



# Flight Data Monitoring

POR CAPITÃO-DE-CORVETA BRUNO TADEU VILLELA

*“Mas afinal, o que é um programa de FDM? ... Um método sistemático de acesso, análise e tomada de decisão baseado em informações obtidas dos gravadores de dados de voo das aeronaves em operações rotineiras, com o intuito de melhorar a segurança de voo.”*

O assunto *Flight Data Monitoring* (Monitoramento de Dados de Voo, numa tradução livre) já foi tema de uma apresentação minha na Jornada de Segurança de Aviação, realizada em São Pedro da Aldeia em 2011. A relevância e atualidade do assunto me fizeram entender que um artigo sobre o assunto teria a abrangência necessária para disseminar os conceitos adequadamente uma vez que uma grande parte da Aviação Naval não pode estar presente à Jornada.

Inicialmente, é importante entender que a necessidade de gravação de dados de voo surgiu das investigações de acidentes aeronáuticos. Na longínqua década de 1950, a enorme expansão da indústria aeronáutica mundial ensejou um aumento significativo da frota de aviões comerciais, os quais dispunham de diversos equipamentos de elevada tecnologia para a época, dando início àquilo que seria posteriormente conhecida como “The Jet Age”, marcada pela introdução dos motores à reação em substituição aos motores a pistão. Essa evolução tecnológica trouxe a possibilidade de voos transoceânicos com maior regularidade, elevando a aviação ao nível de meio de transporte de maior alcance e segurança no mundo. Entretanto, diversos acidentes marcaram essa era inicial da aviação comercial e os investigadores se depararam com o grande desafio de entender as novas tecnologias instaladas a bordo enquanto tentavam desvendar os mistérios que envolviam cada acidente.

Foi dentro deste contexto que surgiu a necessidade de gravação de dados de voo, os quais poderiam ser utilizados pelos investigadores para melhor compreensão dos momentos finais do voo, facilitando a composição do quebra-cabeças de cada acidente. Surgiram, então, as primeiras versões dos “Flight Data Recorders - FDR” (gravadores de dados de voo), com capacidade restrita de resistir às intempéries de um acidente aeronáutico. O meio de gravação utilizado era a fita metálica, que futuramente evoluiria para a fita magnética. É claro que a quantidade de dados gravados e o tempo máximo de gravação eram extremamente limitados pelas capacidades tecnológicas daquele momento. Qualquer comparação com a tecnologia atualmente instalada a bordo de qualquer aeronave é um mero exercício de matemática, com resultados impressionantes.



Somente nos meados da década de 1960 é que o uso proativo dos dados gravados nos FDR passou a ser estudado com a implementação de um rudimentar programa de FDM pelas empresas British Airways e TAP Air Portugal. Além de muito trabalhoso do ponto de vista da análise dos dados, o programa apresentava enormes limitações, as quais foram sendo utilizadas para o desenvolvimento de novas tecnologias, tanto de FDR como de FDM. Portanto, o desenvolvimento das tecnologias de gravação de dados de voo passou a atender a dois requisitos: a capacidade de utilização dos dados após um acidente (foco reativo) e a utilização dos dados antes de um acidente (foco proativo). As décadas que seguiram marcaram enormes saltos tecnológicos que permitiram a evolução constante dos sistemas de FDR e dos programas de FDM.

Mas afinal, o que é um programa de FDM? A melhor definição, na minha opinião, é a do *International Helicopter Safety Team (IHST)*: Um método sistemático de acesso, análise e tomada de decisão baseado em informações obtidas dos gravadores de dados de voo das aeronaves em operações rotineiras, com o intuito de melhorar a segurança de voo. De uma forma geral, um programa de FDM deve atender aos seguintes requisitos:

- Permitir a captura e análise de dados de voo para determinar se pilotos, sistemas da aeronave ou a aeronave em si desviaram das condições normais de operação;
- Permitir a investigação de “excedências” pré-definidas para que sejam tomadas ações corretivas e realizada análise de tendências; e

- Detectar eventos normalmente não reportados a fim de melhorar procedimentos e comportamentos num ambiente não punitivo e, desta forma, prevenir acidentes.

