e as mudanças dos riscos.

A atenção e o nível de investimento para prevenir eventos futuros, para implantar ferramentas de controle dos processos, de controle da segurança ou para investigar eventos, dependem do montante de impacto causado ou que o evento possa causar. A perda de processo nem sempre provoca impacto econômico em curto prazo indicando decisões tímidas na prevenção ou mitigação de eventos. Assim é necessário estudar a consequência do evento numa linha de tempo maior através de técnicas como o *bowtie* e a árvore de eventos. As questões ambientais e ocupacionais se unem às sociais quando se discute a imagem da empresa na comunidade local. Um aspecto importante é quando se convivem com várias pequenas falhas (baixa visibilidade denexo causal) que após uma análise individual indica a decisão por não investigar as causas. O que não se sabe é que provavelmente a causa raiz destas falhas se encontra entre os fatores humanos e organizacionais e o impacto da sua não investigação pode ser equivalente a um grande acidente.

O alcance geográfico das consequências de eventos e a forma crônica de atuação indicam que as emissões de gases do efeito estufa, o acúmulo de resíduos de plástico e de silício, e os vazamentos de material nuclear (dentre outros) são considerados graves, requerendo tratamento mais drástico e direto como a mudança de legislação, saindo de ações voluntárias para mandatórias de controle.

## **2.3. Identificação clássica do perigo e controle dos riscos**

A primeira fase de análise do projeto de novas instalações é identificar quais são os principais perigos e se os equipamentos e as instalações têm estruturas e processos suficientes para evitar a sua liberação. Nesta análise consideram-se somente os perigos materiais e de energia e não se consideram

os perigos sociais envolvidos no processo de comunicação e de decisão indevidas nas tarefas industriais. Assim, corrigindo o que afirma o *bowtie*, o maior perigo pode não estar posicionado nos fatores técnicos e pode estar situado nos fatores humanos e organizacionais.

### **3. GESTÃO DE RISCOS OPERACIONAIS E DINÂMICOS**

As diretrizes para gestão de riscos operacionais devem indicar critérios para a análise do empreendimento nos seus processos com os respectivos fatores de produção envolvidos. São elaboradas e aplicadas ferramentas para análise de risco desde a sua identificação, tratamento e cálculo da probabilidade de eventos. As operações e os processos industriais podem, em caso de descontrole, liberar o perigo e causar impactos ocupacionais, ambientais, sociais ou econômicos. Esta análise inclui a discussão sobre mudanças organizacionais e comportamentais de ambientes estressores e dos emergentes sociais. O ambiente econômico provoca alterações nas relações sociais que podem impactar sobre as decisões a partir de fadiga individual ou grupal. Estes erros de decisão, em retorno, provocam perdas de processo levando a mais prejuízos e imagem negativa. Assim, os fatores humanos e organizacionais que formam o ambiente social do nascimento da falha devem ser analisados e monitorados para não provocar o estresse excessivo e decisões incorretas, inclusive na possibilidade de realimentação da energia da falha do impacto social do evento topo para a sua causa-raiz, atribuindo assim uma configuração complexa de novelo para a falha operacional ou acidente.

Vários acidentes industriais (LORRY, 1999) ocorreram devido a decisões incorretas em situação de restrição orçamentária com cortes realizados de forma horizontal e sem a devida análise de risco. Existem pontos comuns nesta análise econômica simplificada: os sinais de falha são ignorados, a visão é de curto prazo, ocorre falta de conhecimento sobre causa-raiz da falha, corte grupal (e horizontal) do orçamento (sem análise individual de risco), esperança baixa de eventos com grande liberação do perigo, não identificação de fatores organizacionais entre os motivos da falha, falta de conhecimento sobre processos complexos, e falta de visão quanto a influencia de fatores humanos.

Segundo o CCPS (2007), fator humano faz parte das interações do ambiente de trabalho com as pessoas, as facilidades, os equipamentos e os sistemas gerenciais. Dentre os itens relacionados com facilidades e equipamentos estão: projeto de equipamento, sistemas de controle, projeto de centro de controle, operações remotas, projeto de estação de trabalho, projeto de Interface Homem Máquina, locais seguros na emergência, e identificação de equipamentos. Dentre os itens relacionados a pessoas estão: treinamento, comunicações, projeto e uso de documentação, fatores ambientais, carga de trabalho e nível de estresse, turno e manuseio de materiais. Dentre os itens relacionados a sistemas gerenciais estão: cultura de segurança, planejar e executar projeto, procedimentos, manutenção, práticas de trabalho, permissão de trabalho, análise de perigo e de risco, sistemas de segurança, gestão de competências, resposta a emergência e investigação de incidentes.

