

O Layout do Painel do C-130 Modernizado e sua Influência na Operação Segura da Aeronave: uma análise ergonômica

The Updated C-130 Layout Panel and its Influence in the Aircraft Safety Operation: an ergonomic analysis

El Diseño del Panel del C-130 Modernizado y su Influencia en la Operación Segura de la Aeronave: un análisis ergonómico

*Capitão Aviador Fábio Luiz Barbosa Rastelli^{1,2}

1 Chefe da Subseção de Programação e Coordenação do Material do 1º Esquadrão do 1º Grupo de Transporte (1º/1ºGT)

2 MBA em Gestão Pública pela Universidade Federal Fluminense (UFF)



C-130 Hercules

Recebido: 20/07/2009

Revisado: 18/10/2009

Aceito: 28/10/2009

¹Autor: Capitão Aviador Fábio Luiz Barbosa Rastelli, formado na Academia da Força Aérea (AFA) em 1997, aluno do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais 2008 e do MBA em Gestão Pública pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Contato: rastelliflb@hotmail.com.

RESUMO

A tecnologia de automação encontrou na aviação um campo fértil para seu desenvolvimento. Esse desenvolvimento chegou às aeronaves C-130 da Força Aérea Brasileira por meio do programa de modernização das dez aeronaves adquiridas da Aeronáutica Militar Italiana, tendo seu início em 2005. O objetivo deste trabalho foi verificar se a modernização da aeronave C-130 atende aos princípios ergonômicos para uma perfeita interação homem-máquina, visando, sobretudo a operação segura da aeronave, e considerando que a pilotagem ou o piloto são os principais fatores na causa de acidentes. De forma a alcançar esse objetivo, foi adotada uma metodologia de natureza descritiva, por meio de pesquisa documental e bibliográfica. Por intermédio de um aprofundamento teórico sobre o assunto buscou-se avaliar a influência ergonômica com base em dois aspectos: adequabilidade da posição do EFIS *control panel* para a pilotagem, em condições de voo por instrumentos, e adequabilidade da posição dos instrumentos de *backup*. Para isso, foram descritos os equipamentos incorporados na aeronave pela modernização, detalhando suas funções e localização na cabine. Foram também coletados dados sobre os fatores ergonômicos relacionados com a automação e o voo, buscando embasamento de como deveria ser um *cockpit* bem desenhado e os problemas que podem ocorrer caso isso não seja observado. Foram identificadas, nesses dois equipamentos, probabilidades de perda da consciência situacional e aparecimento de ilusões visuais ou desorientação espacial no piloto. Esses pontos foram listados e comentados como forma de contribuir para os operadores da aeronave e aos demais esquadrões da Força Aérea Brasileira que passam pelo mesmo processo. A partir da análise qualitativa dos dados, à luz das teorias estudadas, foi possível concluir que os locais de instalação dos novos equipamentos estavam influenciando negativamente a pilotagem, podendo gerar riscos à segurança de voo e que a não observância dos princípios ergonômicos em ambiente automatizado pode fragilizar a segurança de voo.

Palavras-chave: C-130. Modernização de aeronave. Ergonomia. Automação.

ABSTRACT

The automation technology found in Aviation a fertile field for its development. This development reached the Brazilian Air Force C-130 aircraft through the modernization program of the ten aircraft acquired from the Italian Air Force, with its beginning in 2005. The objective of this study was to determine whether the modernization of the C-130 meets the ergonomic principles for a perfect human-computer interaction, aiming mainly at the safe operation of aircraft, and considering the piloting or the pilot as the main factor in the cause of accidents. In order to achieve this goal, we adopted a descriptive methodology, through desk research and literature. Through a thorough theoretical study on the subject, it was possible to evaluate the ergonomic influence based on two aspects: the suitability of the position of EFIS control panel for the pilot, under instrument flight, and adequacy of the position of the backup instruments. To do that, the equipment incorporated in the aircraft for modernization were described, detailing their role and location in the cabin. Data on ergonomic factors related to automation and the flight were also collected, in order to seek a well-designed cockpit and the problems that may occur if that is not observed. In these two devices, probable loss of situational awareness and the appearance of visual illusions or spatial disorientation in the pilot were identified. These points were listed and discussed as a contribution to the operators of the aircraft and the other Brazilian Air Force squadron passing through the same process. From the qualitative data analysis in the light of the theories, it was possible to conclude that the local installation of new equipment were negatively impacting the piloting, which may pose risks to flight safety. It was also concluded that the failure in observing the ergonomic principles in automated environment can undermine the safety of flight.

Keywords: C-130. Modernization of aircraft. Ergonomics. Automation.

