



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE
SEGURANÇA PÚBLICA (CEGESP)
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS

CRISTIAN WENING SANTANA

**A IMPORTÂNCIA DE SE IMPLEMENTAR UMA MANUTENÇÃO
PREDITIVA NO MOTOR PT6B-37A DO HELICÓPTERO AW119 MKII
DO CBMGO**

GOIÂNIA - GO
2015

CRISTIAN WENING SANTANA

**A IMPORTÂNCIA DE SE IMPLEMENTAR UMA MANUTENÇÃO
PREDITIVA NO MOTOR PT6B-37A DO HELICÓPTERO AW119 MKII
DO CBMGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito final para a conclusão do Curso de Especialização (*Lato Sensu*) em Gerenciamento de Segurança Pública, da Universidade Estadual de Goiás, ministrado em parceria com o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás.

Orientadora: Dra. Cristhyan M. Castro Milazzo

GOIÂNIA - GO

2015

“As águas correm mansamente onde o leito é mais profundo”

Henrique VI – 2ª Parte, Ato III, Cena I
William Shakespeare

RESUMO

A aviação enquanto ferramenta operacional vem sendo utilizada pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO) desde 2011, e este processo tem suscitado grandes desafios. Dotada de um AgustaWestland AW119 MKII, um helicóptero monoturbina, esta Corporação tem cumprido as missões constitucionalmente estabelecidas para os Corpos de Bombeiros como combate a incêndios, apoio a atividades de defesa civil, buscas, salvamento e, contempladas dentro do salvamento, também as ações de suporte avançado de vida. Porém, o fato desta aeronave não possuir um segundo motor, torna perene a preocupação com as consequências advindas de uma eventual pane neste equipamento. Este tipo de apreensão é natural, e é compartilhada por todos aqueles que operam um dispositivo desprovido de recursos sobressalentes intrínsecos que garantam a ininterruptão do seu funcionamento após uma falha. Adicionalmente a este problema observam-se as limitações impostas pela natureza das operações. As atividades aéreas de bombeiros no CBMGO são conduzidas além dos limiares viáveis para a realização de manobras de emergência. Portanto, objetiva-se mostrar a importância de se implementar uma manutenção preditiva para a mitigação desta problemática.

PALAVRAS-CHAVES: Helicóptero, AW119 MKII, PT6B-37A, Manutenção Preditiva, Diagnóstico.

ABSTRACT

The aviation, while an operational tool, has been used by the Military Fire Department from the State of Goiás (CBMGO) since 2011, and this process has evoked big challenges. Owner of one AgustaWestland AW119 MKII, a single engine helicopter, this Department has fulfilled the constitutionally missions established for the Fire Departments as fire combats, support for civil defense actions, search, rescue and, contemplated inside rescue, also the advanced trauma life support. However, the fact that this aircraft doesn't have a second engine, makes perennial the worry with the consequences that may come from an eventual blowout of this equipment. Such apprehension is natural, and is shared for all those who operate one device without any additional resources that may assure the ceaseless of its operation after a failure. Additionally to this problem can be observed the limitations imposed by the mission's nature. The aerial firefighting operations in CBMGO are conducted beyond the viable limits that would allow that emergencies maneuvers could be done. Therefore, it's aimed to show the importance to implement a predictive maintenance in order to mitigate such problematic.

KEYWORDS: Helicopter, AW119 MKII, PT6B-37A, Predictive Maintenance, Diagnosis.

INTRODUÇÃO

***Cristian Wening Santana**

O helicóptero monomotor da marca AgustaWestland modelo AW119 MKII operado pelo CBMGO se estabeleceu hoje como ferramenta fundamental de apoio aos mais diversos campos de atuação desta Corporação. Para que continue se desenvolvendo de forma segura e profissional, precisa aprimorar continuamente os diversos aspectos que envolvem suas operações, entre eles a manutenção.

O projeto do AW119 MKII é derivado de outro modelo de helicóptero do mesmo fabricante, o AW109, um biturbina. Dessa máquina o AW119 MKII herdou algumas duplicidades, como os dois sistemas hidráulicos, os dois sistemas de incremento da estabilidade e as duas bombas elétricas de combustível. No caso da motorização, passou-se a operar apenas com um motor, da marca Pratt & Whitney modelo PT6B-37A. Sem um sobressalente, esse motor torna-se a variável central na equação de confiabilidade dessa aeronave. Disso surge o questionamento de que ele esteja recebendo ou não o melhor nível de manutenção possível, levando-se em conta as tecnologias disponíveis para este tipo de equipamento.

As manutenções realizadas atualmente no helicóptero do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás não são formatadas no sentido de produzir um diagnóstico específico dessa máquina. A de viés corretivo visa apenas reparar a falha que se apresenta de maneira óbvia através da perda de funcionalidade ou degradação acentuada. A preventiva vale-se de um calendário de ações como inspeções, lubrificações, substituições de componentes, entre outras, baseando-se na experiência que se tem do funcionamento do tipo de equipamento em questão.

Para contextualizar a relevância de se implementar uma manutenção preditiva aeronáutica no CBMGO, este artigo faz, em sua primeira parte, um diagnóstico dos riscos envolvidos nas ocorrências com helicóptero dessa Corporação. Na segunda parte é feita uma descrição das práticas de manutenção convencionais e da preditiva, discutindo-se os benefícios possíveis desta última dentro do contexto do CBMGO.

