



O conceito de Fatores Humanos na aviação



DANIELA DE ALMEIDA MARTINS
LILIANA ANDOLPHO MAGALHÃES GUIMARÃES
RUY LANGE FILHO
LEONARDO DA VINCI RIBEIRO SIQUEIRA
DIRETORIA GERAL DE RECURSOS HUMANOS – DGRH – UNICAMP
FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS – FCM - UNICAMP
VARIG LINHAS AÉREAS

Dados estatísticos recentes levantados pela Boeing mostram que 62% dos acidentes aéreos envolvendo aeronaves de grande porte são causados por erro humano (MARQUES, 2004). Estão incluídos neste resultado todos os fatores contribuintes conhecidos: falha de treinamento, estresse, fadiga, desatenção, imprudência, imperícia, negligência, erro de julgamento, falha de planejamento, supervisão deficiente, falta de coordenação entre a tripulação, falhas de comunicação, operação indevida do equipamento e outros.

Do ponto de vista dos Fatores Humanos, não existe a possibilidade de uma operação livre de erros humanos. Por ser a falibilidade humana um fato inegável, diversas teorias foram desenvolvidas para explicar as razões dos diferentes tipos de erro, pois alguns deles podem ser causados por simples incompatibilidade física, como letras impressas que podem ser confundidas quando muito pequenas, enquanto outros podem ser causados por complexos fatores psicológicos ou por certos

tipos de estressores como fadiga e limites de tempo rígidos (HELMREICH, 1998; FAA, 2002).

De maneira concordante, Helmreich, um dos mais importantes estudiosos dos Fatores Humanos na aviação, afirma que, dado que seres humanos operem sistemas complexos, erros ocorrerão e que, sob situações de estresse e/ou sobrecarga de trabalho (ou trabalho monótono, ou sub-carga), a probabilidade de ocorrência de erro pode ser ainda maior (HELMREICH, 1998).

Portanto, o conceito de Fatores Humanos passou a ser de fundamental importância na aviação, especialmente na prevenção de acidentes aéreos, aplicando-se também em outros contextos.

Entretanto, por ter se tornado um termo de uso abrangente, observa-se que o termo Fator Humano para o senso comum tende a significar qualquer aspecto relacionado com seres humanos. Em estudos no referido campo, o termo deve ser operacionalmente definido, evitando-se diferentes entendimentos, o que pode implicar em vários entraves, inclusive de ordem metodológica.

A partir dessa preocupação, buscou-se nesse artigo apresentar um breve histórico do conceito de Fatores Humanos (FH), abordando as principais definições e descrevendo os dois modelos teóricos de FH mais utilizados na aviação.

BREVE HISTÓRICO

O campo de estudos dos FH, segundo a *Federal Aviation Association* (FAA, 2002), tem suas raízes na aviação e em dados e estudos de manutenção bélica. A 2ª Guerra Mundial foi o embrião para a estruturação desse conhecimento em decorrência dos inúmeros acidentes ocorridos e da necessidade de adaptar, então, veículos militares, aviões e demais equipamentos bélicos, às características físicas e psicofisiológicas dos soldados, especialmente em situações de emergência e pânico (VIDAL, 1999).

Segundo a mesma fonte, o primeiro trabalho identificado na área de projeto de equipamentos e desempenho humano foi realizado durante esse período. Havia a preocupação em eliminar certos acidentes relacionados ao projeto do *cockpit* e ao desempenho da tripulação. De fato, a maior parte dos trabalhos pioneiros relacionados ao projeto de equipamentos, treinamento, desempenho humano sob estresse, vigilância e outros tópicos foram conduzidos e publicados no pós-guerra.

A FAA (2002) ressalta ainda que, durante esse período, o rápido aperfeiçoamento dos sistemas técnicos expôs o equívoco de se ignorar a pessoa, isto é, o piloto, no sistema. Erros humanos induzidos pelo sistema, como a leitura errada de altímetros ou a seleção errada dos controles do *cockpit*, foram reduzidos ou eliminados através de uma melhor interface entre piloto-*cockpit*.

Dessa experiência no pós-guerra, principalmente nos EUA e na Inglaterra, os profissionais envolvidos em equipes multidisciplinares (médicos, engenheiros e psicólogos) decidiram continuar essa empreitada, voltando-se, com sucesso, para a produção da indústria civil (VIDAL, 1999).