RESUMEN

La tecnología de automatización encontró en la aviación un campo fértil para su desarrollo. Ese desarrollo llegó a las aeronaves C-130 de la Fuerza Aérea Brasileña por medio del programa de modernización de las diez aeronaves adquiridas de la Aeronáutica Militar Italiana, teniendo su inicio en 2005. El objetivo de ese trabajo fue verificar si la modernización de la aeronave C-130 atende a los principios ergonômicos para una perfecta interacción hombre-máquina, visando, sobretudo la operación segura de la aeronave, y considerando que el pilotaje o el piloto son siendo el principal factor en la causa de accidentes. De forma a alcanzar ese objetivo, fue adoptada una metodología de naturaleza descriptiva, por medio de investigación documental y bibliográfica. Por intermedio de una profundización teórica sobre el asunto se buscó evaluar la influencia ergonômica con base en dos aspectos: adecuación de la posición del EFIS *control panel* para el pilotaje, en condiciones de vuelo por instrumentos, y adecuación de la posición de los dos instrumentos de *backup*. Para eso, fueron descriptos los equipajes incorporados en la aeronave por la modernización, detallando sus funciones y localización en la cabina. Fueron también colectados datos sobre los factores ergonômicos relacionados con la automatización y el vuelo, buscando embasamiento de como debería ser un *cockpit* bien diseñado y los problemas que pueden ocurrir caso eso no sea observado. Fueron identificadas, en esos dos equipamientos, probabilidades de pérdida de la conciencia situacional y aparición de ilusiones visuales o desorientación espacial en el piloto. Esos puntos fueron listados y comentados como forma de contribuir para los operadores de la aeronave y a las demás escuadras de la Fuerza Aérea Brasileña que pasan por el mismo proceso. A partir del análisis cualitativo de los datos, bajo las teorías estudiadas, fue posible concluir que los locales de instalación de los nuevos equipamientos estaban influenciando negativamente el pilotaje, pudiendo generar riesgos a la seguridad de vuelo y que la no observancia de los principios ergonômicos en ambiente automatizado puede fragilizar la seguridad del vuelo.

Palabras-clave: C-130. Modernización de aeronave. Ergonomía. Automación.

INTRODUÇÃO

Nos anos de 2002 e 2003, a Força Aérea Brasileira (FAB) adquiriu dez aeronaves C-130 (Hércules) da Aeronáutica Militar Italiana (AMI). Essas aeronaves, apesar de estarem em excelente estado, possuíam aviônicos obsoletos e inconfiáveis para certos tipos de missão.

Nessa mesma época, a FAB implementava um programa de reaparelhamento de sua frota, adquirindo aeronaves de última geração como o Airbus ACJ, o helicóptero H-60 (*Black Hawk*) e o EMBRAER-145 (C-99). Outros programas cuidavam da revitalização de aeronaves, como por exemplo, o F-5.

Neste contexto, em 2005, teve início um programa para a modernização das dez aeronaves C-130 adquiridas da AMI, dotando-as de equipamentos que se equiparam aos mais modernos empregados na aviação mundial. Com isso os operadores desta aeronave passaram a utilizar o conceito de *glass cockpit*, definição para o desenho da cabine de uma aeronave baseado em mostradores digitais controlados por computador. Além da mudança para um ambiente digital, aumentou-se o grau de automação da aeronave.

O “*glass cockpit*” é um eufemismo para *Electronic Flight Instrument System* (EFIS) – *cockpit* com sistema de instrumento de voo eletrônico. Utilizam telas e displays de computador para informações de voo, avisos e parâmetros dos motores (MARTINS, 2002, p.122).

A automação foi desenvolvida inicialmente com o intuito de aumentar a precisão e a economia das operações aéreas e, ao mesmo tempo, reduzir a carga de trabalho do operador (BILLINGS, 1997). Mas, na prática, constatou-se que certos erros cometidos por operadores diminuíram consideravelmente, porém surgiram alguns novos erros intimamente ligados à automação.

Segundo Billings (1997), esses novos erros surgiram porque havia uma interdependência entre a tecnologia embarcada e as respostas do seu operador. Portanto, até então, só era possível atingir um dos benefícios da automação. Isto mostrou que era necessária uma nova abordagem sobre o assunto, agora se levando em conta a interação homem-máquina. Em outras palavras, a automação deveria evoluir dando mais atenção aos fatores humanos – automação centrada nos fatores humanos ou na ergonomia.

E nesse foco, como não há registros de que houve uma análise ergonômica do *layout* dos equipamentos instalados na aeronave modernizada, questionou-se entre pilotos de C-130 se o *layout* da cabine da aeronave

modernizada estaria adequado para a operação segura da aeronave.

Para tal, buscou-se verificar se novo *layout* dos equipamentos modernizados da aeronave C-130 estaria causando uma influência ergonômica negativa na pilotagem.

Assim, foram analisadas as posições de dois equipamentos: (1) o *Electronic Flight Instruments System* (EFIS) *Control Panel* – Painel de controle do Sistema Eletrônico de Instrumentos de Voo, equipamento onde são inseridos os dados e também são selecionadas as informações que serão apresentadas nas telas do ND (*Navigation Display* – Tela de Navegação) e do PFD (*Primary Flight Display* – Tela de Voo Primário) e (2) os instrumentos de *backup*, que são equipamentos eletromecânicos instalados para possibilitar o voo no caso de falha elétrica no EFIS. Foram escolhidos estes dois equipamentos por terem sido as “novidades”, em termos de instalação, na cabine das aeronaves modernizadas.