Apesar dos óbvios benefícios de um programa deste tipo, os programas de FDM não foram sempre uma

unanimidade como o são hoje. O seu principal empecilho foi o entendimento dos sindicatos de pilotos que viam a possibilidade de uso dos dados gravados em ações disciplinares individuais contra os pilotos.

É interessante lembrar que na época do desenvolvimento do FDM, a aviação civil dependia dos pilotos militares para preencher as inúmeras vagas criadas com a expansão das companhias aéreas. Portanto, grande parte dos pilotos ainda trazia referências de disciplina e hierarquia militares para o ambiente civil, e achavam inadmissível a análise dos dados do “seu voo” por um analista, sobretudo se esse analista não fosse um piloto mais antigo. Assim, principalmente nos USA,





onde este tipo de programa se desenvolveu mais rapidamente, era necessário implementar medidas que permitissem algum tipo de proteção aos pilotos, de forma a garantir a adesão dos sindicatos aos programas. Foi aí que nasceu a ideia de se limitar o acesso à identificação das tripulações, impedindo que os analistas de FDM tivessem acesso direto à tripulação. Caso julgado necessário, um piloto designado dentre os comandantes de aeronaves de um determinado modelo seria o ponto de contato com a tripulação, sendo este contato utilizado apenas em última instância. Essa mudança foi suficiente para acalmar os ânimos de pilotos e sindicatos e permitir o prosseguimento dos programas de FDM.

O sucesso dos programas de FDM atingiu o ápice em 1993, com reconhecimento da sua funcionalidade e relevância pela *Flight Safety Foundation*, a qual passou a recomendar o seu uso em todas as companhias aéreas mundiais. A partir daí, o número de operadores usando-o só aumentou, sendo totalmente difundido na aviação comercial antes do final da década de 1990.

Na indústria de asas rotativas, FDM só passou a ser realidade depois que a Civil Aviation Authority (CAA) da Grã-Bretanha realizou exaustivos testes com aeronaves que operam off-shore, no ano de 2002. A partir daí, os progra-

mas foram se disseminando dentre os operadores off-shore e, hoje, é uma exigência da maioria das empresas petrolíferas, incluindo a PETROBRAS. Mais ainda, hoje um programa de FDM é recomendado por todas as auditorias de empresas aéreas com reconhecimento mundial tal como IATA Operational Safety Audit (IOSA) para empresas aéreas de transporte regular e International Standards for Business Aviation Organizations (IS-BAO) para aviação executiva e de transporte não regular.

### Porque utilizar um programa de FDM?

Num contexto de limitação de recursos disponíveis, uma análise profunda da necessidade de novas iniciativas é sempre importante. Quando se trata de segurança de aviação, essa análise é ainda mais necessária porque os profissionais de segurança de aviação são rotineiramente alvo dos cortes orçamentários das instituições, sejam elas governamentais, sejam elas empresas privadas. Os programas de FDM não fogem a esta regra.

A maneira mais simples de entender os motivos para a implantação de um programa de FDM é o uso do modelo do Triângulo de Bird, o qual inclusive consta da 3ª Revisão da DGMM-3010, Manual de Segurança de Aviação, ilustrado na figura 1.