Nos EUA, segundo a FAA (2002), o campo de estudos sobre os FH foi reconhecido em 1957, durante a fundação e o primeiro encontro da *Human Factors Society*. Já na Europa, um campo profissional paralelo, conhecido como Ergonomia, já vinha se desenvolvendo havia ao menos uma década. Na Inglaterra, a *Ergonomics Research Society*, atualmente conhecida como *The Ergonomics Society*, foi criada em 1947. Dentro desse movimento nasceu a corrente da Ergonomia denominada de Engenharia de FH (*Human Factors Engineering – HFE*) (VIDAL, 1999).

Os profissionais americanos da área de FH tinham como foco inicial os elementos relacionados ao desempenho humano, que incluíam alguns componentes psicológicos. Já a corrente da Ergonomia se concentrava mais nos aspectos biomecânicos e biofísicos do trabalho. Entretanto, ambas buscavam uma melhor conformação da interface entre pessoas e sistemas técnicos (FAA, 2002).

Segundo Vidal (1999), os principais tratados de Ergonomia, tendo como abordagem dominante a do HFE, foram produzidos nos anos 60, sendo os mais representativos os de Woodson e Conover (EUA), em 1966, e Grandjean (Suíça), em 1974.

Posteriormente, nos EUA, a *Human Factors Society* mudou seu nome para a *Human Factors and Ergonomics Society*, fazendo com que ambos os termos (FH e ergonomia) passassem a ser utilizados de maneira alternada, como, por exemplo, o faz a FAA (FAA, 2002).

Observa-se então que as principais ferramentas utilizadas em FH foram desenvolvidas entre a década de 40 e 50. Dentre essas, a análise e a investigação de erros auxiliou os engenheiros a focar a elaboração de projetos voltados para o trabalhador. Já a análise da tarefa proporcionou a elaboração de um procedimento sistemático para a compreensão e a previsão de incompatibilidade entre operador-sistema que fosse capaz de levar a erros (MAURÍÑO, 2004, p. 13).

Segundo o autor acima citado, inúmeras pesquisas quantitativas acerca das capacidades humanas físicas e mentais levaram ao desenvolvimento de uma vasta base de dados e de princípios específicos de projetos. Dessa maneira, a notável redução de acidentes aéreos nas últimas 4 décadas se deve, em parte, à redução sistemática do erro do piloto, através da aplicação dos conceitos e das técnicas baseadas no estudo dos FH.

CONCEITO

Segundo a *International Civil Aviation Organization* (ICAO, 2003, p.1-1), o elemento humano é “*a parte mais flexível, adaptável e valiosa dentro do sistema aeronáutico, mas é também a que está mais vulnerável às influências externas que poderão vir a afetar negativamente o seu desempenho*”.

Como a maior parte dos acidentes e incidentes aéreos resulta de um desempenho humano menor do que o “ótimo”

necessário, surgiu uma tendência a atribuí-los meramente ao erro humano. Entretanto, o termo “erro humano” é de pouca ajuda para a prevenção de acidentes e incidentes aéreos. Apesar de ele indicar ONDE o colapso do sistema ocorreu, ele não oferece respostas precisas sobre COMO ele ocorreu.

De maneira geral, o conceito de Fator Humano tende a ser identificado como um ramo da Medicina por conta da tradição de estudos iniciais realizados na aviação, que o relacionavam com os efeitos, nas pessoas, do ruído, do calor, do frio, da vibração e da aceleração. Entretanto, seu alcance e significado é muito mais complexo e amplo (FAA, 2002).

Na aviação, o estudo do Fator Humano abarca todos os aspectos do comportamento e desempenho humanos: a tomada de decisões e outros processos cognitivos; o projeto dos instrumentos e das cabines de pilotagem; as comunicações e o suporte lógico dos computadores; mapas, cartas, manuais de operações de aeronaves; *check list*, entre outros, transformando-se numa ciência multidisciplinar por natureza (ICAO, 2003).

Para HAWKINS (1993), a atenção aos FH busca proporcionar os melhores resultados possíveis da relação entre as pessoas e as suas atividades, através de uma aplicação sistemática das Ciências Humanas, integrada aos conceitos da Engenharia de Sistemas. Seus objetivos são a garantia da eficiência do sistema que inclui a segurança, a eficiência e o bem-estar do indivíduo, tendo como ponto de partida de análise as interações entre os indivíduos, os grupos e as organizações às quais pertencem, e as interações entre as organizações que constituem o sistema da aviação.