A averiguação desses fatores foi realizada buscando observar se o posicionamento dos instrumentos citados gera alguma influência negativa para a segurança de voo, possibilitando ações por parte dos operadores da aeronave com o intuito de evitar incidentes ou acidentes. Além disso, mostrou-se útil também para verificar se há necessidade de mudança do *layout* para a segunda fase do processo de modernização das aeronaves C-130, com o início previsto ainda para 2009.

Foi utilizada para esta pesquisa a seguinte definição de voo por instrumentos:

Instrument Flight Rules (IFR) ou regras de voo por instrumentos é o conjunto de regulamentos e procedimentos que se aplicam à pilotagem de aeronaves quando as condições de voo não asseguram que o piloto possa ver e evitar obstáculos ou outro tráfego aéreo, seja devido às condições meteorológicas ou outro fenômeno que provoque restrição de visibilidade. Opõe-se à situação VFR (*Visual Flight Rules* - Regras de Voo Visual) em que o piloto é o principal responsável por ver e evitar obstáculos ou tráfego (CENIPA, 2008).

O objetivo deste trabalho é verificar se a modernização da aeronave C-130 atende aos princípios ergonômicos para uma perfeita interação homem-máquina, visando, sobretudo a operação segura da aeronave, e considerando a pilotagem ou o piloto como sendo o principal fator na causa de acidentes.

Para que a análise pudesse ser devidamente sustentada, buscou-se o aprofundamento nas bases teóricas da automação do voo e a sua interação com os fatores ergonômicos envolvidos.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como não foram encontradas evidências de estudos feitos na Força Aérea Brasileira para avaliar ergonomicamente a instalação dos equipamentos digitais na aeronave C-130, procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica visando o aprofundamento teórico do problema e sua relação com o que foi investigado.

Segundo a Organização de Aviação Civil Internacional (OACI, 1992), a progressiva automação das aeronaves tem produzido máquinas cada vez mais seguras e econômicas. Porém, análises realizadas no mesmo órgão identificaram que novos erros (falhas humanas) surgiram, causando diversos acidentes em todo o mundo nos últimos anos. Este fato alertou as autoridades ligadas à segurança de voo e levou muitos pesquisadores ao estudo deste assunto.

Inúmeras pesquisas realizadas mundialmente no âmbito da aviação civil demonstraram que, independente do tipo de aeronave, tripulação ou missão, o fator humano é o responsável por cerca de 80% dos acidentes e incidentes aeronáuticos (OACI, 1992).

Segundo Billings (1997), a automação foi desenvolvida com o intuito de aumentar a precisão e a economia nas operações aéreas e, ao mesmo tempo, reduzir a carga de trabalho do operador. Isso foi considerado possível criando um sistema que requeira pouca ou nenhuma intervenção desse operador, reduzindo ou eliminando a chance do erro humano dentro do sistema. Porém, investigações sobre o impacto da introdução de tecnologias automatizadas no *cockpit* mostraram que essa associação não estava correta, havendo respostas e atividades altamente interdependentes nos complexos sistemas desenvolvidos.

Como resultado desta interdependência somente um dos benefícios da automação havia sido atingido. Com isso, certos tipos de acidentes diminuíram, certamente devido à introdução de auxílios automatizados. Por outro lado, vários acidentes e um grande número de incidentes têm sido associados ou causados pela interação entre a automação e o operador (BILLINGS, 1997).

Billings (1997) defende ainda em sua obra que uma nova abordagem quanto à automação deveria ser feita. Denominada *Human-Centered Approach* (automação centrada no humano ou nos fatores humanos, ou ainda na ergonomia), esta visão estimula uma maior interação homem-máquina, visando o controle e o gerenciamento das aeronaves e do tráfego aéreo.

Em outras palavras, a automação deveria evoluir, dando mais atenção aos fatores humanos, ou seja, adaptando-se ergonomicamente para o operador, o qual

seria o ponto onde o sistema poderia falhar (BILLINGS, 1997).

A *International Ergonomics Association* (2008) define Ergonomia (ou Fatores Humanos) como a disciplina científica que trata da compreensão das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema, visando aperfeiçoar o bem estar humano e a performance global dos sistemas.

Através da disciplina, os domínios de especialização representam profundas competências em atributos humanos específicos e características das interações humanas entre si e destes com os sistemas, quais sejam:

a) **ergonomia física** - no que concerne às características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica em sua relação à atividade física. Os tópicos relevantes incluem a postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios músculo-esquelético relacionados ao trabalho, “*layout* de postos de trabalho”, segurança e saúde;

b) **ergonomia cognitiva** - no que concerne aos processos mentais, tais como percepção, memória, raciocínio, e resposta motora, conforme afetam interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Os tópicos relevantes incluem carga mental de trabalho, tomada de decisão, interação homem-computador, stress e treinamento conforme estes se relacionam aos projetos envolvendo seres humanos e sistemas;

c) **ergonomia organizacional** - no que concerne à otimização dos sistemas sócio-técnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e processos. Os tópicos relevantes incluem comunicações, gerenciamento de recursos de tripulações (CRM - domínio aeronáutico), projeto de trabalho, projeto participativo, ergonomia comunitária e trabalho cooperativo.

