



A SEGURANÇA DE VÔO EM HELICÓPTERO

José Maia

Transcrito da revista *BISAFO* (Boletim Informativo Segurança de Aviação em Foco) — Marinha Brasileira.

RISCO RELATIVO, A MEDIDA CERTA DE SEGURANÇA DE VÔO

Historicamente, o enfoque de segurança em aviação tem sido reduzir as causas de acidentes. Esta idéia engloba itens tais como: melhores projetos das aeronaves, duplicidade de sistemas, estruturas à prova de falhas, melhoria nos procedimentos, treinamento dos pilotos e regulamentos mais rigorosos. Será que a segurança de vôo está relacionada somente com não se ter acidentes ou está também relacionada com assegurar que os ocupantes das aereo-

naves não se machuquem? A grande preocupação de todos nós que voamos, tripulamos ou passageiros é saber que chances temos de não morrer ou ser feridos. Esta nossa conversa mostra essa preocupação e fornece os meios de se avaliar o risco relativo. Será discutido também o risco relativo entre helicópteros e aeronaves de asa fixa de emprego geral. Serão discutidos ainda os meios de se reduzir ainda mais os riscos relativos, bem como os implementos disponíveis para sobrevivência em acidentes e que foram incorporados aos helicópteros atuais.

O QUE É SEGURANÇA DE VÔO

Desde o início, segurança de vôo está diretamente ligada com a não existência de acidentes. O dicionário aurélio define acidente como a “ocorrência de acontecimento inesperado ou proveniente de causas desconhecidas” e segurança é definida como a “condição de se estar livre de ser acidentado ou sofrer ferimento, dano ou perda”. Note que a definição de segurança nem sequer menciona “não ter um acidente”. Temos de admitir que estar livre de sofrer danos é uma aspiração muito pessoal de cada um de nós.

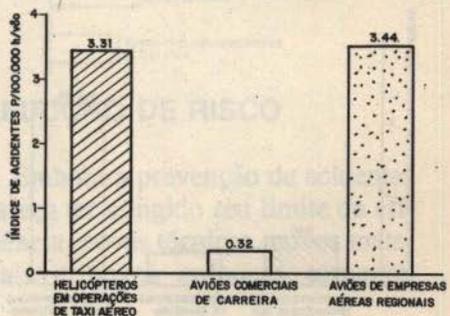
NÍVEIS DE SEGURANÇA

Primeiro vejamos quais são os três níveis de segurança em aviação. O *primeiro nível* tem sido e continuará a ser prevenir a ocorrência de uma emergência. Isto é “prevenção de acidente” em sua forma mais simples. É claro que não podemos prevenir a ocorrência de todas as emergências. Assim sendo caímos no *segundo nível* que é minimizar os efeitos de uma emergência. Neste nível se enquadram os implementos e as medidas adotadas nos helicópteros, tais como: inércia do rotor para auto-rotação, estrutura à prova de falha, sistema hidráulico duplo e treinamento dos pilotos em procedimentos de emergência. Todos os fabricantes e operadores de helicópteros têm feito e

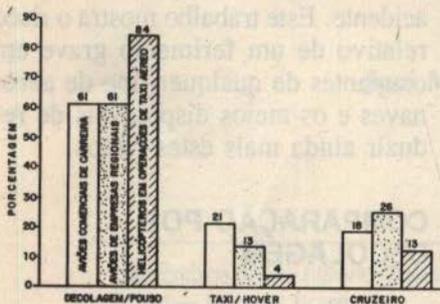
continuarão fazendo todo o possível para aperfeiçoar estes dois níveis. Infelizmente, o elemento humano (pilotos, mecânicos e supervisão) pode anular todas as medidas de segurança de vôo, por isso o *terceiro nível* será minimizar as conseqüências de um acidente. Este trabalho mostra o risco relativo de um ferimento grave em ocupantes de qualquer tipo de aeronaves e os meios disponíveis de reduzir ainda mais estes riscos.