Segundo CUNHA (2013) os fatores organizacionais envolvem o papel das lideranças no estabelecimento de práticas que garantam a cultura organizacional desejada pelos acionistas e exigida pela Sociedade e Parceiros. Uma cultura forte permite a construção de uma imagem positiva garantindo a sustentabilidade da empresa. Dentre os fatores organizacionais mais importantes está o



estabelecimento de visão, missão e valores e a sua revisão levando em conta a forma dinâmica das demandas das partes interessadas e da legislação. Para garantir o funcionamento da empresa é preciso que haja a construção de competências essenciais que façam a diferença quando se trata de competitividade do negócio. A base para a ação destes talentos é a inovação contínua dos processos técnicos e gerenciais. Assim, a organização que conhece o comportamento das pessoas está estruturada para mudanças requeridas para o alcance do controle financeiro e para a maximização do valor da empresa para os acionistas.

Segunda ÁVILA et al (2013) para cada fase da história da gestão de risco esta relacionado um nível de automação na produção e uma demanda de processamento cognitivo para decisões na organização. Na fase clássica gestão de riscos, quando ocorre parada de produção são tomadas ações para o retorno imediato, o nível de automação é baixo, e o esforço cognitivo é simples para a decisão sobre a produção. Na gestão híbrida ocorre busca da causa de problemas nas unidades industriais e a decisão fica mais complexa exigindo conhecimento de regras, boa comunicação, análise de imagem, tipo de tarefa e trabalho de equipe no multiculturalismo. Já na fase vindoura de gestão de risco, o risco dinâmico, a incerteza é marcante devido a estar inserido em ambiente global complexo. O nível de automação é elevado, as decisões são intuitivas e envolvem atributos complexos e dinâmicos. Nesta fase é importante o conhecimento sobre gestão de mudança e de crises. Os líderes devem se comunicar entre si e com as partes interessadas para tratar das contingências.

Os principais riscos operacionais na indústria de processo contínuo são relacionados ao descontrole no consumo de energia, ocorrência de acidentes com ou sem fatalidades, e perda de produtividade na rotina das operações devido à falha e incidentes. Para cada um destes eventos são necessárias técnicas de análise de perigo, falha e riscos além da análise da energia (balanço) e de exergia (eficiência) na identificação das suas causas. Todos estes riscos de ocorrência de eventos estão envolvidos com fatores técnicos, humanos e organizacionais que são aspectos dinâmicos.

#### **4. ANÁLISE DOS RISCOS OPERACIONAIS CLÁSSICOS E DINÂMICOS**

Segundo ÁVILA et al (2011), no ciclo de vida do empreendimento são feitas investigações sobre os perigos e riscos antes da falha acontecer e são investigadas as falhas e acidentes após o acontecimento do evento impactante. As técnicas de análise clássica dos riscos, perigos e falhas, na fase clássica da gestão de Risco, são: APP, APR, LOPA, AQR, HAZOP, FMEA, FTA. O dinamismo do perigo nos processos e equipamentos inclui a sua degradação física e fenômenos naturais e sociais que afetam a intensidade do perigo. Outro dinamismo que merece ser estudado se refere a alterações nas ferramentas de controle do risco. ÁVILA (2013) sugere a inclusão de fatores cognitivos, sociais, e naturais na análise de risco, falha e acidente. Assim as técnicas sugeridas são: APP/APR-SH, HAZOP Social, FMEA-H, e FTA-H. Para completar é necessário compreender a complexidade da tarefa, assim sugerimos a técnica PADOP.

Em termos de Análise de Energia das Máquinas Térmicas e de Energia do Perigo da Falha sugerimos que se faça a investigação da energia disponível pela tecnologia (exergia) e a análise da utilização máxima da exergia ou energia disponível pela tecnologia. As auditorias e balanços de massa e de energia são técnicas importantes para evitar a perda de processo.



## **5. CONCLUSÃO: NOVAS ESTRATÉGIAS PARA PROJETO**

Uma série de conclusões é elaborada a partir desta discussão sobre gestão e análise de riscos operacionais dinâmicos. Esta discussão gira em torno da mudança das técnicas de análise de risco, novos modelos e filosofias de projeto para a indústria, a definição de métricas organizacionais e humanas com os desvios, estruturação de projetos que diminuam a geração dos resíduos, a visão de longo prazo para alterar as ações presentes e o desenvolvimento de redes de conhecimento para completar as multidisciplinaridades necessárias na investigação dos riscos.

É necessário revisar as técnicas atuais para incluir os motivos principais do dinamismo do risco: fatores humanos, fatores organizacionais, variáveis ambientais e complexidade dos processos e da tarefa. Os projetos industriais devem ser modulares e mais justos tendo um nível maior de confiança onde a capacidade projetada será igual à capacidade realizada. Os projetos no futuro não precisam das correções de capacidade para incluir a possibilidade do erro humano. Esta garantia será alcançada através das investigações de confiabilidade humana e de análise da tarefa.