Baseados nisso, vários estudos foram desenvolvidos visando encontrar formas de eliminar ou amenizar os chamados “novos erros”.

A automatização das informações dentro do *cockpit* foi introduzida para aliviar a carga de trabalho do piloto quando lidando com situações anormais (BILLINGS, 1997). Mas isso pode aumentar a carga cognitiva do piloto.

Para Billings (1997) alguns aspectos deveriam ser enfaticamente considerados para que a automação não trouxesse prejuízos para a segurança. Os principais seriam considerar que o operador deve estar sempre no comando; o sistema automatizado deve prover apropriados *feedbacks* para auxiliar o piloto em suas funções; a automação existe para auxiliar o piloto a

cumprir suas responsabilidades; sistemas automatizados devem ser previsíveis; deve haver uma perfeita interação homem-máquina para que os sistemas operem adequadamente.

Para isso, as informações deveriam ser organizadas nos *Multifunction Displays* (MFD) considerando sempre seus requisitos e tarefas de uso. Além das informações, os equipamentos também deveriam ser organizados de forma a otimizar sua capacidade em relação ao seu propósito (BILLINGS, 1997, p.131).

Considerou-se para este estudo o seguinte conceito para *layout*:

A **configuração de instalação** (em inglês *layout*) estabelece a relação física entre as várias atividades. O *layout* pode ser simplesmente o arranjar ou o rearranjar das várias máquinas ou equipamentos até se obter a disposição mais agradável (MUTHER, 1978, p.14).

1.1 FATORES QUE LEVAM AO DESASTRE DO COCKPIT

Segundo Martins (2002), os fatores ergonômicos influenciam, em todos os aspectos, a atividade a bordo das modernas aeronaves. Seja através da ergonomia física, cognitiva ou organizacional, sempre haverá a presença de pelo menos um fator que poderá trazer conseqüências indesejáveis para a aeronave e sua tripulação, caso não seja adequadamente observado e tratado.

De acordo com Sumwalt (1987), a *Flight Safety Foundation* identificou dez fatores que podem ser reveladores de uma cadeia de erros. Dentre eles, destacou-se:

a) Fixação ou preocupação: a atenção da tripulação está dirigida para um só item, evento ou conclusão, com a conseqüente exclusão de todas as outras atividades de cabine;

b) Ninguém voando o avião: isto pode ser resultado do primeiro indício, fixação ou preocupação, mas pode também ocorrer em condições rotineiras de voo;

c) Ninguém olhando para fora: com o uso de sofisticados computadores de controle de bordo, existe a possibilidade de ambos os pilotos estarem com o avião em voo invertido. Chama-se desorientação espacial;

1.1.1 A DESORIENTAÇÃO ESPACIAL

O corpo humano possui um sistema de orientação que funciona perfeitamente quando este se encontra na superfície da terra. Porém, como o homem não foi feito para voar como os pássaros, este sistema de orientação apresenta falhas quando o consideramos para o voo (TEMPORAL, 2005).

A orientação do corpo humano baseia-se, principalmente, na visão para o correto funcionamento.

Em voo, a visão do meio exterior nem sempre está presente, pois podemos voar entre as nuvens (TEMPORAL, 2005).

Quando perdemos a visão para nos orientar durante o voo, nosso organismo passa a se basear no sistema vestibular para prover a necessária orientação espacial. Porém, este sistema pode ser facilmente enganado, surgindo assim a desorientação espacial (TEMPORAL, 2005).

Segundo Dehart (1996, p.354 – tradução nossa), “uma ilusão é uma falsa percepção. Uma ilusão orientacional (desorientação espacial) é uma falsa percepção de uma posição ou movimento da aeronave em relação à superfície da terra”. As ilusões em voo são classificadas naquelas que resultam, primariamente, da perda de percepção visual e naquelas que envolvem os erros do sistema vestibular.

O aparelho vestibular, uma parte do ouvido interno, é composto de três canais semicirculares e dos órgãos otolíticos. Ambos os ouvidos estão igualmente dotados, tendo cada um deles órgãos otolíticos (o sáculo e o utrículo) e um conjunto de canais semicirculares (TEMPORAL, 2005).

Os canais semicirculares são estimulados pelas acelerações angulares (rotações). Estes canais estão cheios de líquido, denominado endolinfa, que se move em relação às paredes dos canais quando as acelerações angulares se aplicam à cabeça (TEMPORAL, 2005).

“A principal e mais mortal das ilusões vestibulares é a ilusão de Coriolis ou efeito de Coriolis. É uma falsa percepção que surge através de uma estimulação não usual dos canais semicirculares do ouvido interno” (DEHART, 1996, p.389 – tradução nossa).

1.1.2 O LAYOUT DO COCKPIT E OS INSTRUMENTOS DE VOO

Segundo Dehart (1996), a manipulação de aparelhos localizados em partes “obscuras” do *cockpit* requer que o piloto deixe de observar os instrumentos de voo, além de exigir o movimento de cabeça para baixo a fim de observar os dígitos do equipamento. Isto o deixa potencialmente sujeito à ilusão de Coriolis.