COMPARAÇÃO POR DECOLAGEM

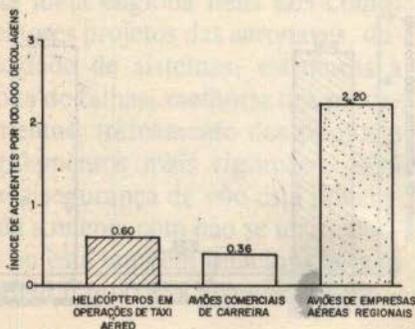
Comparar segurança de vôo entre tipos de aeronaves com característica muito diferentes é extremamente difícil. Qualquer comparação significativa tem de partir de um ponto ou uma base comum aos tipos que estão sendo estudados. Por exemplo, uma comparação com base em horas voadas, entre helicópteros que fazem táxi aéreo, aviões comerciais de carreira e aviões de empresas aéreas regionais mostra que os helicópteros se comparam com os aviões que operam em companhia regional (Figura 1). Uma vez que a maioria dos acidentes de



vôo ocorrem por erro humano, a fase de vôos que indica o maior índice de acidente é por ocasião dos pousos e decolagens. Esta fase é responsável por de 61 a 84% dos acidentes. O menor índice de acidentes ocorre na fase do vôo de cruzeiro (Figura 2).



Convém registrar que embora o menor número de acidentes ocorre durante o vôo de cruzeiro, é nesta fase que se acumula o maior número de horas de vôo. Pelo exposto podemos concluir que o número de decolagens, como um denominador comum, é o melhor indicador para comparação entre aeronaves de tipos totalmente diferentes. Isso mostra que se tomando por base 100.000 decolagens o número de acidentes entre helicópteros e aviões comerciais de linhas regulares regionais (Figura 3).



Uma vez que a maioria das estatísticas sobre segurança de vôo é baseada em número de horas voadas, passaremos d'agora por diante a utilizar, como base, *horas voadas*.

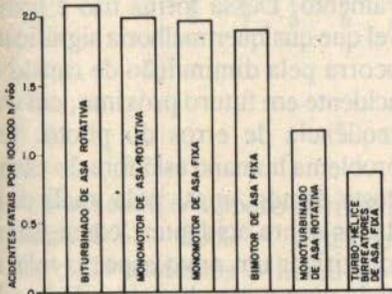
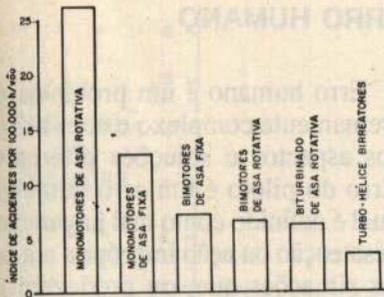
ASA ROTATIVA VERSUS ASA FIXA

Os dados sobre acidentes fornecidos pela Comissão Nacional de Segurança de Vôo e pela Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos serão analisados, a fim de determinar o risco relativo aos diferentes tipos de aeronaves de asa rotativa e de asa fixa.

Na figura 4 aparece o índice de acidentes em cada 100.000 horas de vôo de algumas aeronaves de asa rotativa e de asa fixa.

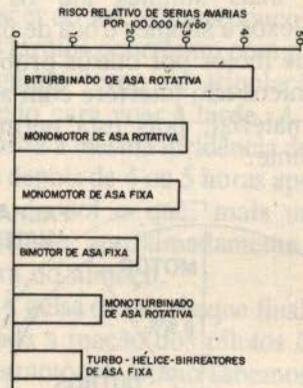
Como se pode ver os três piores índices são os dos monomotores convencionais. A este grupo seguem-se os aviões bimotores convencionais, os helicópteros monoturбина, os helicópteros biturbinas e os aviões turbo-hélice. O índice de comparação da frequência de acidentes é baseado nos danos materiais e não necessariamente nos danos pessoais que é o lado negativo da segurança de vôo.