Para a ICAO (2003), o conceito de Fator Humano **refere-se ao estudo das capacidades e das limitações humanas oferecidas pelo local de trabalho**. É o estudo da interação humana em suas situações de trabalho e de vida: entre as pessoas e as máquinas e equipamentos utilizados, os procedimentos escritos e verbais, as regras que devem ser seguidas, as condições ambientais ao seu redor e as interações com as outras pessoas. Todos esses aspectos podem influenciar no comportamento no trabalho de maneira a poder afetar a saúde e a segurança.

Na aviação, segundo a FAA (2002), esse conceito envolve um conjunto de cuidados médicos, pessoais e biológicos para uma ótima operação da aeronave, a manutenção aeronáutica e o controle de tráfego aéreo, o que compreende um esforço multidisciplinar com o objetivo de gerar e compilar informações sobre a potencialidade e a limitação humana, aliando estas informações aos equipamentos, sistemas, procedimentos, tarefas, ambiente, treinamento e gerenciamento, buscando assim alcançar a segurança e a performance humana efetiva.

O ponto crucial acerca dos FH reside no fato de que as pessoas não devem ser consideradas de maneira isolada de outros componentes, dado que todos estão em interação, tornando impossível que se mude um aspecto do sistema sem considerar seus efeitos nos outros elementos.

Dessa maneira, na definição do FAA (2002), o Fator Humano é o estudo do ser humano como parte central de qualquer sistema:

- **identificando** suas capacidades e limitações para, posteriormente, adaptá-las conforme os demais componentes do sistema;
- **quantificando** o desempenho humano através de medidas como tempo, unidades de trabalho, segurança, erro, e mudanças necessárias relacionadas a uma situação específica;
- **projetando ou modificando** os sistemas de acordo com as necessidades identificadas, buscando o melhor desempenho humano possível.

Como consequência desses procedimentos, a atenção operacional aos FH pode elevar a eficiência, a produtividade e a segurança no ambiente aeronáutico, o que se traduz em controle de custo e segurança contínua (ICAO, 2003).

Dessa maneira, na prevenção e na investigação de acidentes aéreos deve-se considerar o avião (equipamento), o ser humano que o opera, projeta, fabrica e faz sua manutenção, o meio e as condições em que a atividade se desenvolve (condições atmosféricas, cabine de pilotagem, meio social, familiar e laboral em que vive e trabalha) – ou seja, o trinômio o **HOMEM** – o **MEIO** – a **MÁQUINA** que constitui a base e o objeto de toda a atividade de prevenção.

PRINCIPAIS MODELOS TEÓRICOS EM FH

Um dos modelos que possibilita uma compreensão gráfica da necessidade de se ajustar os componentes envolvidos na atividade aérea é o **Modelo SHELL**, desenvolvido inicialmente por Edwards, em 1972, modificado posteriormente por Hawkins, em 1975 (ICAO, 2003), como abaixo:

S – simboliza *Software* (suporte lógico)
H – simboliza *Hardware* (equipamento, máquina)
E – simboliza *Environment* (ambiente)
L – simboliza *Liveware* (elemento humano)

FIGURA 1 – Representação gráfica do modelo SHELL
Fonte: ICAO (2003, p. 1-7)

O modelo SHELL é representado por um diagrama de blocos (figura 1) baseado nas iniciais de seus componentes, tendo o homem (*liveware*) como o elemento central. As interfaces entre cada componente (S - H - E) são vinculadas ao componente L (o elemento humano), devem adaptar-se e ajustar-se a ele, e não envolvem as interfaces que se encontram fora dos FH (máquina - máquina, máquina - ambiente, suporte lógico - máquina).

O elemento humano (*liveware*) é o componente mais crítico e flexível no sistema. Apesar das pessoas estarem sujeitas a consideráveis variações em termos de desempenho e sofrerem muitas limitações, grande parte desses fatores são atualmente previsíveis. As margens dos blocos desenhados (as áreas de contato entre os componentes do modelo) não são simples e retas, portanto, os outros componentes do sistema devem ser cuidadosamente combinados entre si se algum estressor ou colapso eventual tiver que ser evitado, pois uma falha nessa combinação poderá ser uma importante fonte de erro humano.