Uma forma particular deste fenômeno experimentada pelos pilotos ocorre durante o voo por instrumentos em aeronaves com uma relativa alta performance. Isto porque acontece na conjunção de um grande movimento da cabeça para baixo com as condições de uma prolongada velocidade angular constante. Normalmente, o efeito consiste de uma sensação de rolagem e/ou descida repentina, ocorrendo após o piloto desviar sua atenção dos instrumentos e mover sua cabeça para ver algum *display* ou interruptor na cabine. Esta ilusão é especialmente mortal porque é

mais comum aparecer durante uma aproximação por instrumentos, uma fase do voo em que a altitude está sendo perdida rapidamente e as ações na cabine requerem, repetidamente, que o piloto desvie sua atenção dos instrumentos principais de voo (DEHART, 1996, p. 549).

Billings (1997) afirma que os desenvolvedores de cabines de aeronaves (*designers*) devem ter a consciência de que a instalação dos principais equipamentos, além dos mais utilizados, em posição de fácil acesso e visualização minimiza o potencial de ocorrência de desorientação espacial.

Outra afirmação de Billings (1997) é que a localização dos instrumentos de voo é muito importante. Eles devem ser instalados à frente do piloto. O indicador de atitude (horizonte artificial), que é o primeiro a prover a orientação espacial, deve ser instalado no centro do conjunto de instrumentos de voo. Quando este princípio não é respeitado, o potencial para a desorientação espacial aumentará.

A consciência situacional pode ser definida como: a percepção precisa dos fatores e condições que afetam uma aeronave e sua tripulação durante um período determinado de tempo (MARTINS, 2002). É a perfeita sintonia entre a situação percebida pela tripulação e a situação real.

Essa percepção é afetada por diversos fatores, tais como: estresse, inexperiência, conflito interpessoal, expectativas, fadiga, desinteresse, distração, carga de trabalho e complacência (MARTINS, 2002).

Para o perfeito entendimento sobre a abordagem do assunto analisado neste trabalho, torna-se necessária o detalhamento dos passos, bem como dos instrumentos de voo analisados, visando uma avaliação correta e precisa do problema proposto.

2 METODOLOGIA

O trabalho foi dividido em três fases: fundamentação teórica, descrição dos equipamentos objetos de análise e análise qualitativa de dados.

A fundamentação teórica, também considerada como a coleta dos dados, foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica em obras de estudiosos sobre a automação de aeronaves, e a interação homem-máquina relacionada ao tema. Foram utilizados ainda compêndios e relatórios oficiais elaborados pela *Federal Aviation Administration* (FAA - 1996). Esses dados referem-se aos fatores relacionados com a automação e sua influência na carga de trabalho do piloto, além daqueles ligados com a ergonomia do *cockpit*.

Essa coleta foi necessária para elucidar quais são os fatores que podem levar um *cockpit* ao desastre, ou seja,

aqueles que influenciam na pilotagem e são capazes de levar um piloto a cometer erros.

A descrição dos equipamentos foi feita com base em pesquisa nos manuais editados pela empresa contratada para a modernização da aeronave, *Aeronautics Corporation of America* (2005), com a finalidade de apresentar os componentes e possibilitar a posterior identificação de pontos de vulnerabilidade do sistema num contexto de interação com o piloto.

Em seguida, foram confrontados os dados levantados da bibliografia com os equipamentos instalados nas aeronaves C-130 modernizadas.

De maneira à melhor direcionar a pesquisa, levantou-se a seguinte hipótese:

As posições do EFIS *CONTROL PANEL* e dos instrumentos de *backup*, no painel do C-130 modernizado, apresentam deficiências ergonômicas que afetam a operação segura da aeronave, principalmente em condições de voo por instrumentos.

Inicialmente analisou-se a posição do EFIS *control panel* em relação ao preconizado por Dehart (1996). Este autor trata sobre os problemas fisiológicos inerentes ao voo, detalhando-os e abordando os fatores que podem gerá-los. Dentre estes fatores, o autor trata sobre os movimentos da cabeça do piloto em relação ao posicionamento (*layout*) dos equipamentos na cabine. Além disso, para possibilitar a análise foram utilizadas também teorias de Billings (1997), autor que estudou os processos de automação de aeronaves e propôs novos métodos, baseados no operador (ser humano), para adequar as novas tecnologias aos seus usuários (pilotos).

Durante o processo de análise sobre *design* ou *layout* de cabines, propondo arranjos ideais e mostrando os problemas advindos da inadequação dos cockpits automatizados, utilizou-se, além dos estudos de Billings (1997), a orientação da FAA (1996) sobre o assunto.

Para esta pesquisa adotou-se a definição de ergonomia da *International Ergonomics Association* (2008), por ser o órgão oficialmente reconhecido no assunto em tela.

Quanto ao objeto de estudo e espaço temporal, delimitou-se ao estudo das dez aeronaves C-130 modernizadas para a FAB, no período de 2005 a 2007, pela empresa *Aeronautics Corporation of America*.

3 A MODERNIZAÇÃO DA AERONAVE C-130 E OS FATORES ENVOLVIDOS

A OACI (1992) define a automatização (ou modernização) como o controle automático da fabricação de um produto através de etapas sucessivas; uso de equipamento automático para poupar esforço

físico e mental. Neste contexto e visando delimitar o estudo foram analisados dois equipamentos: o EFIS *control panel* e os instrumentos de *backup*.