Considerando os acidentes mais sérios nos quais pelo menos uma fatalidade ocorre, a Figura 5 mostra o índice de acidentes por 100.000 horas de vôo, por tipo de aeronave. Observa-se que a frequência de acidentes é bem menor do que os da figura 4. Os cinco primeiros tipos de



aeronaves com os maiores índices são mais ou menos do mesmo nível e constitui a camada mais alta. A faixa abaixo é de cerca da metade da faixa superior e inclui helicópteros monoturбина, e os turbo-hélice bireatores. Este gráfico no índice de acidente fatal é apenas um indicador de segurança de vôo. Ele não faz diferença entre uma ou duas pessoas potencialmente expostas a morte numa aeronave pequena e 15 ou mais pessoas numa aeronave maior expostas a risco. É óbvio que quanto maior for o número de pessoas expostas ao risco, maior será a probabilidade de um acidente fatal. Para se levar isso em conta deve-se considerar a percentagem de acidentados graves em relação ao número de ocupantes expostos a danos potenciais.

Os dados até agora disponíveis nos permitem determinar risco relativo de acidentes graves RSI. Um ferimento grave constitui danos maiores na cabeça, no pescoço, no corpo, no tronco, na espinha e o maior de todos que é a morte. Ferimentos sem risco de vida tais como: um braço, quebrado, é considerado ferimento leve e não é computado. O risco relativo de ferimento grave é a probabilidade de se estar exposto a ferimento (I. E. índice de acidente) multiplicado pela probabilidade de receber um ferimento grave (I. E. número de ocupantes gravemente feridos dividido pelo número total de ocupantes a bordo) considerando que haja exposição a risco. O risco relativo de ferimento grave para estes mesmos tipos de aeronaves aparece na figura 6.



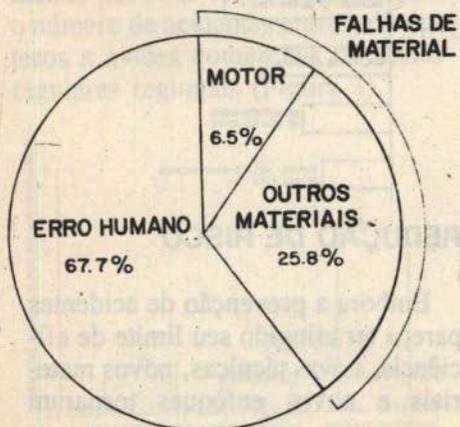
REDUÇÃO DE RISCO

Embora a prevenção de acidentes pareça ter atingido seu limite de eficiência, novas técnicas, novos materiais e novos enfoques tornaram

possível incorporar mais elementos de segurança contra acidentes nos novos projetos de aeronaves.

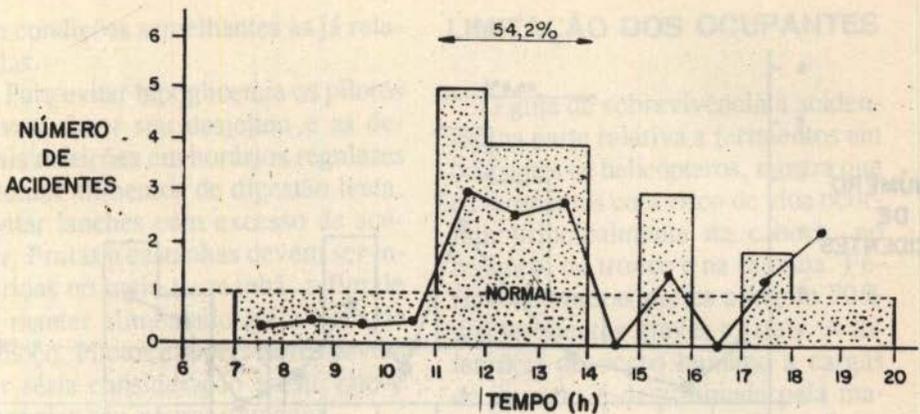
Entretanto, as causas de acidentes nos modelos helicópteros biturbina indicam que dois terços são ocasionados por erros humanos ou relacionados com o mau tempo. A percentagem de cada fator que ocasiona acidente é basicamente o mesmo para os diferentes modelos de helicópteros independentemente de estarem tendo aplicação civil ou militar.