* Cristian Wening Santana, oficial bombeiro militar do quadro de comando. Piloto comercial de helicóptero com atuação em missões constitucionais afins. Cursa Graduação em Engenharia Mecânica pelo Instituto Federal de Goiás. Email para contato: cristianws@bombeiros.go.gov.br

1. RISCOS DAS OPERAÇÕES HELITRANSPORTADAS DO CBMGO

1.1 CARACTERÍSTICAS DAS ATIVIDADES OPERACIONAIS

O emprego de helicópteros para a realização das missões constitucionais dos Corpos de Bombeiros Militares peculiariza-se, entre outros aspectos, pela constância de situações que envolvem decolagens de máxima performance e pousos de grande ângulo. O emprego de ambas manobras é recorrente, por exemplo, quando se resgata vítimas ou pacientes em campos de futebol, em rodovias e dentro da malha urbana da Grande Goiânia. Também é frequente quando se faz a entrega destas pessoas em centros de referência, como o Hospital de Urgências de Goiânia – HUGO.

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO) opera, desde outubro de 2011, um helicóptero monoturbina da marca AgustaWestland modelo AW119 MKII, comercialmente designado como Koala, cujo Número de Série (*Serial Number – S/N*) é 14765. Sua motorização é um Pratt & Whitney PT6B-37A com 1000 SHP (*Shaft Horse Power*), ou seja, com 1013,87 CV de potência, medidos no eixo de saída do motor. Possui um peso máximo de decolagem de 2.850Kg e capacidade de transporte de dois pilotos e seis passageiros (*AGUSTAWESTLAND, 2009*). O Koala possui maior potência e ergonomia do que os outros helicópteros monoturbina usualmente empregados na aviação de segurança pública brasileira, sendo capaz de transportar até duas vítimas deitadas com as portas fechadas.

As manobras de pouso e decolagem em áreas restritas são uma constante nas missões com helicópteros do CBMGO. Segundo o Manual de Voo de Helicópteros (*Helicopter Flying Handbook*) da Agência de Aviação Civil Americana, a FAA (*Federal Aviation Administration*), uma decolagem de máxima performance, obrigatoriamente utilizada em áreas restritas, caracteriza-se por possuir uma rampa de decolagem bastante inclinada em relação ao nível do solo. Sua aplicação visa obter uma rota de decolagem livre quando a área na qual se encontra a aeronave está ladeada por obstáculos altos (*FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2012*).

Nestas circunstâncias, no intuito de afastar-se o mais rápido possível destas barreiras, emprega-se a velocidade de máximo ângulo de subida ao invés da velocidade de máxima razão de subida (*JOFFILY, 2000*). De forma análoga é fornecida no manual da FAA a definição da aproximação de grande ângulo para

áreas restritas, como sendo uma manobra que visa livrar a rampa de pouso de obstáculos. Normalmente a angulação neste tipo de aproximação varia de 13° a 15° de inclinação com o nível do solo (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2012).

Também são frequentes na rotina operacional aérea bombeiro militar os voos pairados fora do efeito solo, tecnicamente designados pela sigla OGE (*Out of Ground Effect*). Nestas condições, com a ausência do colchão de ar que caracteriza este efeito, a exigência de potência do motor é substancialmente maior (JOFFILY, 2000). Voos OGE são frequentemente empregados para a execução das técnicas de *Rappel* e *McGuire*. Nestas ocasiões, os operadores aéreos do CBMGO utilizam, predominantemente, cabos de 50m de comprimento, equivalentes a aproximados 164 pés.

Já no voo de busca a pessoas desaparecidas, o voo pairado não é tão utilizado. Contudo, por ser este tipo de busca realizado a olhos nus, sem o emprego de dispositivos de imageamento térmico, é necessário que este voo seja realizado à baixa altura, aproximadamente a 200 pés (61m). Da limitação imposta pela ausência de meios eletrônicos de busca decorre também a necessidade de se empregar uma velocidade relativamente reduzida, em média 40 nós (74 Km/h).

O voo de combate a incêndio em vegetação com o emprego do *helicopter bucket* emprega alturas igualmente baixas para fins de efetividade no lançamento da carga de água sobre o incêndio. Já durante o abastecimento desse dispositivo em um manancial são executados pairados extremamente baixos, com cerca de 10 pés (3,05m), com o agravante, no caso de uma pane, de se estar sobre a água.

Segundo o Guia do Piloto de Helicóptero Profissional (*Professional Helicopter Pilot Guide*), as missões de combate a incêndio que utilizam o *helicopter bucket* possuem várias desvantagens, sendo a mais óbvia delas o fato de se estar trabalhando com uma carga suspensa. Isso gera muito arrasto e reduz, portanto, a manobrabilidade da máquina. Em decorrência disso são exigidos maiores precisão e proficiência por parte do piloto nos comandos (SAN DIMAS TECHNOLOGY & DEVELOPMENT CENTER *et al*, 1996).