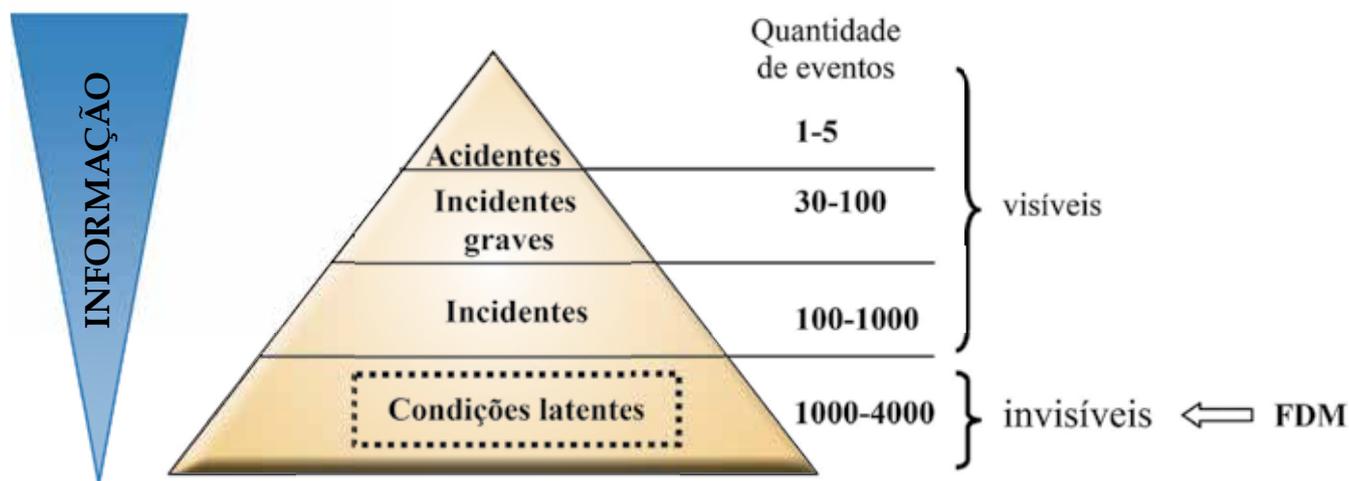


Figura 1



Em condições normais, hipoteticamente, um operador de aeronaves apresenta a distribuição de eventos conforme indicado no triângulo. Quanto mais grave, menor a quantidade de ocorrências e maior a quantidade de informações que se obtém sobre o ocorrido. Essa situação acontece principalmente porque eventos mais graves levam a investigações, sendo a investigação de um acidente aeronáutico o símbolo da busca por explicações lógicas sobre o evento indesejável. Porém, há que se notar que essa forma de análise das ocorrências é puramente reativa: investiga-se apenas aquilo que já gerou perdas de vidas humanas ou perdas financeiras. É o método Voa-Cai-Corrige, oriundo do inglês *Fly-Crash-Fix*.

Quando se implementa um programa de FDM numa organização deste tipo, uma nova fronteira de conhecimento se abre pois as condições latentes passam a ser monitoradas diariamente, permitindo que ações mitigadoras sejam adotadas antes da ocorrência de eventos indesejados como incidentes e acidentes aeronáuticos. Assim, é possível identificar os riscos de uma operação e inserir correções sem haver a necessidade de ocorrer um evento grave que enseja uma investigação profunda. É o método Voa-Monitora-Corrige, oriundo do inglês *Fly-Monitor-Fix*.

É claro que esta explicação é apenas ilustrativa e que o modelo do Triângulo de Bird possui diversas limitações, mas o importante é que se entenda a mudança da metodologia reativa para a proativa porque é esta mudança que permite a alocação de recursos financeiros para a implementação de um programa de FDM. A economia de recursos pela inexistência de ocorrências graves dentro da organização permite a alocação de recursos para o programa. Porém, os eventos não ocorrem nesta ordem: primeiro se deve implementar um programa de FDM para depois poder se medir a economia resultante. Este é o maior problema dos programas de FDM em seus passos de convencimento dos altos níveis de qualquer organização: os recursos que seriam usados no futuro para cobrir incidentes ou acidentes devem ser utilizados no presente, quando nem

“Assim, é possível identificar os riscos de uma operação e inserir correções sem haver a necessidade de ocorrer um evento grave que enseja uma investigação profunda.”

sempre há uma disponibilidade adequada. Mais ainda, a existência de um programa não garante a inexistência de acidentes no futuro.