Estes tipos de acidentes continuarão a ocorrer a despeito da redução de falhas do material com consequência do esforço do fabricante. Em vista disso qualquer melhoria significativa do risco relativo deve ser obtida pela redução da chance de danos pessoais. Deve também ser notado na figura 7 que desde os helicópteros mais simples até os mais complexos a simples troca de problemas de motor por outros problemas mecânicos não interfere com a parte não material, pois esta permanece constante.



ERRO HUMANO

Erro humano é um problema extremamente complexo e com inúmeros aspectos e soluções diferentes. Erro do piloto é um erro humano o qual é definido como mal julgamento, desatenção ou ação imprópria em certas situações que, ou produzem um acidente ou contribui para o seu agravamento. Dessa forma não é provável que qualquer melhoria significativa ocorra pela diminuição de causas do acidente em futuro próximo, em consequência de erros do piloto. Este problema humano está fora do escopo deste estudo, mas, pela análise dos dados sobre acidentes, conseguimos identificar um novo aspecto relacionado com o erro humano. Pela pilotagem das horas do dia em que ocorreram erros do piloto em operação e que causam acidentes com helicópteros foi notada uma coincidência curiosa (figura 8). O maior número de acidentes ocorrem antes e durante o almoço, não no fim do dia como seria de esperar se a fadiga do piloto fosse um fator a considerar. Objetivando eliminar a possibilidade de que durante este período uma maior concentração de vôo ocorresse, os dados foram normalizados levando em conta a percentagem de acidentes ocorridos no período de uma hora dividido pelo tempo do vôo no mesmo período de tempo. Por exemplo, se 20% dos acidentes ocorreram entre 10:00 e 11:00 horas da manhã se poderá esperar que 20% das horas fossem voadas no mesmo período.



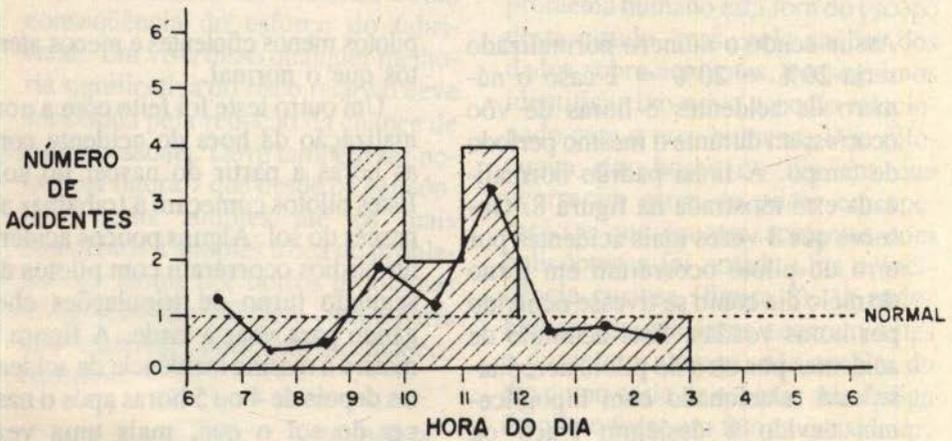
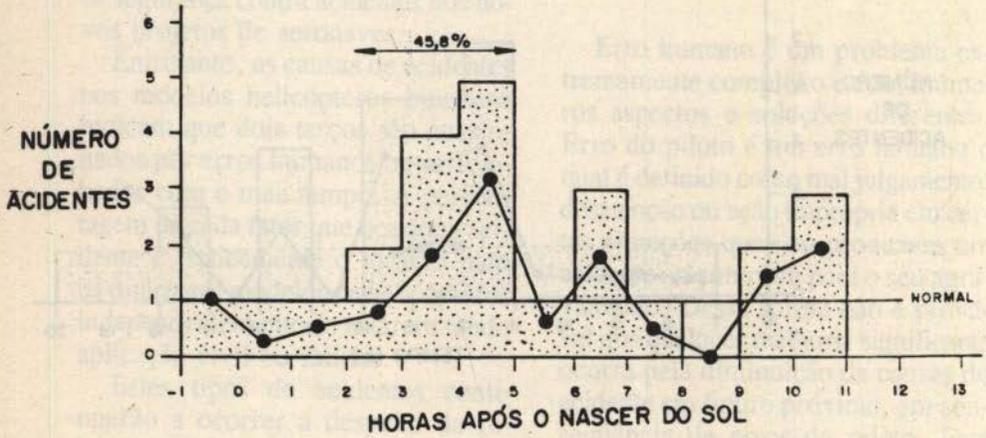
Assim sendo o número normalizado seria $20\% \div 20\% = 1$ caso o número de acidentes e horas de vôo ocorressem durante o mesmo período de tempo. A linha padrão normalizada está mostrada na figura 8. Observe que 3 vezes mais acidentes por erro do piloto ocorreram em torno do meio dia como se tivesse ocorrido por horas voadas. Este acúmulo de acidentes por erro do piloto acredita-se está relacionado com hipoglicemia devido à desjejum fraco ou mesmo falta de desjejum.