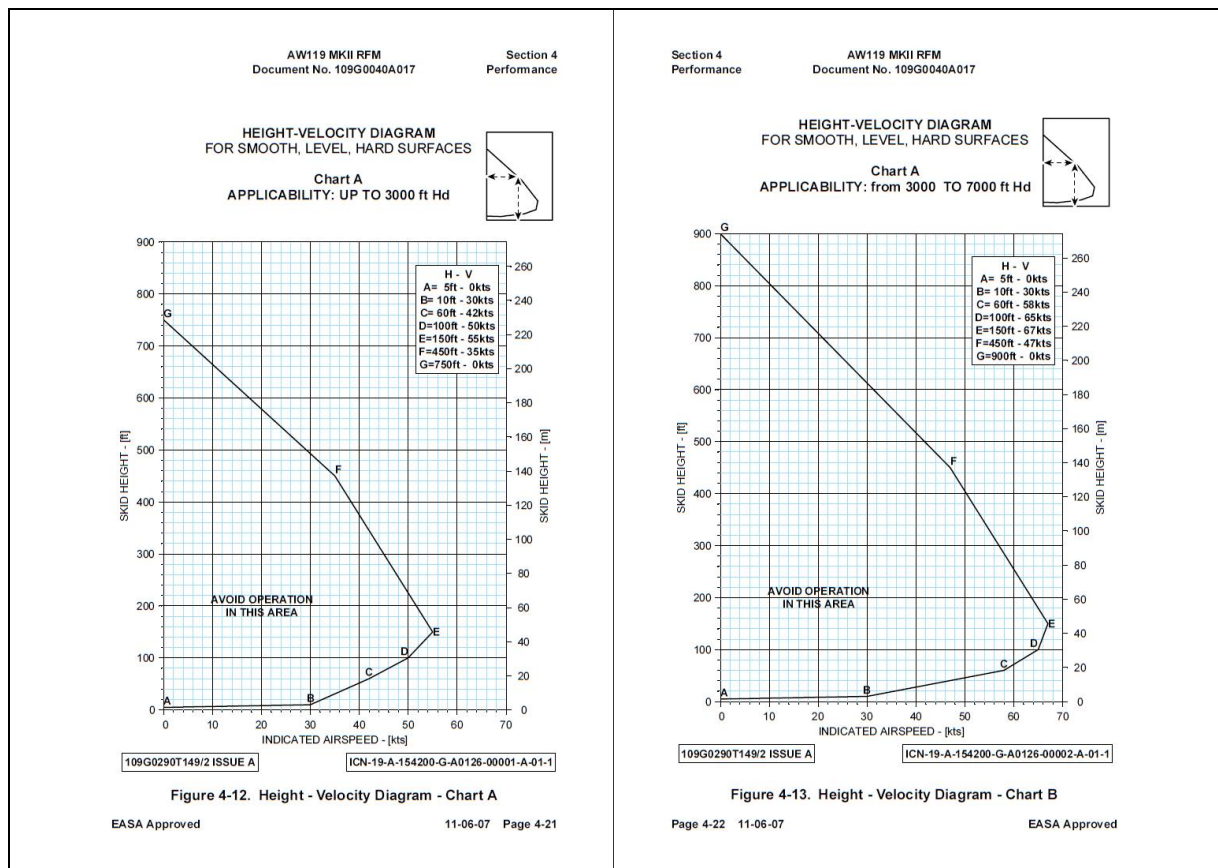
1.2 DIAGRAMAS ALTURA-VELOCIDADE

As situações acima descritas envolvem alturas e velocidades que, se plotadas nos diagramas altura *versus* velocidade (Figura 1) constante no Manual de

Voo do Helicóptero AW119 MKII (AGUSTAWESTLAND, 2009), estarão fora do espectro de valores necessários para a realização da manobra de autorrotação. Tal manobra é prevista para, entre outros casos de pane, a de apagamento de motor.

A Figura 1 apresenta os dois diagramas de altura-velocidade relativos ao helicóptero AW119 MKII. O primeiro é aplicável a altitudes compreendidas do nível do mar até 3000 pés (914m) acima desta cota, enquanto que o segundo refere-se a altitudes entre 3000 e 7000 pés (2.134m). Os polígonos definidos pelos pontos ABCDEFG nos diagramas delimitam, internos a si, as áreas onde as relações de altura-velocidade à frente apresentam uma condição inviável para se realizar uma autorrotação (RODRIGUES, 2006).

Figura 1- Diagramas altura-velocidade



Fonte: AW119 MKII Rotorcraft Flight Manual – AGUSTAWESTLAND (2007)

A título de exemplo, se plotarmos em ambos diagramas os valores de zero nós de velocidade e 164 pés de altura, referentes ao voo pairado para a realização da técnica de *Rappel*, constataremos que nos dois gráficos estaremos dentro dos limites restritivos definidos por Rodrigues (2006). Situação análoga acontece com as

outras missões elencadas anteriormente. Contudo, essa observação trivial obtida por meio da prática não possui, por si só, legitimidade para atender ao embasamento científico demandado por este trabalho.

1.3 PESQUISA DE CAMPO

Para a validação científica das premissas apresentadas no item anterior fez-se necessária a aplicação de questionários junto aos comandantes de aeronave responsáveis pelas operações aéreas de asas rotativas do CBMGO. Visou-se assim obter um diagnóstico dos riscos envolvidos em cada uma delas. Desde a implantação do serviço aéreo do CBMGO em outubro de 2011, um total de três militares (a partir de agora designados como Piloto A, Piloto B e Piloto C) exerceu a função de comandante no helicóptero Bombeiro-01.

Por possuírem nesta máquina, especificamente, distintos níveis de experiência entre si, optou-se por considerar essa diferenciação para o processamento dos dados pesquisados. Adotando como variável o número de horas voadas no aparelho por cada piloto, empregou-se, na tabulação, uma média aritmética ponderada, onde a cada valor da série é atribuído um peso (FALCO, 2008).

Até o dia 31 de março de 2015, foi voado um total de 1.112,00 horas no helicóptero AW119 MKII do CBMGO, valor registrado por seu horímetro e em seu diário de bordo. A distribuição dessas horas é a seguinte: Piloto A com 558,7 horas; Piloto B com 425,4 horas e piloto C com 503,4 horas. Observa-se que o somatório das horas voadas por estes três pilotos não corresponde ao total de horas voadas dessa máquina. Isso acontece porque foram consideradas tanto as horas que esses militares atuaram na condição de comandante de aeronave como na de copiloto.

Assim, parte das horas voadas pelo piloto C foi na condição de copiloto do piloto A, enquanto que o piloto B atuou como copiloto tanto do piloto A como do C. Isso explica o somatório majorado obtido a partir das horas de voo dos três bombeiros.

Apesar do questionário ter sido aplicado a apenas três pessoas, deve-se ressaltar que cada um dos voos operacionais realizados no helicóptero AW119 MKII do CBMGO foi invariavelmente conduzido por um desses três comandantes. Trata-

se, portanto, não de uma análise amostral, mas da totalidade dos dados, o que torna os resultados obtidos os mais fidedignos possíveis.