Segundo a ICAO (2003), para que se alcance esse encadeamento é essencial que haja uma compreensão das características do componente central - o homem - quanto a:

- a) Tamanho físico e forma
- b) Necessidades físicas
- c) Características de *input* - O aparelho sensorio humano é capaz de coletar informações do mundo a sua volta, capacitando as pessoas a responder aos eventos externos e a realizar as tarefas necessárias. Entretanto, todos os sentidos estão sujeitos à deterioração por uma razão ou outra.
- d) Processamento de informações - Essa capacidade humana possui limitações relevantes. Projetos de instrumentos e de sistemas de alerta precários resultaram freqüentemente de uma falha em considerar as

potencialidades e as limitações do sistema de processamento de informações humano.

- e) Características de *output* – Assim que a informação é percebida e processada, mensagens são enviadas aos músculos para iniciar a resposta desejada, que pode ser desde um movimento objetivando o controle físico até o início de alguma forma de comunicação.
- f) Tolerância ambiental – Temperatura, pressão, umidade, barulho, hora do dia, claridade e escuridão podem interferir no desempenho e no bem estar de uma pessoa. A altura, os espaços confinados e um ambiente de trabalho monótono ou estressante podem influenciar no desempenho humano.

A partir dos aspectos acima descritos, os demais componentes do modelo se relacionam e se adaptam a esse componente central como a seguir (FAA, 2002; ICAO, 2003):

- Elemento Humano – Máquina: é a interface mais freqüentemente considerada e relaciona-se com os ajustes da máquina ao corpo humano (assento, telas, controles, etc). Entretanto, por uma característica natural do homem de se adaptar aos desajustes, é possível encobrir-se uma deficiência nesse sistema, mas isso não eliminará a sua existência. Erros podem advir da má localização ou da identificação inadequada de botões e alavancas, por exemplo, o que justifica a importância da análise dessa relação desde o início do projeto de um sistema.
- Elemento Humano – *Software* (Suporte Lógico): envolve o ser humano e os aspectos não físicos do sistema, tais como procedimentos, apresentação geral dos manuais e *check lists*, símbolos e programas de computador. Os problemas nessa interface não são objetivos e são de difícil solução, podendo resultar da má interpretação de mapas confusos, de documentação enga-

nosa ou composta por excessivos elementos, incluindo a automação.

- Elemento Humano – Ambiente: foi uma das interfaces que primeiro se reconheceu na aviação. As medidas adotadas inicialmente visavam garantir a adaptação do ser humano ao ambiente (capacetes, trajes de vôo, macacão anti-G², máscaras de oxigênio, entre outros). Posteriormente, buscou-se adaptar o ambiente ao homem (pressurização e sistema de ar condicionado, isolamento acústico). Hoje, as preocupações incluem também as conseqüências das concentrações de ozônio e de radiação em vôos de altitude, alteração do ritmo circadiano em viagens transcontinentais, erros de percepção provocados por condições metereológicas, aspectos organizacionais, o contexto político e econômico da empresa aérea e suas restrições.
- Elemento Humano – Elemento Humano: é a interface que envolve as relações interpessoais entre as equipes de trabalho, sendo relevantes aspectos como liderança, cooperação, trabalho em equipe, interação de personalidades, relações de trabalho. A tripulação, os controladores de tráfego aéreo, os engenheiros e técnicos de manutenção e os demais profissionais operacionais funcionam como um grande grupo, e a influência grupal exerce importante papel na determinação de comportamentos e de desempenho. É nessa interface que atuam os programas de gerenciamento de recursos de cabine, como, por exemplo, o CRM, incluindo a cultura corporativa, o clima organizacional, as pressões em funcionamento dentro da empresa, que são capazes de afetar significativamente o desempenho humano.
- Outro modelo de FH de grande relevância para a aviação é o Modelo de Gerenciamento de Erros, desenvolvido pelo inglês James Reason, que inicialmente concebe a indústria aeronáutica como um sistema de produção complexo, interativo e organizado. Nesse modelo, Reason analisa o modo como os seres humanos

contribuem para as falhas desse sistema a ponto de produzir um acidente aeronáutico.