Muitos dois pilotos que apóiam as plataformas submarinas moram nas proximidades de seu trabalho. Eles normalmente não se alimentam tão bem como se estivessem em suas próprias casas. Admite-se, sem confirmação científica, que bruscas mudanças de açúcar no sangue, ocasionada por um desjejum fraco ou por se alimentar com lanches com alto teor de açúcar, esteja tornando alguns

pilotos menos eficientes e menos atentos que o normal.

Um outro teste foi feito com a normalização da hora do acidente com as horas a partir do nascer do sol. Estes pilotos começam a trabalhar ao nascer do sol. Alguns poucos acidentes tardios ocorreram com pilotos do segundo turno de tripulações chegando para voar à tarde. A figura 9 mostra a mesma incidência de acidentes depois de 4 ou 5 horas após o nascer do sol o que, mais uma vez, coincide aproximadamente com a hora do almoço.

À guisa de um cheque final foi analisada a reação dos pilotos às falhas dos motores. Como sabemos os motores geralmente falham em função de suas horas de funcionamento, assim sendo as falhas ocorrem com uma certa constância, durante o dia. A única exceção possível seria com falhas que acontecem por ocasião da primeira partida do dia. Definitiva-



mente as falhas dos motores não são afetadas pelo desjejum dos pilotos. A reação normal de um piloto a uma falha de motor no golfo resultará geralmente em um pouso forçado no solo ou em flutuadores sem maiores conseqüências. No caso de uma reação fraca e pouco precisa o resultado

será, com muita probabilidade, um acidente. Observe na figura 10 que o ponto alto de acidentes por falha de motores ocorreu também um pouco antes do almoço. Também neste teste, traçando a normal novamente vemos que há uma incidência de cerca de 3 vezes mais acidentes

em condições semelhantes às já relatadas.

Para evitar hipoglicemia os pilotos devem fazer seu desjejum e as demais refeições em horários regulares e tomar alimentos de digestão lenta. Evitar lanches com excesso de açúcar. Frutas e castanhas devem ser ingeridas no meio da manhã, a fim de se manter alimentado até a hora do almoço. Pilotos e supervisores devem dar séria consideração a este fato e observar seu comportamento.