O questionário aplicado (modelo constante nos anexos) apontava, como questões, cinco tipos de missões rotineiramente desenvolvidas pelo serviço aéreo do CBMGO. São elas: pouso e decolagem em áreas restritas; voo de busca a pessoas desaparecidas; lançamento de tripulantes com o uso da técnica de *Rappel*; extricação de pessoas ou bens aplicando a técnica *McGuire*, e; combate a incêndio em vegetação utilizando o *helicopter bucket*. Para fins desse preenchimento foi solicitado ainda aos participantes que levassem em conta as seguintes premissas:

- a) Missões bombeiro militar realizadas apenas em helicópteros do tipo AW119 MKII;
- b) Os diagramas altura/velocidade, extraídos do manual de voo do helicóptero AW119 MKII (Figura 1);
- c) Todas as missões executadas pelo entrevistado nas funções de Comandante e de copiloto de aeronave, em helicópteros AW119 MKII;
- d) Apenas o tempo efetivamente gasto para a realização da atividade operacional apresentada na questão, ou seja, desconsiderando os tempos gastos em voos de cruzeiro.

As opções de respostas objetivas consistiam nos seguintes valores: 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. Deveriam ser assinalados os valores que, segundo o entrevistado, mais se aproximavam da média percentual do tempo em que o helicóptero AW119 MKII permaneceu dentro dos parâmetros insuficientes para a realização da manobra de autorrotação. Os valores obtidos e processados são os que se seguem na tabela abaixo:

Tabela 1- Tabulação dos resultados dos questionários

	Horas voadas	Pouso e decolagem	Voo de busca	Rappel	McGuire	Helicopter bucket
Piloto A	558,7	100%	75%	100%	100%	100%
Piloto B	425,4	75%	100%	100%	100%	100%
Piloto C	503,4	75%	100%	100%	100%	100%
Médias Aritméticas		83%	92%	100%	100%	100%
Médias Aritméticas Ponderadas		84%	91%	100%	100%	100%

A partir da observação das médias acima expostas observamos que apenas nas atividades de “pouso e decolagem em área restrita” e “voos de busca a pessoas desaparecidas” o tempo de risco ficou abaixo do valor máximo. Permaneceram, ainda assim, acima do segundo maior valor de resposta, qual seja o de 75%.

Em uma análise direta e segura é possível afirmar, portanto, que o helicóptero AW119 MKII do CBMGO permanece a maior parte do tempo exposto a parâmetros insuficientes para a realização de uma autorrotação quando realizando essas atividades elencadas pela pesquisa. É importante ressaltar que tais missões constituem a essência no uso da ferramenta aérea pelo CBMGO.

Desta forma, considerando um eventual episódio de apagamento de motor, a garantia de sobrevivência dos envolvidos na operação independeria da habilidade e procedimentos dos pilotos. Uma vez que não seja mais tecnicamente possível de se realizar uma autorrotação nestas situações, resta apenas, como medida de segurança, o nível de confiabilidade da máquina. No caso do helicóptero AW119 MKII do CBMGO, entre outras coisas, o bom funcionamento de seu único motor.

2. MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS MECÂNICAS

2.1 HISTÓRICO

A necessidade da manutenção de equipamentos mecânicos surge dentro do contexto de mecanização das indústrias e sua prática se inicia em fins do século XIX. Contudo, até 1914 a manutenção tinha importância secundária e não era realizada por uma equipe especificamente treinada e destinada para essa função, mas, pelos próprios trabalhadores que operavam o maquinário (*apud* OTANI; MACHADO, 1998).

Com a demanda de produção criada pela Primeira Guerra Mundial e a consequente implementação da produção em série, surge também a necessidade de se ter equipes capacitadas e dedicadas para manter os equipamentos danificados em menor tempo possível (*apud* OTANI; MACHADO, 1998). É nesse âmbito que se define o surgimento da manutenção corretiva.

Já na década de 1930, durante a Segunda Guerra Mundial, percebeu-se a necessidade de não somente corrigir a falha ocorrida, mas de prevenir sua ocorrência. Surge uma nova equipe, a de manutenção preventiva, que, ao lado da

corretiva, passa a compor o quadro geral da manutenção. Este, a partir de então, passa a ter um papel tão importante quanto o da equipe de operação (*apud* OTANI; MACHADO, 1998).

A partir de 1966, com o desenvolvimento computacional e de tecnologias mais sofisticadas de medição e análise, a engenharia de manutenção conseguiu desenvolver métodos e estabelecer critérios para a predição ou previsão de falhas com vistas à otimização. Duas equipes que se complementam passam então a ter missões específicas: a de Engenharia de Manutenção e a de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM). A primeira focada na análise de ocorrências crônicas enquanto que a segunda tem por finalidade desenvolver e programar sistemas automatizados de manutenção para posterior análise dos resultados obtidos (*apud* OTANI; MACHADO, 1998).

2.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA

O primeiro método de manutenção aplicado dentro do contexto de máquinas mecânicas foi o *Run-to-Failure Management*. Traduzido literalmente para o português corresponde a “Gerenciamento de Usar até Estragar”, mas que de forma mais apropriada é chamado de Manutenção Corretiva.

Uma planta industrial ou outro operador de máquinas mecânicas quaisquer que empregar exclusivamente esse método, não tem, de fato, nenhum gasto econômico até que a falha ocorra. Contudo, os gastos finais nestes casos são três vezes mais onerosos do que nos processos onde uma prática de manutenção preventiva está complementarmente implementado (MOBLEY, 2002).

Segundo Mobley os maiores gastos associados ao uso exclusivo da manutenção corretiva residem na necessidade de se manter um estoque permanente de variados tipos de peças de reposição, nos custos de hora extra e na perda de produtividade por máquina parada (MOBLEY, 2002).