- Dessa maneira, para o autor, um acidente é causado por uma série de fatores múltiplos contribuintes, que se formam através de uma cadeia de eventos (falhas latentes em interação com falhas ativas) que rompem as barreiras defensivas (REASON, 2000). As barreiras defensivas seriam então os filtros desenvolvidos pelas organizações com o objetivo de remover, minimizar ou proteger-se de danos operacionais.
- Dentro desse enfoque, para se compreender os fatores causais de um acidente dentro da cadeia de eventos deve-se considerar inicialmente o tipo de falha (REASON, 1995; 2000; 2002):
- FALHAS ATIVAS – São os atos inseguros de efeito imediato, geralmente cometido por operadores, em contato direto (na “linha de frente”) com o sistema (pilotos, controladores de tráfego aéreo, entre outros). Podem assumir diferentes formas: falha, lapso, perda, engano e violações de conduta.
- FALHAS LATENTES – São os elementos patogênicos que residem no sistema. Ficam latentes por muito tempo e demoram a se manifestar, até que se combinam com algum erro ativo que cria a oportunidade de ocorrência de um acidente, dependendo das defesas existentes. Estão ligados a decisões equivocadas ou falhas cometidas por profissionais que não estão necessariamente presentes nem no local nem na hora em que o acidente ocorre (fabricante, decisões gerenciais e manutenção). Essas decisões estratégicas possuem o potencial de introduzir os elementos patogênicos no sistema e, por sua característica latente, podem ser identificadas e remediadas antes da ocorrência de um evento adverso, o que permite uma atitude pró-ativa no gerenciamento do erro. Entretanto, a maioria dos erros latentes só é descoberta quando uma defesa falha.

REASON (2000) escolheu a imagem gráfica do “queijo suíço” (figura 2) para explicar seu modelo, inspirado na “teoria dos dominós” desenvolvida por Heinrich, que representaria a trajetória do acidente através das camadas defensivas do sistema.

FIGURA 2 – O modelo do “queijo suíço” de Reason
Fonte: Reason (2000, p. 769).

Segundo LIBERMAN (2004), a imagem de um mundo “ideal” seria representada pelas sucessivas camadas defensivas que permaneceriam intactas e assim impediriam a penetração de possíveis acidentes. Entretanto, no mundo “real” as camadas de defesa apresentam fraquezas ou “buracos” que se movimentam dinamicamente em resposta às ações dos operadores do sistema.

Na imagem do “queijo suíço”, as falhas ativas causam acidentes quando combinadas com rupturas nas camadas de defesa. As falhas latentes são “janelas” nas defesas do sistema que, ao se combinarem com falhas ativas, criam uma trajetória de oportunidades de acidente através de algumas ou de todas as camadas protetoras do sistema. São estas janelas alinhadas nas várias defesas que constituem um evento. Dessa maneira, os caminhos das falhas ativas e latentes se juntam

para criar trajetórias completas ou parciais de oportunidades de acidentes (REASON, 2000).

Para REASON (1995), as falhas humanas, mais do que as técnicas, representam a maior ameaça a sistemas complexos e potencialmente perigosos. Isso ocorre porque os problemas relacionados aos FH são produto de uma corrente de causas na qual os fatores psicológicos individuais (desatenção momentânea, esquecimento, entre outros) são os elos últimos e menos gerenciáveis. Preocupações ou distrações são condições necessárias para se cometer deslizes e lapsos. Além disso, sua ocorrência é quase impossível de se prever ou controlar efetivamente. O mesmo pode ser dito dos fatores associados ao esquecimento. Dessa maneira, estados mentais que contribuem para o erro são extremamente difíceis de serem gerenciados; podem acontecer para as melhores pessoas a qualquer tempo.

Além disso, as pessoas nunca agem isoladamente. Seus comportamentos são moldados pelas circunstâncias. O mesmo vale para os erros e violações. A probabilidade de um ato inseguro ser cometido é altamente influenciada pela natureza da tarefa e pelas condições do trabalho. Isso, por sua vez, é produto dos fatores organizacionais. Ganhos significativos em segurança podem ser alcançados através de pequenas modificações nos equipamentos e no local de trabalho. Por outro lado, treinar as pessoas para trabalhar em equipe custa pouco e traz avanços relevantes para o desempenho humano na aviação.

A partir do acima exposto pode-se entender que o acidente (ou o quase-acidente³) ocorre dentro de um determinado contexto, que não pode ser desprezado na análise dos fatores contribuintes, partindo assim de uma perspectiva global e sistêmica da situação, considerando todas as variáveis (REASON, 2002).

A alta incidência da chamada 'falha pessoal' nas conclusões das investigações quanto às causas dos acidentes aeronáuticos mostra, claramente, que a identificação do Fator Humano é mais complexa do que se imagina.

A crescente literatura sobre a cultura de segurança e a proliferação de instrumentos desenvolvidos para mensurá-la

(WIEGMANN *et al.*, 2003) aponta para a importância das variáveis organizacionais como condições latentes importantes para a ocorrência dos erros.