SOBREVIVÊNCIA A ACIDENTES

Como ficou dito antes, o risco relativo de ferimentos graves pode ser reduzido pelas medidas e equipamentos de segurança de vôo introduzidas nas aeronaves.

ESPAÇO PARA SOBREVIVÊNCIA

A sobrevivência a um acidente requer basicamente quatro itens. O primeiro item é a possibilidade de manter um volume vital no interior da cabine ao final de um acidente. É quase sem sentido se investir em assentos especiais e outros implementos e se ter o teto de fuselagem caído de encontro ao assoalho. É importante se ter uma cabine com espaço onde se possa sobreviver sem ser esmagado pelo colapso da fuselagem.

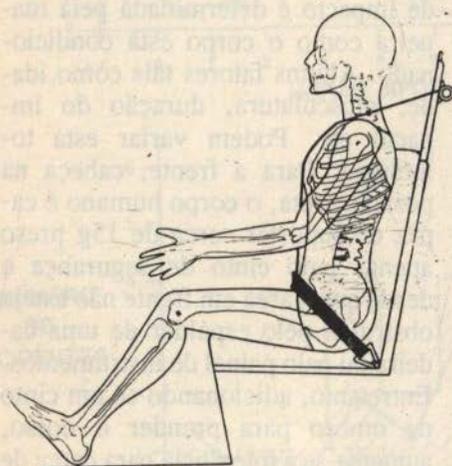
LIMITAÇÃO DOS OCUPANTES

O guia de sobrevivência a acidentes, na parte relativa a ferimentos em ocupantes de helicópteros, mostra que os ferimentos com risco de vida ocorrem principalmente na cabeça, no pescoço, no tronco e na espinha. Ferimentos nestas partes atingem 70% dos ferimentos graves e fatais. A tolerância do corpo humano a cargas de impacto é determinada pela maneira como o corpo está condicionado. Alguns fatores tais como idade; musculatura, duração do impacto etc. Podem variar esta tolerância. Para a frente, cabeça na posição ereta, o corpo humano é capaz de suportar cerca de 15g preso apenas pelo cinto de segurança e desde que a área em frente não esteja obstruída pelo espaldar de uma cadeira ou pelo painel de instrumentos. Entretanto, adicionando-se um cinto de ombro para prender o dorso, aumenta-se a tolerância para cerca de 45g.

Para o ocupante de um helicóptero a direção de impacto mais importante é a vertical no sentido descendente. Com apenas o cinto de segurança a tolerância para o impacto vertical é de 4g. Com o acréscimo do cinto de ombro esta tolerância aumenta de 6 vezes para 25g. Nos impactos laterais a tolerância do corpo humano aumenta de 2 vezes quando se usa o cinto de ombro.

O uso do cinto de ombro não só previne contra ferimentos fatais ou que incapacitam mas também permite

manter o ocupante ou o piloto consciente, pois previne sérias pancadas com a cabeça possibilitando uma fuga rápida. O motivo pelo qual o cinto de ombro é tão eficiente prende-se ao fato de que na queda vertical mantém a parte superior do tronco ereta com a espinha dorsal na posição correta e em condições de suportar maiores cargas (figura 11).



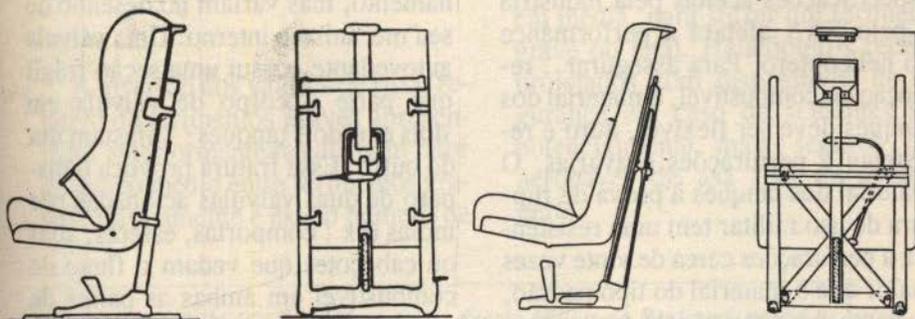
O ocupante de um helicóptero deve sentar na posição vertical e com o corpo contra o encosto da cadeira para que o cinto de ombro funcione corretamente. A robustez da cadeira é importante mas nada adianta aumentar ainda mais a capacidade de resistência da cadeira se não se usa o cinto de ombro. Seria perder tempo, dinheiro e peso. Este reforço do assento é de pouco valor, pois sabemos que a tolerância do corpo a impactos verticais é de apenas 4g, acima disso o corpo se dobrará. Dessa