Isto, considerando a visão do ponto de vista fabril industrial. Do ponto de vista aeronáutico, valer-se somente de uma manutenção corretiva seria permitir que eventuais falhas ocorressem durante a operação, com uma implicação direta em acidentes e consequentes danos não só ao patrimônio, mas também à vida.

Também nos primórdios da aviação era exclusiva a prática de manutenção corretiva, dentro de uma perspectiva meramente reativa. Essa condição era natural à

época uma vez que, por ser uma atividade recente, não se dispunha de dados relativos ao desempenho dos sistemas e componentes afim de se programar um calendário de manutenção preventiva (GONZÁLEZ & ANDRADE, 2010).

Desta forma, quando não resultava em um evento catastrófico, a falha de um componente aeronáutico resultava em altos custos diretos, através de reparos mais onerosos, bem como em altos custos indiretos, por conta de maiores períodos de indisponibilidade da aeronave (GONZÁLEZ & ANDRADE, 2010). A falha de um componente durante o funcionamento acabava por danificar outras peças do conjunto da aeronave, o que tornava mais complexa e dificultosa a recuperação da mesma.

2.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Segundo Mobley, existem várias definições sobre a manutenção preventiva, mas o conceito chave presente em todas elas é o de que se trata de um gerenciamento com base temporal, onde as tarefas são realizadas por tempo decorrido (MOBLEY, 2002). A modelagem de um calendário de manutenção preventiva é, normalmente, baseada em estatísticas de falhas dos componentes ou do equipamento como um todo.


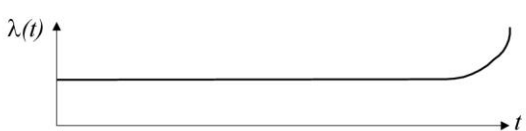
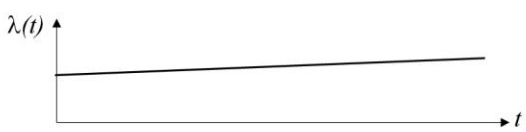



No contexto aeronáutico os riscos envolvidos motivaram um rigor que resultou em avanços nos processos de fabricação, o que por sua vez tornou os componentes mais confiáveis. Isso aliado às observações experimentais e estatísticas de operação pôde viabilizar uma manutenção proativa de caráter antecipatório às falhas, tendo por base o comportamento dos componentes (GONZÁLEZ & ANDRADE, 2010).

A partir do histórico estatístico de funcionamento e tempo/ciclos de operação de uma considerável quantia amostral destas peças ou sistemas, estabelece-se o *Mean-Time-To-Failure* (MTTF), ou seja, o Tempo Médio Para Falhar. Este valor é a média dos tempos de falha de um componente ou montagem deles (AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, 2004). O MTTF está implícito em gráficos que modelam matematicamente os padrões do comportamento do componente ou sistema ao longo de sua vida útil, desde a sua instalação até a sua perda de função.

O tipo de gráfico comum e genericamente adotado para expressar o comportamento de peças ou equipamentos é a “Curva da Banheira” (*Bathhtub*), que

corresponde ao Padrão A (*Pattern A*) da Figura 2. Esse gráfico é assim denominado por ter o aspecto de um corte de uma banheira em sentido longitudinal. A curva da banheira, tal qual os outros padrões apresentados na Figura 2, é um gráfico da taxa de falhas, representada pela letra grega lambda (λ), em função do tempo ($\lambda(t)$) (AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, 2004).

Figura 2- Seis padrões clássicos de taxa de falha

	<p>Pattern A – Bathtub: Infant mortality, then a constant or increasing failure rate, followed by a distinct wear-out zone <i>Example:</i> overhauled reciprocating engine</p>
	<p>Pattern B – Traditional Wear-out: Constant or slowly increasing failure rate followed by a distinct wear-out zone <i>Example:</i> reciprocating engine, pump impeller</p>
	<p>Pattern C – Gradual Rise with no Distinctive Wear-out Zone: Gradually increasing failure rate, but no distinct wear-out zone <i>Example:</i> gas turbine</p>
	<p>Pattern D – Initial Increase with a Leveling off: Low failure rate initially, then a rapid increase to a constant failure probability <i>Example:</i> complex equipment under high stress with test runs after manufacture or restoration such as hydraulic systems</p>
	<p>Pattern E – Random Failure: Constant failure rate in all operating periods <i>Example:</i> roller/ball bearings</p>
	<p>Pattern F – Infant Mortality: High infant mortality followed by a constant or slowly rising failure rate <i>Example:</i> electronic components</p>

Fonte: Guidance notes on reliability-centered maintenance – AMERICAN BUREAU OF SHIPPING (2004)

Nos casos de componentes com uma taxa de falhas constante, como os rolamentos esféricos ou de roletes (*Pattern E* - Figura 2), podemos dizer que o MTTF é igual a $1/\lambda$. Por ser a taxa de falhas, normalmente, um número decimal muito pequeno, algo do tipo 0,0003 falhas por hora, o MTTF, que usa números positivos

maiores como 1500 horas, por exemplo, acaba sendo mais fácil de se reter e, portanto, prático e usual.

O padrão apresentado na curva da banheira possui três “zonas” bem distintas. Uma fase inicial com um elevado número de falhas que decrescem exponencialmente ao longo do tempo, denominada *Wear in failure* (Período de Taxa de Falhas Inicial). Estas falhas precoces são devidas à acomodação inicial do sistema (ANDRADE, 2008) bem como a defeitos de manufatura, instalação, manutenção e inicialização da montagem (AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, 2004), quando as peças ainda estão sendo submetidas aos primeiros esforços em conjunto.