3.1 O EFIS CONTROL PANEL (ECP)

Este equipamento situa-se atrás do pedestal das manetes, sendo em número de dois, um para cada piloto. Nele, estão localizados todos os comandos utilizados pelo piloto para selecionar aquelas informações que ele deseja mostrar ou omitir no *Navigation Display* (ND) e no *Primary Flight Display* (PFD), que são as telas através das quais, o piloto visualiza todas as informações necessárias para a condução da aeronave (ASTRONAUTICS CORPORATION OF AMERICA – ACA, 2005).

Cada EFIS *control panel* é composto por seis *knobs* (interruptores) idênticos, cada um com suas funções próprias, além de onze botões principais, destinados a selecionar as informações que serão mostradas no ND e no PFD (ACA, 2005).

A operação do ECP é intensificada em fases críticas do voo como procedimento de subida e procedimento de descida, sendo esta última, a fase de maior utilização.

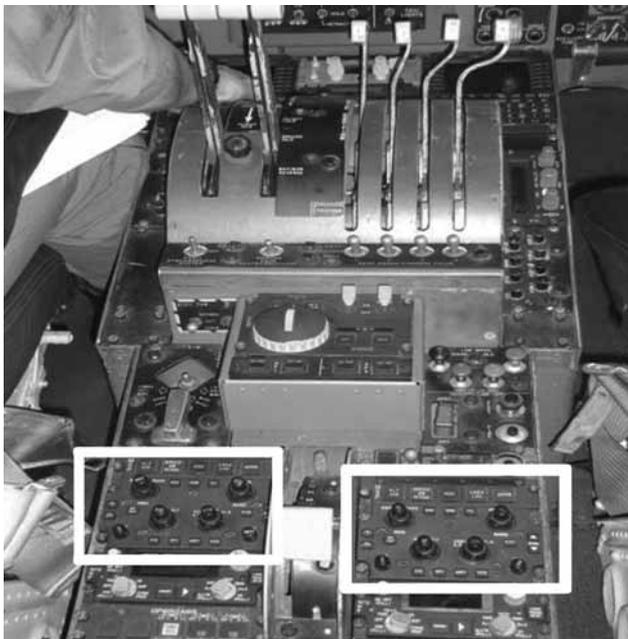


Figura 1: Posição dos EFIS *control panel*.

3.2 OS INSTRUMENTOS DE BACKUP (STANDBY INSTRUMENTS FLIGHT)

Segundo Billings (1997) toda aeronave deveria ter ao menos um conjunto de instrumentos de controle de voo (*backup flight instruments*) diretamente acima ou ao lado do painel de instrumentos de voo do piloto, de modo que fiquem dentro da varredura visual normal,

permitindo que todas as discrepâncias possam ser prontamente observadas. Este conjunto deve ser composto de diretor de atitude (*attitude director indicator*), horizonte artificial (*attitude indicator*), altímetro (*altimeter*) e velocímetro (*airspeed indicator*), nas aeronaves estudadas, este conjunto é composto pelos três últimos instrumentos citados.

Patterson (2000) e Alexanderson (2003), especialistas em segurança de voo, defendem a idéia de que estes principais instrumentos devem estar duplicados no painel principal, com o objetivo de garantir a segurança em caso de falha de energia para os EFIS.

4 A ANÁLISE DA MODERNIZAÇÃO DO C-130 DA FAB

Para analisar a possibilidade de ocorrência de problemas de ordem fisiológica, devido à posição onde estão instalados os EFIS *control panel* (ECP), foram realizadas observações dos movimentos que o piloto necessita para operar o equipamento em questão.

A figura 2 mostra o movimento que o piloto realiza, normalmente, quando é necessário selecionar no ECP alguma das informações a serem apresentadas nas telas do EFIS. Percebe-se um giro de cabeça de mais de 90°, com total abandono visual do painel e de todas as informações necessárias à operação segura da aeronave.



Figura 2: Movimento do piloto para operar o ECP

Este movimento torna-se necessário devido aos *knobs*, em número de seis, cada um com funções próprias e diferentes, serem idênticos. Caso o piloto tente operá-los sem olhar para os mesmos (utilizando o tato), este pode selecionar informações que não eram as desejadas para aquele momento. A utilização de interruptores de tamanho e/ou formato diferentes de acordo com a sua função já reduziria este problema.

A operação do ECP é intensificada em fases críticas do voo – procedimento de subida e procedimento de descida, sendo esta última, a fase de maior utilização. Com isso, quando voando em condições de voo por instrumento, num procedimento de descida para o pouso, esses movimentos constantes poderão causar a ilusão de Coriolis no piloto (DEHART, 1996).

Em seus estudos, Dehart (1996) afirma que a operação de certos equipamentos em que o piloto é obrigado a deixar de observar os instrumentos de voo, além de exigir o movimento de cabeça para baixo a fim de observá-lo, torna este piloto potencialmente sujeito à ilusão de Coriolis.