forma um aumento de resistência de cadeira para 20g com apenas um cinto de segurança seria mais um aumento de peso sem nenhuma melhoria no sentido de prevenir contra ferimentos.

ABSORÇÃO DE ENERGIA

A figura 12 mostra uma versão simplificada da história das cargas que ocorreu por ocasião do impacto vertical violento com um helicóptero típico. Os esquis absorvem a energia do impacto até que a fuselagem toque o solo. Considerando que a fuselagem seja muito rígida ela suporta uma carga muito alta. A cadeira padrão da aeronave quebra após atingir alguns gramas a mais do que planejado, aí então o ocupante cai livremente até esbarrar no assoalho. Neste ponto o ocupante tenta inutilmente deformar o assoalho da cabine, sem sucesso.

Isso resultará em cargas extremamente altas e intoleráveis para o corpo humano (provavelmente fatais). Se neste impacto for usada uma cadeira absorvente de energia os esquis e a fuselagem sofrerão a mesma carga mas o assento amortecerá o impacto para o ocupante diminuindo o choque para um nível tolerável. O efeito de um choque controlado é no sentido de espalhar o esforço por um período de tempo maior de forma a tornar o impacto aceitável. Por exemplo caso se desacelere de 20 pés/seg para 0 pés/seg em 0.25 polegadas, o nível



de g médio experimental será proximadamente 300g o que é fisicamente intolerável. Um dispositivo atenuador de energia é um dispositivo mecânico que limita as cargas da mesma forma que uma válvula hidráulica reguladora de pressão. Um dispositivo atenuador de energia permite ao ocupante desacelerar de 20 pés/seg para 0 pés/seg uma vez que essa energia de impacto é absorvida uniformemente sobre 4 polegadas do choque, o nível de grama médio aplicado será 18,6 g. Este grama médio é tolerável e é o mesmo aplicado às cadeiras ejetáveis de aviões a jato.

As cadeiras da tripulação com atenuador de energia estão sendo feitas atualmente de materiais compostos. Este atenuador produz carga controlada de cerca de 14.6 g para um homem de 170 libras durante uma compressão controlada (figura 13).

PROTEÇÃO CONTRA O FOGO

O fogo constitui ameaça imediata aos sobreviventes de acidentes gra-

ves com helicópteros. Um sistema de combustível à prova de ruptura é empregado para evitar a propagação do fogo após o choque e dar tempo para que os ocupantes possam abandonar a aeronave. Esse sistema retém o combustível e desta forma elimina ou minimiza seu derramamento, mesmo em caso de grande deformação da fuselagem. O material do tanque de combustível precisa ser duro, flexível e resistente a perfurações. Os tanques à prova de ruptura evitam a ocorrência de fogo após o choque, afastando a ameaça aos ocupantes da aeronave acidentada.

As severas condições do meio ambiente nos acidentes com helicóptero das forças armadas e os ferimentos causados pelo fogo subsequente determinaram o desenvolvimento de tanques à prova de choque.