Seguida desta fase inicial, temos a zona correspondente ao Período de Taxa de Falha Aleatória (*Random failure*), onde estas decorrem das características e defeitos inerentes ao projeto do equipamento, da sua precária manutenção, de condições extremas, de fadigas súbitas, e de erros humanos de operação em geral. Estes tipos de falhas não podem ser previstos a partir da variável tempo (AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, 2004).

Por fim o gráfico readquire a sua característica exponencial, contudo agora de forma crescente da taxa de falhas. É o Período de Desgaste Acelerado (*Wear Out Failure*) onde passamos a observar uma redução expressiva do MTTF. De fato o instante t do tempo que faz o fechamento do intervalo que define o MTTF está contido nesta “zona”. O MTTF pode ser representado por meio de uma distribuição normal (distribuição de Gauss) onde este tempo médio é a própria média (μ) da distribuição gaussiana (AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, 2004).

Assim, se o intervalo de manutenção preventiva de um item é ajustado sobre o MTTF, existe 50% de probabilidade desse item falhar antes da ação de manutenção preventiva proposta. Se o intervalo é ajustado antes do MTTF essas chances de falha são inferiores a 50% e, analogamente, se o intervalo exceder o MTTF a probabilidade de falha supera os 50%. Desta forma observamos a queda da confiabilidade do equipamento (AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, 2004).

É importante considerar que o Período de Taxa de Falhas Inicial não se refere, necessariamente, à vida inicial do equipamento de forma global. Dependendo do foco em análise pode dizer respeito apenas a um componente que tenha sido substituído durante uma ação de manutenção corretiva ou mesmo preventiva. Assim, mesmo no caso de um helicóptero com milhares de horas de operação com

funcionamento normal, para cada nova peça substituída há que se considerar um novo período crítico para acomodação deste novo componente ao sistema.

Em meados da década de 1980 um estudo confiável em maquinários industriais determinou que apenas 11% das falhas estavam relacionadas com desgaste temporal do componente, enquanto que as outras 89% eram aleatórias (KRUGER, 2011). Outro dado de extrema relevância é que 68% das falhas aconteceram logo após a instalação do componente que ocasionou o problema. Isso sinalizava que a probabilidade de falha aumenta logo após uma ação de manutenção preventiva ou corretiva (KRUGER, 2011).

Em 2 de abril de 2015 um helicóptero modelo EC 155 B1 sofreu um acidente em Carapicuíba/SP. Através de duas notas oficiais assinadas pelo Brigadeiro do Ar Pedro Luís Farcic (2015), o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) da Força Aérea Brasileira (FAB) informou, entre outras coisas, que:

O voo do dia 2 de abril foi o primeiro do PP-LLS após quase dois meses de intervenções previstas de manutenção (...). Foi identificado que algumas (...) peças (...) estavam desconectadas antes da decolagem. Essa desconexão diz respeito ao posicionamento incorreto do arranjo mecânico, em desconformidade com os manuais do fabricante, fato que ensejou o desprendimento em algum momento do voo.

Não se trata do Relatório Final (RF), e, portanto, não é possível ainda apontar tal desconexão de peças como fator contribuinte. Contudo, um acidente aeronáutico no primeiro voo após dois meses de intervenções de manutenção preventiva é sugestivo de uma falha relacionada ao Período de Taxa de Falhas Inicial.

A curva da banheira recebe, contudo, fortes críticas por não corresponder ao real comportamento da maioria dos componentes. No trabalho denominado “*A Critical Look at the Bathtub Curve*” (Um Olhar Crítico sobre a Curva da Banheira), Klutke *et al* mencionam referências que afirmam que poucos são os produtos que apresentam taxas de falhas decrescentes no início de sua vida e crescentes ao final (KLUTKE, KIESSLER, WORTMAN, 2003).

Dizem ainda que a curva da banheira é capaz de modelar o comportamento de um componente isolado, mas não o de uma montagem, de um circuito ou de um sistema. Proporcionalmente, os itens passíveis de serem analisados através desse tipo de padrão seriam de apenas 10% a 15% das aplicações totais (KLUTKE,

KIESSLER, WORTMAN, 2003). Assim sendo, seu uso e aplicação de forma indiscriminada constitui um equívoco.

Não por acaso outros padrões de taxa de falhas existem, na tentativa de contemplar essa heterogeneidade. Mirando o escopo deste estudo, o motor PT6B-37A, percebemos que o seu comportamento poderia ser descrito através da função linear crescente apresentada no padrão C (*Pattern C*) da Figura 2, referente aos motores à reação (*Gas Turbine*). E pela própria especificidade do comportamento deste tipo de gráfico, de crescimento suave e contínuo, sem inflexões ou guinadas exponenciais acentuadas, torna-se difícil perceber o momento ideal de se executar uma intervenção de manutenção. As decisões nestes casos deveriam ser tomadas não apenas com o uso de estatísticas e estimativas, mas também de uma ferramenta mais sólida e confiável, qual seja o diagnóstico.

2.4 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva, tal qual a preventiva, possui variadas definições. Mas a premissa chave contida em todas elas é prever a execução de um monitoramento regular das reais condições mecânicas, dos parâmetros, da eficiência e de outros indicadores do dispositivo sob análise. Desta forma torna-se possível obter os dados necessários para assegurar o máximo intervalo de tempo entre reparos, garantindo economia e segurança (MOBLEY, 2002).

Por vezes toma-se por manutenção preditiva o monitoramento da vibração dos componentes, a termografia, o ultrassom, a tribologia e testes elétricos. Contudo, estas são na verdade algumas das técnicas de manutenção preditiva e não ela em si. A manutenção preditiva alinha-se com a ideia de ser uma filosofia que prega a utilização das reais condições de um equipamento ou sistema em prol de sua própria otimização (MOBLEY, 2002).