Como um exemplo dessa característica proativa de um programa de FDM, posso explicar um evento real ocorrido com um operador de helicópteros *offshore* nos EUA. Após a aquisição de uma nova frota de aeronaves, ocorreu um aumento significativo de eventos de FDM relacionados ao uso do piloto automático (PA) após o pouso em plataformas marítimas. Uma das mais significativas mudanças entre os modelos operados pela empresa era que na aeronave antiga o PA podia ficar engajado após o pouso em plataformas, enquanto o novo modelo não permitia tal procedimento. Entretanto, as ressalvas sobre essa necessidade de desengajar o PA não eram muito enfáticas nos manuais da aeronave. Uma das possíveis consequências de se manter o PA engajado quando embarcado é a atuação do PA em um dos eixos, o que poderia levar ao capotamento da aeronave. Após uma análise mais profunda do assunto, o departamento de segurança da empresa emitiu uma nota aos pilotos enfatizando os riscos envolvidos na manutenção do PA engajado após o pouso em plataformas marítimas. O número de ocorrências deste tipo diminuiu significativamente sem que houvesse nenhuma perda material ou de pessoal. Em outras palavras, foram estabelecidas medidas mitigadoras do risco sem que um evento que necessitasse de uma investigação chegasse a ocorrer. A economia de recursos deste exemplo fica evidente pela possibilidade de perda de uma aeronave caso ela viesse a capotar após o pouso.



### Como funciona

Um bom sistema de FDM precisa ser capaz de cumprir os “5R” abaixo:

- **Record** (Gravar)

– Gravação dos dados de voo por uma mídia confiável. Normalmente, são utilizados equipamentos como *Flight Data Recorder* (FDR), *Digital Flight Data Acquisition Unit* (DFDAU), *Quick Access Recorder* (QAR), *Wireless Quick Access Recorder* (WQAR) e *Light Recorders* (gravadores pequenos e leves);

- **Retrieve** (Recuperar)

– Os dados precisam estar disponíveis para recuperação manual, por cartão de dados ou rede sem-fio. Algumas aeronaves possuem FDR mas não possuem equipamento periférico que permita acesso a estes dados, sendo necessário instalar acessórios;

- **Review** (Revisar)

– Engloba o processo de validação, classificação e análise dos dados na estação em terra do sistema. Atualmente, já existem sistemas completamente online, sem necessitar de *software* específico para análise de dados ou computador dedicado a este serviço como ocorria até um passado não muito distante;

- **Report** (Relatório)

– É o processo de revisão dos dados, emissão de conclusões e recomendações objetivas, podendo conter inclusive a determinação do impacto operacional e necessidades de treinamento. Os relatórios dependem da capacidade de análise dos sistemas e do conhecimento da operação; e

- **Repeat** (Repetir)

– Avaliar o resultado das alterações implementadas.

Fica evidente que cada operador terá que avaliar as capacidades de suas aeronaves bem como a disponibilidade de equipamentos de FDM. As configurações básicas podem ser facilmente visualizadas nas figuras 2. Acima vemos uma configuração com aeronaves da era digital e abaixo uma configuração para aeronaves analógicas. As aeronaves da era digital (UH-15 e SH-16, na MB) já possuem toda uma estrutura lógica de barramento de dados que só precisa ser acessada. Normalmente, isso é feito pela barra ARINC 429, mas outros barramentos também

podem ser utilizados. No caso de aeronaves analógicas, um sistema de gravação necessita ser instalado. Em muitos casos, algumas informações como NR nos helicópteros e *flaps* nos aviões podem ser adicionadas aos gravadores por simples conexões com os sistemas das aeronaves. Equipamentos de navegação também podem ser usados como fontes de dados a serem gravados, dependendo de integração com os gravadores.