As condições de meio ambiente nos acidentes com helicópteros civis são de certa forma menos graves e um grande aumento de peso é normalmente intolerável. Entretanto, na maioria dos helicópteros comerciais qualquer aumento de peso acima das

especificações aceitas pela indústria e pelo FAA afetará a performance do helicóptero. Para assegurar a retenção do combustível, o material dos tanques deve ser flexível, duro e resistente a perfurações e avarias. O material dos tanques à prova de ruptura de uso militar tem uma resistência a perfurações cerca de vinte vezes maior que o material do tipo padrão, ao passo que a resistência dos tanques leves civis é aproximadamente dez vezes superior. Os tanques à prova de ruptura de peso leve foram abastecidos com uma quantidade de água igual à 80% de sua capacidade total e jogados sobre uma superfície de concreto de uma altura de 50 pés (17 metros). Esse teste de qualificação causa um impacto no solo à velocidade de 3360 pés/minutos sem derramamento. Uma vez que os tanques de combustível podem se deslocar como consequência de grandes deformações estruturais é necessário tomar medidas que evitem derramamento de combustível quando isso ocorrer. Entre os tanques e a estrutura da aeronave são utilizados pontos de fixação quebráveis. Dois métodos para tornar aceitável o deslocamento dos conectores dos tanques são usados atualmente. Se o deslocamento é limitado, podem ser empregadas mangueiras esticáveis ou de comprimento maior. Havendo possibilidade de um deslocamento considerável, geralmente pode ser empregada uma válvula autovedante. Todas as válvulas autovedantes seguem o mesmo princípio de funcio-

namento, mas variam no desenho de seu mecanismo interno. Uma válvula autovedante possui uma seção frágil que parte o corpo da válvula em dois e os dois tanques afastam um do outro. Essa fratura provoca o disparo de duas válvulas acionadas por molas (ex.: comportas, esferas, abas ou cabeçotes que vedam o fluxo de combustível em ambas as partes da válvula). Destarte evita-se o derramamento maciço de combustível mesmo quando um tanque é lançado para fora dos destroços.

BENEFÍCIOS DOS DISPOSITIVOS DE SOBREVIVÊNCIA EM ACIDENTES

Foi feita uma avaliação da redução do índice de lesões resultantes do emprego dos dispositivos de sobrevivência em acidentes. Esses dispositivos têm a capacidade de reduzir ou evitar lesões graves ou fatais em dois de cada três ocupantes que são atingidos atualmente em acidentes de helicópteros.

DESvantagem DO PESO

Todos os progressos de segurança em acidentes acima expostos são acompanhados de uma correspondente desvantagem no peso. A perda de peso em helicópteros grandes (15 a 20 lugares) equivale aproximadamente ao peso de um ocupante.

REDUÇÃO DO RISCO

A inversão dos valores de risco relativo de ferimentos graves apresentados anteriormente resulta num fator de tempo médio entre ferimentos graves. Basicamente é este o número de

horas que um ocupante teria de voar, em média, para sofrer um ferimento grave ou fatal. Helicópteros recém-projetados com dispositivos de segurança em caso de acidentes são potencialmente mais seguros que aeronaves de asa fixa da aviação geral.

O Cel Av RRM JOSÉ MAIA cursou a Escola Militar do Realengo, possui os cursos de Estado-Maior da Aeronáutica, Superior de Comando da Aeronáutica, Relações Públicas e Administração na PUC. Comandou Esquadrão, Grupo e Base Aérea, foi chefe de Estado-Maior de Grandes Unidades e Adido Aeronáutico na Inglaterra e Suécia. Na vida civil foi Diretor Vice-Presidente da VASP e atualmente é Diretor Técnico da Motoravia R.A.L. Publicou vários artigos em jornais e revistas especializados, entre eles destacamos o Estudo sobre o aproveitamento do Aeroporto de Congonhas. Dentre suas condecorações destacam-se o Mérito Aeronáutico no grau de Comendador, Mérito Naval, Cruz de Aviação, Mérito Santos Dumont e Campanha do Atlântico Sul. Possui em suas folhas de serviço mais de 12.000h de vôo.