A manutenção preditiva também pode ser encarada como um tipo de manutenção preventiva de base condicional em substituição à temporal tradicional. Ao invés de embasar-se nas estatísticas de vida média dos componentes para programar sua agenda de ações, este método de gerenciamento usa as reais condições de funcionamento do equipamento para determinar o seu verdadeiro e específico MTTF ou sua perda de eficiência (MOBLEY, 2002).

De uma forma geral os métodos tradicionais de manutenção dispõem somente de uma ideia estimada de qual seria a durabilidade deste ou daquela componente. Esta noção imprecisa serve apenas como um guia para a tomada de decisões, a ser realizada pela equipe de manutenção. Tais decisões, deliberadas em manutenções corretivas e preventivas, acabam sendo dependentes da experiência pessoal e da intuição daqueles que gerenciam esses processos (MOBLEY, 2002).

Já a manutenção preditiva rompe com esse subjetivismo ao se fazer valer de dados reais de monitoramento, passíveis de serem submetidos a uma análise lógica objetiva e automatizada. Desta forma a probabilidade de erro humano passa a ter menos peso dentro do processo e a qualidade do gerenciamento torna-se perene, por independe de qualidades pessoais específicas, deste ou daquele profissional partícipe do gerenciamento da manutenção.

Outra ideia fundamental que compõem o conceito de manutenção preditiva é o monitoramento de tendência e do modo de falha de um equipamento ou componente (SPAMER, 2009). O registro contínuo dos parâmetros permite a modelagem de perfis individualizados do funcionamento normal dos mesmos. Este perfil deverá manter-se dentro da faixa de valores normais de operação, específica do componente ou sistemas a que se refere.

Discretas tendências de discrepância eventualmente mensuradas em relação a este espectro de valores normais podem efetivar a predição de uma falha. Um exemplo seria a detecção de valores elétricos ou de vibração fora dos padrões estabelecidos por suas respectivas “assinaturas” (SPAMER, 2009). Ao mesmo tempo em que monitora uma condição específica do equipamento, a manutenção preditiva registra e acumula dados que servem como base para a composição destas assinaturas.

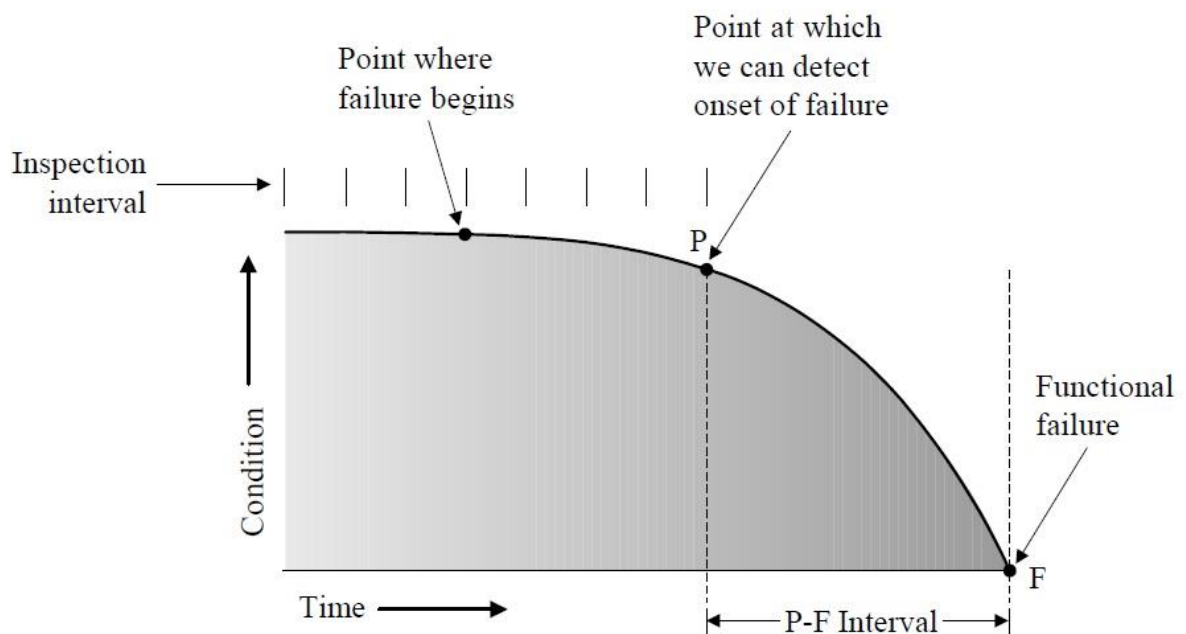
Manutenir um equipamento baseado apenas na sua concepção de projeto *Damage Tolerance* (GONZÁLEZ & ANDRADE, 2010) seria equivalente, por analogia, a executar procedimentos médicos invasivos em um paciente sem um diagnóstico do mesmo, baseando-se somente em estatísticas da população à qual ele pertence.

Muitos modos de falhas de equipamentos não estão relacionados ao tempo de uso dos mesmos. Este é mais um argumento que coloca em xeque a prática exclusiva de uma manutenção com base em calendários. No entanto, a maioria dessas falhas sinaliza que já está em curso ou por se iniciar. Caso alguma dessas

evidências possa ser encontrada, pode ser possível realizar ações para prevenir tais falhas ou evitar suas consequências (AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, 2004).

Durante um monitoramento preditivo contínuo ou por intervalos de um equipamento pode-se detectar o momento em que um componente apresenta uma deterioração do seu funcionamento, sinalizando uma possível falha futura. Esse momento, que não é o início do processo de falha, mas quando a degradação da condição é grande o suficiente para que possa ser detectada, é chamado de ponto de Início da Falha Potencial (*Onset of Failure*), e é designado pela letra P. Já o momento em que o colapso da funcionalidade do componente se efetua é designado como ponto de Falência Funcional (*Functional Failure*). Ambos pontos ajudam a traçar a curva de deterioração presente no Diagrama P-F (Figura 3), que relaciona a condição do equipamento em função do tempo (AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, 2004).