A localização ideal para o ECP seria numa posição à frente do piloto, próxima dos instrumentos de voo. Neste caso, próximo aos EFIS. Sobre este assunto Billings (1997) afirma que um painel de instrumentos bem desenhado tem o indicador de atitude localizado diretamente à frente do piloto, e os outros instrumentos arranjados ao redor dele. Rádios e outros equipamentos freqüentemente manipulados e observados devem ficar próximos aos instrumentos de voo. Isto irá minimizar a interrupção da varredura destes por parte do piloto, além de prevenir os movimentos de cabeça que podem induzir a desorientação espacial.

Cabe ressaltar que os momentos onde o piloto passa a operar o ECP mais vezes, em menor espaço de tempo, são aqueles onde a aeronave está mais próxima do solo.

Como comentado anteriormente, um dos dez fatores que são potenciais causadores de acidentes ou incidentes é o “ninguém olhando para fora”. Isto pode ocorrer quando ambos os pilotos estão envolvidos com tarefas devido ao uso dos sofisticados computadores de controle de bordo. Este fator pode levar a tripulação à perda da consciência situacional devido a uma alta carga de trabalho cognitivo.

Conforme já esclarecido, outro fator considerado importante nesta análise diz respeito à posição dos instrumentos de *backup* e a sua adequabilidade ergonômica quanto à operação segura das aeronaves C-130, objetos deste estudo.

Os instrumentos de *backup* instalados nas aeronaves C-130 modernizadas formam um conjunto único composto de velocímetro, indicador de atitude (horizonte artificial) e altímetro. Estão instalados no centro do painel, sobre a moldura deste. A figura 3 mostra essa posição.

Até o momento, não houve relatos, por parte dos operadores da aeronave, de algum evento em que foi necessário utilizar os equipamentos de *backup* para o voo devido a uma falha elétrica dos EFIS. Porém, é consenso



Figura 3: Posição dos instrumentos de *backup* no painel.

entre os pilotos que operam a aeronave, que este conjunto de equipamentos atrapalha a condução normal de um voo em virtude da posição que ocupam no painel da aeronave. Foram relatadas situações nas quais houve uma quase colisão com pássaros e outras onde o piloto não conseguiu visualizar uma segunda aeronave que aparecia no Sistema de Alerta de Tráfego e Prevenção de Colisão (TCAS), tudo isso porque esses pássaros ou esses tráfegos ficaram “escondidos” atrás dos equipamentos de *backup*.

Segundo McFarland (1986) e Billings (1997), o piloto deve ter um amplo alcance de visão externa, pois ele não tem pontos de referência fixos em seu campo de visão fora do *cockpit* enquanto o avião está sendo manobrado em altas velocidades. Nos pousos e decolagens ele deve ter uma adequada visão das pistas e do aeroporto em geral. Em áreas de grande densidade de tráfegos, o piloto deve ser capaz de estar alerta para outras aeronaves.

Para Billings (1997) toda aeronave deveria ter ao menos um conjunto de instrumentos de controle de voo (*backup flight instruments*) na parte superior ou lateral do painel de instrumentos de voo do piloto, de modo que fiquem dentro da varredura visual normal, permitindo que todas as discrepâncias possam ser prontamente observadas.

Billings (1997) afirma também que a localização dos instrumentos de voo é muito importante. Eles devem ser instalados à frente do piloto. O indicador de atitude (horizonte artificial), que é o primeiro a prover a orientação espacial, deve ser instalado no centro do conjunto de instrumentos de voo. Quando este princípio não é respeitado, o potencial para a desorientação espacial aumentará.

Um outro aspecto importante a ser lembrado é que o piloto possui um modelo mental formado para a aeronave. A necessidade de voar olhando para um instrumento básico de voo, que não está na sua varredura visual normal, irá causar um acréscimo de carga de trabalho cognitiva (BILLINGS, 1997). Em outras palavras, irá causar um desconforto neste piloto, pois o mesmo não está acostumado a voar olhando instrumentos básicos de voo que não estejam a sua frente.

Martins (2002) afirma que “os olhos do piloto e sua concentração mental devem ser focados em apenas um ou dois lugares durante as fases críticas do voo, como a decolagem e o pouso, ou durante uma emergência em voo”. Estes dois lugares são:

- a) nos instrumentos do voo e/ou;
- b) na visão da janela do *cockpit*.

Os sistemas de controle e os procedimentos de voo (normal e anormal) que requerem dos pilotos o desvio do olhar para fora de qualquer um destes dois lugares, em estágios críticos do voo, são armas potenciais que podem conduzir à própria morte.

Na confusão inicial associada com uma emergência inesperada durante o voo, é essencial que ambos os pilotos concentrem seu foco de atenção em voar o avião, preferencialmente muito acima da terra. Este procedimento requer que ambos os pilotos monitorem seus respectivos instrumentos de voo, especialmente em condições de voo por instrumentos devido a problemas meteorológicos – *Instrument meteorological conditions (IMC)*. (MARTINS, 2002, p.203).

Em caso de necessidade real de uso dos equipamentos de *backup*, deve-se lembrar que a aeronave estará em condição de voo anormal, pois eles serão efetivamente utilizados em caso de falha elétrica nos EFIS.