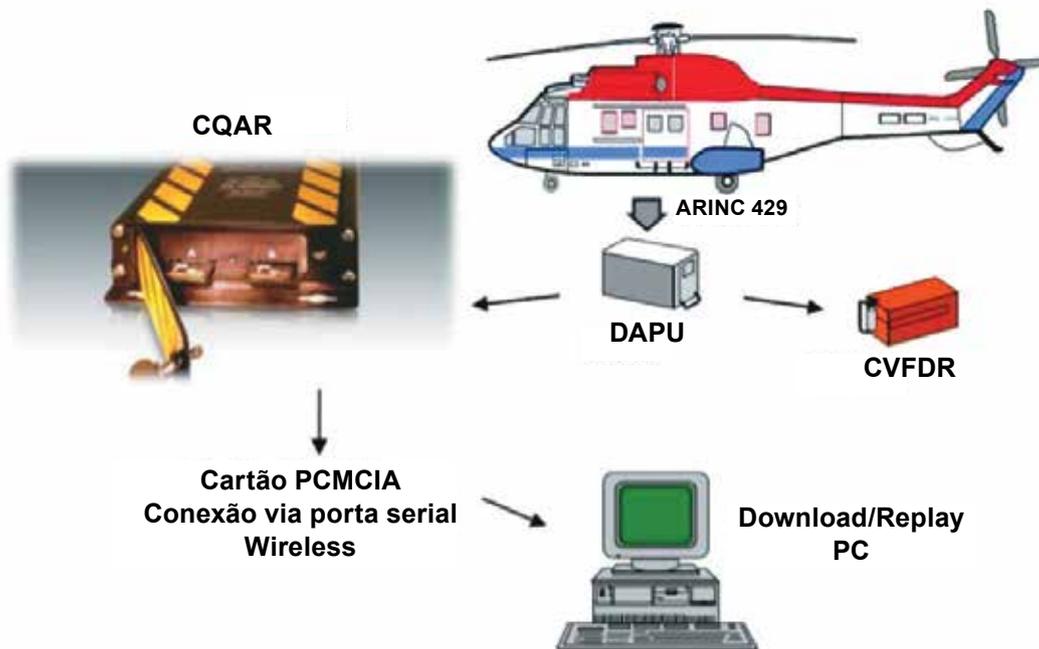
Assim que os dados são processados pelo software de análise, os analistas de FDM podem dar início aos procedimentos de validação, classificação e análise dos dados. É nessa fase que o conhecimento da operação se torna essencial para permitir a obtenção de conhecimentos relevantes. Por exemplo, um piloto de helicóptero não terá a mesma capacidade de análise dos dados de um operador de asas fixas e vice-versa. Essa dificuldade é superada com o passar do tempo, mas a experiência no tipo de aeronave e na operação são requisitos mínimos dos analistas de FDM. O trabalho dos analistas é normalmente gerenciado por um gerente de FDM, profissional que tem a capacidade de identificar as tripulações e é responsável por fazer contatos com elas caso seja necessário. A praxe é o cargo de gerente ser exercido por um piloto experiente naquele modelo de aeronave e que tenha algum tipo de formação de segurança de aviação. Esses requisitos do gerente visam a facilitar as relações entre pilotos e o programa de FDM, assim como orientar o trabalho dos analistas pela experiência de voo do profissional.

Em seguida, após um determinado período de tempo, os analistas darão início à confecção dos relatórios de FDM, os quais serão objeto de análise do Comitê de FDM, órgão dentro do operador que é responsável pela condução do programa de FDM. Normalmente, os comitês são compostos por profissionais da área de operações e de segurança de voo, além da alta direção do operador. Todas as informações geradas dentro do Comitê de FDM e do programa de FDM são confidenciais e protegidas. A intenção é preservar ao máximo a identidade dos pilotos até que um contato seja julgado necessário.

O Comitê de FDM é responsável por criar e divulgar todas as informações de FDM que serão enviadas ao público geral do operador. Caso haja algum evento que enseje contato imediato com todas as tripulações, podem ser gerados documentos de divulgação geral e imediata, mas a operação normal do comitê gera um relatório que é disponibili-



# Aeronave Digital



# Aeronave Analógica



Figura 2



zado mensal ou trimestralmente a toda a empresa. A forma de condução do comitê de FDM é uma decisão que vai depender daquilo que tem sido detectado no decorrer do programa. A figura 3 ilustra o ciclo de funcionamento de um programa de FDM.

É interessante notar que o Comitê de FDM também gera informações para os analistas de FDM e para o setor de operações (setas verdes da figura 3). São essas informações que permitem cumprir o quinto “R” dos requisitos de um programa de FDM. A análise das consequências das alterações impostas às operações é uma das características mais relevantes deste tipo de programa porque o permite medir a efetividade das ações adotadas, o que nem sempre é possível em outros programas.