A análise de falha que é baseada em eventos evidentes de que a falha está acontecendo precisa ser revisada atribuindo importância àquilo que não é evidente. Faz-se necessário estudar os fatores humanos, organizacionais e ambientais para controlar os riscos. Estes fatores estão em um ambiente de difícil identificação e, portanto, por comum são ignorados. Assim, para investigar a falha nos sistemas que envolvem tecnologias, produtos, e pessoas é importante identificar os sinais do comportamento humano, organizacional e ambiental. Os sinais indicam a existência da falha e suas intensidades aumentam a probabilidade de que a falha existe e quais os seus possíveis impactos. Para conseguir elaborar a análise do risco operacional e dinâmico deve-se construir um banco de dados de sinais e relacionar com o acidente (evento topo).

Os processos industriais foram projetados para valorizar a elaboração do produto em relação às matérias-primas entrantes. Pensar no produto é estabelecer os padrões de produção nos processos para atingir a especificação do produto. É necessário ter qualidade para vender o produto em massa. Mas com as restrições de recursos naturais é necessário integrar a produção do produto com as utilidades e os efluentes. A indústria precisa usar menos fluidos de transferência de energia e promover a troca direta de energia entre equipamentos e processos, este assunto indica projetos de intensificação de processos.

Segundo ÁVILA et al (2012), a sustentação do negócio em longo prazo requer a projeção das condições futuras de existência do negócio onde se compara oferta e demanda dos recursos e fatores de produção. Esta técnica muito utilizada na área ambiental passa a ser estudada para projetar competências, ativos, e materiais. Na área ambiental se estuda qual a disponibilidade de água para a existência do negócio e qual a capacidade de recepção de CO<sub>2</sub> pela atmosfera terrestre com a queima de combustível. Na investigação sobre competências se elabora uma projeção das competências demandadas pela atividade industrial em longo prazo e as competências ofertadas pelo mercado. Por outro lado, quanto a ativos, se elabora a disponibilidade para produção destes equipamentos com a demanda no projeto e a oferta dos ativos durante a operação. Em termos de materiais é feita a comparação em tempo futuro da disponibilidade das matérias-primas. Assim, com a projeção do

futuro (*forecasting*) é possível revisar com ações o presente em andamento (*backcasting*) mudando as disponibilidades dos vários recursos.

Para a consecução destas várias ações é importante analisar a disponibilidade dos conhecimentos nas várias áreas. E sabendo das dificuldades de alcançar o conhecimento adequado para a ação devem-se desenvolver as importantes redes de conhecimento, como: confiabilidade humana, perdas de processo, eficiência energética e equilíbrio ambiental.

## 6. REFERÊNCIAS

ÁVILA, S. F. Grupo de discussão sobre confiabilidade humana aplicada; Rede de Confiabilidade Humana Aplicada RECHA. Período 2008-2013. Disponível em: <avilasalva@gmail.com>. 2009.

ÁVILA, S. F. Etiologia das Anormalidades Operacionais na Indústria. 2010. 298p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

AVILA, S. F. . Dependent Layer of Operation decision analyzes (LODA) to calculate Human Factor, a simulated case with PLG. In: 7th Global Congress on Process Safety CCPS 2011, 2011, Chicago. Abstra, 2011.

AVILA, S. F. ; SOUZA, C. R. O. ; SILVA, C. C. Worker behavior changing by dynamic culture. In: 9th Global Congress on Process Safety, 2013, San Antonio. 9th GCPS, 2013.

AVILA, S. F. Tools to Managerial Control to Mitigate the Dynamic Risk, and Effect of Crisis. In: 9th Global Congress on Process Safety, 2013, San Antonio. 9th GCPS, 2013.

ÁVILA S. F., BARROSO M. P. e QUINTELLA M. C., A Discussion: Human Factors at Risk Assessment. In: RIO PIPELINE CONFERENCE & EXPOSITION. 2011, Rio de Janeiro.

AVILA, S. F. ; LOPES, J. R. N. ; SOUZA, C. R. O. . Strategies to Industry Sustainability. In: WREF 2012 - World Renewable Energy Forum, 2012, Denver. WREF 2012, 2012.

AVILA, S. F. ; PESSOA, F. L. P. ; CELSO F. Core competence building to avoid processes losses. Chemical Engineering Transactions, v. 18, p. 391-398, 2008.

Center for Chemical Process Safety (CCPS). Human Factors Methods for Improving Performance in the Process Industries. Daniel A. Crowl (Editor). ISBN: 978-0-470-11754-5. 248 pages. January 2007.

CUNHA, R. Gestão de Mudanças. <http://www.robertocunha.com.br/site/portfolio/gestao-de-mudanca/>. 2013.

LEES, F.P. The hazard warnings structure of major hazards. Trans IchemE, UK, v. 60a, p. 211-221, 2005.

LLORY, M. Acidentes industriais: o custo do silêncio. Rio de Janeiro. Multiação editorial, 1999. 333 p.

RASMUSSEN, J. Risk management in a dynamic society: A modeling problem. London: Elsevier Safety Science. England. v. 27, n. 2/3, p. 183-213, 1997.

REASON, J. Human error. New York: Cambridge University Press, 2003. 302p.