Para WIEGMANN & SHAPPELL (1997), as diversas classificações de erros utilizadas na indústria aeronáutica enfatizam o papel organizacional assim como as variáveis individuais. As últimas apresentam graves desvantagens para a prevenção de acidentes, pois focalizam os erros nos indivíduos, que são culpados por falhas como o esquecimento, a falta de atenção ou a fraqueza moral.

Numa perspectiva de análise sistêmica, FOGARTY (2004) atesta que os modelos descritivos sobre as causas de acidentes sugerem que o indivíduo erra por causa de elementos organizacionais patogênicos latentes, capazes de criar condições nas quais as fraquezas humanas são expostas desnecessariamente. Dessa maneira, aceita-se conceitualmente que é a interação de variáveis organizacionais e individuais que leva ao erro.

Além disso, segundo MAURÍÑO (2004), com o desenvolvimento do conceito e da compreensão do Fator Humano, evoluiu-se para a noção de que acidentes são causados através de falhas no sistema em lugar do mau comportamento individual.

Dessa maneira, a evolução do conceito de FH transformou as relações de trabalho na aviação, trazendo uma nova consciência acerca da importância das relações entre Homem – Meio – Máquina e dos fatores organizacionais envolvidos, o que culminou na criação de um modelo de treinamento conhecido como CRM (*Crew Resource Management*).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FEDERAL AVIATION ASSOCIATION (FAA). FAA Research 1989 - 2002/*Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection/ Human Factors Guide for Aviation Maintenance*. Publicação do Human Factors on Aviation Maintenance and Inspection (HFAMI) web site. 2002. Disponível em: <<http://hfskyway.faa.gov/HFAMI/lpext.dll/FAA%20Research%201989%20-%202002/Infobase/1a4?fn=main-j-hfami.htm&f=templates>> Acesso em: janeiro de 2005.

FOGARTY, G. The role of organizational and individual differences variables in aircraft maintenance performance. *International Journal of Applied Aviation Studies*, v. 4, n. 1, p. 73-90, 2004.

HAWKINS, F. H. *Human factors in flight*. Aldershot : Ashgate, 1993.

HELMREICH, R.L. Error management as organizational strategy. In: *Proceedings of the IATA Human Factors Seminar*. Bangkok, Thailand, April 20-22, p. 1-7, 1998.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). *Human Factors Guidelines for Aircraft Maintenance Manual (Doc 9824)*. Montreal, Canadá: ICAO, 2003. Disponível em: <<http://www.icao.int/ANB/humanfactors/Documents.html>> Acesso em: fevereiro 2005.

LIBERMAN, F. Repensando a instrução do CRM. In: PEREIRA, M.C. (Org.) *Voando com o CRM: da filosofia operacional técnica à filosofia interativa humana*. Recife: Comunigraf Editora, 2004. p. 138-155.

MARQUES, E. Fator humano. In: INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL (IFI). *Seminário Internacional de Fator Humano*. 6 e 7 de outubro, 2004, CTA: São José dos Campos.

MAURIÑO, D. Prefácio. In: PEREIRA, M.C. (Org.) *Voando com o CRM: da filosofia operacional técnica à filosofia interativa humana*. Recife: Comunigraf Editora, 2004. p. 13-17.

REASON, J. Understanding adverse events: human factors. *Qual. Health Care*, v. 4, n. 2, p. 80-9, 1995.

REASON, J. Human error: models and management. *British Medical Journal*, n. 320, p. 768-770, 2000.

REASON, J. Combating omission errors through task analysis and good reminders. *Qual. Saf. Health Care*, n. 11, p. 40-44, 2002.

VIDAL, M.C. Introdução à *ergonomia*. Apostila utilizada pelo curso de Especialização em *Ergonomia Contemporânea da UFRJ*. 1999. Disponível em: <<http://www.gente.ufrj.br/ceserg/arquivos/erg001.pdf>> Acesso em: maio 2004.

WIEGMANN, D.A. *et al.* Development and initial validation of a safety culture survey for commercial aviation. Technical Report AHFD-03-3/FAA-03-1, Federal Aviation Administration, Atlantic City International Airport, NJ, 2003.

WIEGMANN, D.A. & SHAPPELL, S.A. Human error analysis of commercial aviation accidents: application of the Human Factors Analysis and Classification system (HFACS). *Aviat. Space Environ. Med.*, v. 72, n. 11, p. 1006-16, 2001.