### Parâmetros e Eventos

Até agora estamos falando sobre um programa de FDM mas não tocamos no ponto mais importante de todos: parâmetros e eventos. Parâmetros são os dados gravados tais como atitude, altitude, NR, N1, N2, velocidade no solo, velocidade indicada, etc. Eventos são condições pré-definidas que se deseja monitorar. Por exemplo, um operador

deseja monitorar o comportamento de suas operações quanto à inclinação da aeronave em voo (*bank*) e define um evento que será registrado toda vez que o ângulo de inclinação for maior do que 45 graus, chamado *Bank Excessivo*, a título de ilustração. Quando a aeronave ultrapassar o limite de 45 graus de inclinação, um evento de *Bank Excessivo* será registrado no programa de FDM. Os eventos podem ser definidos utilizando diferentes durações de tempo. Assim, caso N1 extrapole um valor que ainda esteja dentro do período estipulado em manual para potência de contingência, um evento não ocorrerá. É claro que isso depende da correta programação dos eventos.

É comum se estabelecer eventos em três severidade: baixa, média e alta. A severidade está diretamente relacionada com o risco ao qual a aeronave foi exposta ou à ação que deve ser adotada após registrado um evento. Então, pode-se estabelecer evento de *Bank Excessivo* em 3 severidades: baixa severidade caso o ângulo seja maior do que 45 graus, média severidade caso o ângulo seja maior do que 60 graus e alta severidade caso o ângulo seja maior do que 90 graus, por exemplo. Essa lógica se aplica a todos os eventos.