Baseando-se nos aspectos relacionados, à luz da teoria de Billings (1997) sobre automação, centrada nos fatores humanos ou na ergonomia, pode-se inferir que a posição dos instrumentos de *backup*, no painel do C-130 modernizado, é inadequada quanto à ergonomia para a pilotagem, pois os equipamentos estão instalados em uma posição imprópria na cabine. Isto pode gerar desconforto, desorientação espacial (ilusões visuais), além de atrapalhar a visualização externa por parte dos pilotos. Enfim, está em desacordo com a teoria de Billings (1997), uma vez que há evidências de que os aspectos ergonômicos não foram predominantes no desenvolvimento do painel ou na escolha do local de instalação na cabine.

CONCLUSÃO

Não foram encontradas evidências de estudos feitos na Força Aérea Brasileira para avaliar ergonomicamente

a instalação dos equipamentos modernizados na aeronave C-130.

Os atuais conceitos de automação apontam para uma maior valorização para os fatores humanos quando na elaboração de projetos de cabines e painéis, de maneira a se reduzir a carga cognitiva das tripulações, bem como da realização de movimentos desnecessários ou danosos à operação segura de uma aeronave.

A posição em que se encontra instalado o EFIS *control panel* obriga o piloto a realizar movimentos de cabeça que possibilitam o surgimento da ilusão de Coriolis e potencializam a ocorrência de incidentes ou acidentes, principalmente quando sob condições de voo por instrumentos.

Da mesma forma, a posição dos instrumentos de *backup*, no painel do C-130 modernizado, é inadequada quanto à ergonomia para a pilotagem, pois na posição em que os equipamentos estão instalados, os mesmos podem gerar desconforto, desorientação espacial (ilusões visuais), além de reduzir a visualização externa por parte dos pilotos. Enfim, vai de encontro aos estudos de Billings (1997), pois os aspectos ergonômicos para a escolha do local de instalação na cabine não foram adequadamente considerados.

Conclui-se, portanto, que o EFIS *control panel* e os instrumentos de *backup* estão instalados em posições que não atendem aos aspectos ergonômicos, uma vez que contribuem para a ocorrência de movimentos e esforços físicos desnecessários, provocando a perda ou diminuição da consciência situacional, exercendo influência negativa na pilotagem e na operação segura da aeronave e, por fim, fragilizando a segurança de voo.

Por fim, recomenda-se o aprofundamento desta pesquisa, bem como a sua realização com aeronaves que passaram ou que irão passar por processos de modernização semelhantes na FAB, a fim de estimular outros trabalhos voltados para a avaliação dos aspectos ergonômicos de suas “novas” aeronaves.

Devemos aceitar que a segurança das operações aéreas não é o produto de fatores isolados, mas sim de uma concatenação de elementos em um sistema. Além de reconhecer que o erro da tripulação não é mais que uma sintonia de uma inclinação sistêmica de difícil diagnóstico. Isso nos fará efetuar um cheque preventivo da saúde deste sistema, a fim de atingir a tão perseguida segurança de voo (PATTERSON, 2000, p. 82).

REFERÊNCIAS

ALEXANDERSON, E. *Human error in aviation*. School of Aviation. Lund University, 2003.

ASTRONAUTICS CORPORATION OF AMERICA. **C-130 Maintenance manual supplement for C-130 avionics modernization program**. Milwaukee, 2005.

BILLINGS, C. E. **Aviation automation: the search for a human-centered approach**. Ohio: Lawrence Erlbaum, 1997.

BRASIL. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Voo por Instrumentos**. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <<http://www.cenipa.aer.mil.br>>. Acesso em: 22 ago. 2008.

DEHART, R. L. **Fundamentals of aerospace medicine**. 2. ed. California: Williams & Wilkins, 1996.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **The Interfaces Between Flightcrews and Modern Flight Deck Systems**. FAA, 1996. Disponível em: <<http://www.faa.gov>>. Acesso em: 26 ago. 2008.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. **ERGONOMIA**. Disponível em: <<http://ergonomics-iea.org>>. Acesso em: 26 ago. 2008.

MARTINS, E. T. **Ergonomia na aviação: um estudo crítico da responsabilidade dos pilotos na causalidade dos acidentes**. Recife: UFPE, 2002.

McFARLAND, R. A. **Human factors in air transport design**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1986 (na obra: London).

MUTHER, R. **Planejamento do layout: sistema SLP**. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.

ORGANIZAÇÃO DE AVIAÇÃO CIVIL INTERNACIONAL. **Consecuencias operacionales de la automatización en los puestos de pilotaje de tecnología avanzada**. Montreal: [s.n.] 1992.

PATTERSON, A. **Aspects of aircraft design that enhance safety**, 2000. Disponível em: <http://www.vision.net.au/~apaterson/aviation/aircraft_design.htm>. Acesso em: 02 set. 2008.

SUMWALT, R. **Fatores humanos**, 1987. Disponível em: <<http://www.airsafetygroup.com.br>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

TEMPORAL, W. et al. **Medicina Aeroespacial**. Rio de Janeiro: Luzes, 2005.