## Ciclo de Funcionamento

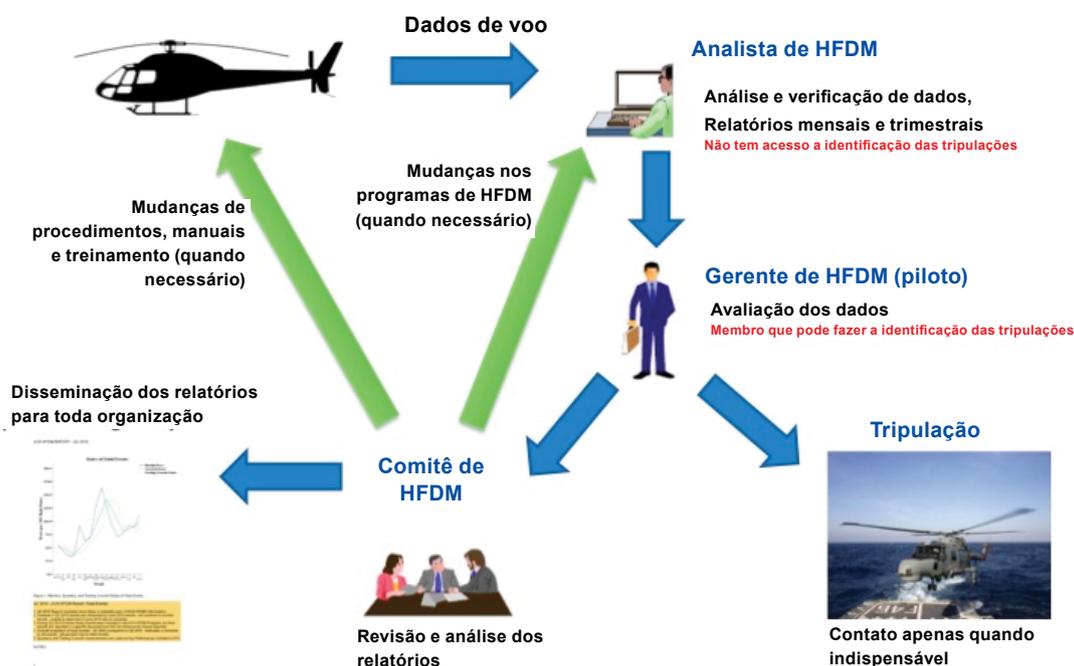


Figura 3



Fica evidente que a quantidade de parâmetros gravados limita a quantidade de eventos que podem ser definidos. Assim, as aeronaves digitais normalmente permitem uma grande variedade de eventos enquanto as aeronaves analógicas apresentam-se mais limitadas. A frequência com que os parâmetros são gravados também faz muita diferença pois pode determinar a validade de um evento. Costumo usar o evento de pouso brusco como um exemplo dessa limitação. A gravação da aceleração normal à qual a aeronave está exposta permite definição de um evento que detecta quando ocorre um pouco brusco pelo simples incremento da carga G na aeronave. Entretanto, se a aceleração normal estiver sendo gravada a cada segundo, um evento de pouso brusco dificilmente ocorrerá pois a variação da carga G é muito rápida para ser detectada numa amostragem de apenas 1 Hz (uma amostra por segundo). No caso de acelerações, um mínimo de 5 Hz é desejável, embora nem sempre esteja disponível. Os demais parâmetros normalmente são aceitos com taxas de 1 Hz, mas algumas exceções existem.

A próxima pergunta que se faz é: como definir os eventos? Bem, esse é um dos pontos em que o conhecimento da aeronave e da operação são relevantes. Com uma lista de parâmetros estabelecida, fica simples definir inúmeros eventos, mas a orientação de um profissional experiente em FDM se faz importante para que se evite erros na definição inicial dos eventos. Uma vez definidos, os eventos podem e devem ser constantemente alterados para monitorar os aspectos julgados necessários pelo Comitê de FDM. Depois dos eventos serem programados no *software* de análise, basta voar e ver os resultados. Acreditem, muitas surpresas vão ocorrer.

### Limitações

A principal limitação de um programa de FDM reside nos dados que são gravados e usados para análise. Não há nada que um analista de FDM possa fazer se os dados não estão gravados. Além disso, há o problema da validade dos dados, assunto que por si só daria para escrever um outro artigo.

Além disso, assim como qualquer ferramenta de segurança de voo, o mal uso do programa pode

Uma ferramenta com diversos nomes	
FOQA	<i>Flight Operational Quality Assurance (FAA)</i>
FDA	<i>Flight Data Analysis (ICAO)</i>
FDM	<i>Flight Data Monitoring</i>
HOMP	<i>Helicopter Operations Monitoring Program</i>
LAMP	<i>Line Activity Monitoring Program</i>

levar a resultados desastrosos sob o ponto de vista da cultura de um operador. Não é difícil encontrar exemplos de operadores que transformaram seus programas de FDM em verdadeiros “Big Brother” causando um elevado índice de demissões e uma cultura de perseguição aos pilotos que “cometiam” muitos eventos. Mais importante do que o evento em si, é entender as suas causas e estabelecer medidas de mitigação.

Outra importante ressalva é que um programa de FDM não vai resolver todos os problemas de um operador. Ele pode ajudar na detecção dos pontos onde melhorias devem ser buscadas imediatamente, mas sempre haverá perigos que não são detectados nos dados gravados. Portanto, apesar dos inúmeros benefícios, nem sempre o programa de FDM é a solução adequada para um operador. Conhecer as possibilidades do programa é o primeiro passo para fazer o uso correto dele.

### Conclusões

O presente artigo está longe de esgotar o assunto FDM. Existem diversas referências sobre técnicas de análise, inúmeros e diferentes gravadores de dados e um igual número de softwares de análise. De qualquer forma, espero ter conseguido fazer uma breve introdução do assunto de forma a preparar os leitores às possibilidades apresentadas pelas novas aeronaves adquiridas recentemente pela MB. Em tempo de dificuldades financeiras, a implementação de programas de FDM se torna difícil porque nem mesmo a possibilidade de se evitar um acidente é capaz de romper as barreiras apresentadas pelo contingenciamento de recursos. Ao menos espero que os leitores tenham obtido um conhecimento mínimo do assunto que os permita entender discussões sobre FDM. 🦅