Figura 3- Diagrama P-F



Fonte: Guidance notes on reliability-centered maintenance – AMERICAN BUREAU OF SHIPPING (2004)

Antes da década de 1980 as técnicas de manutenção preditiva disponíveis eram incapazes de fornecer uma detecção precisa e antecipada de problemas

incipientes. Apenas com o advento de tecnologias como a análise de vibração baseada em microprocessadores, foi possível diagnosticar pequenos desvios das condições ideais de funcionamento de um sistema. Isso forneceu os meios necessários para se detectar algum eventual processo de deterioração dos componentes, ensejando assim ações preventivas contra a falha funcional, o cerne da preocupação do diagrama P-F (MOBLEY, 2002).

O período de tempo decorrido entre os pontos P e F é denominado intervalo P-F, que corresponde a um período de alerta. É importante reforçar que o processo de deterioração que culminará na falha não começa no ponto P, mas é somente neste ponto que ele passa a ser detectável com o uso do ferramental moderno. Para que o monitoramento da condição do equipamento seja efetivo, é necessário que os intervalos de análise sejam inferiores ao intervalo P-F. A razão óbvia para que isso aconteça é a de que se as checagens forem muito espaçadas, um processo de deterioração seguida de falha pode transcorrer entre duas aferições, que seriam ineficientes, neste caso (AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, 2004).

Segundo o American Bureau of Shipping (ABS), em sua publicação sobre Manutenção Centrada na Confiabilidade (*RCM – Reliability Centered Maintenance*), para que uma manutenção preditiva e seus conceitos de monitoramento de condição e tendências de funcionamento sejam eficientes, alguns aspectos tem que ser considerados (AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, 2004):

- a) O ponto de Início da Falha Potencial deve ser detectável através da mensuração de algum parâmetro que possa mostrar a deterioração de condição do equipamento. Além disso a equipe de manutenção deve ser capaz de estabelecer os limites que estipulam quando as ações corretivas devam ser tomadas;
- b) O intervalo P-F deve ser razoavelmente consistente de modo a impedir que as ações corretivas sejam implementadas prematuramente e que as falhas não ocorram antes das correções serem aplicadas;
- c) Os intervalos P-F também devem ser longos o suficiente para que o processo de falha possa ser detectado e corrigido no período de tempo delimitado pelos pontos P e F;
- d) As probabilidades de falha, e conseqüentemente de risco, devem ser reduzidas a um nível aceitável. As ações de checagem devem ser realizadas intervaladas de forma a definir este nível de segurança;

e) Eficiência econômica. O custo de executar as técnicas preditivas devem ser inferiores aos custos totais oriundos das consequências advindas das possíveis falhas.

Estes princípios foram elaborados tendo-se por base uma realidade de maquinários embarcados em navios e estruturas *offshore*, onde a falha do equipamento implica, na maioria das vezes, apenas em indisponibilidade do mesmo e em consequentes perdas econômicas. Em um contexto de manutenção aeronáutica as técnicas preditivas deveriam ser adotadas ainda que fossem mais onerosas do que arcar com os reparos das eventuais falhas, pois o que está em questão prioritariamente é a segurança de vidas e não a economia financeira.

2.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA AERONÁUTICA

Os primeiros Sistemas de Monitoramento de Condição para equipamentos aeronáuticos foram desenvolvidos no campo da aviação comercial. A ideia era a de que, através dos diagnósticos e seus respectivos prognósticos, os custos fossem reduzidos e a confiabilidade aumentada. Surgido há mais de 30 anos, esse novo conceito de manutenção baseada na condição teve seu voo certificado de estreia em 1991, equipando um helicóptero de transporte do Reino Unido (GONZÁLEZ & ANDRADE, 2010).

Neste caso das aeronaves de asas rotativas o conceito foi ampliado. Além da condição passou-se a monitorar também o emprego (Sistemas de Monitoramento de Condição e Emprego). Assim, não apenas a degradação de componentes do(s) grupo(s) motopropulsor(es) e da célula da aeronave eram gravados, comparados e analisados, mas também os registros de dados de voo e eventuais excedências de limites recomendados, como torque, velocidade, ITT (*Inter-Turbine Temperature*), etc. Assim, além de detectar a necessidade de condutas de manutenção específicas, esses procedimentos podiam sugerir também a realização de treinamentos com os pilotos (GONZÁLEZ & ANDRADE, 2010).

No item 2.4 deste trabalho falou-se sobre o subjetivismo muitas vezes presente nos métodos tradicionais de manutenções em contraposição ao caráter objetivo das técnicas preditivas de monitoramento de condição. Alinhado com essa ideia, observa-se que um Sistema de Diagnóstico Automático (SDA) tem por fim

fornecer subsídios para se otimizar ao máximo a taxa de correção das falhas, rebaixando ao mínimo a necessidade de intervenção humana (SILVA FILHO, AGUIAR, KOVÁCS, 2005).

Em Sistemas de Engenharia como uma aeronave o binômio presença ou ausência de falhas pode ser desdobrado em três estados possíveis, segundo Silva Filho *et al*: “Normal (sem falhas), Degradado (falhas parciais ou em uma parcela de suas funções) e Inoperante (totalmente falho)”. O processo de diagnóstico por meio das etapas de aquisição, tratamento e interpretação (SILVA FILHO, AGUIAR, KOVÁCS, 2005) e a reversão segura e antecipada de um eventual estado “Degradado” para o “Normal”, antes de se atingir o ponto F do diagrama P-F, é o grande desafio e foco desse esforço de monitoramento.

Segundo a AgustaWestland, fabricante do helicóptero AW119 MKII, não existe, para ele, um Sistema de Monitoramento de Condição e Emprego (*Health and Usage Monitoring System – HUMS*). Por outro lado a empresa Pratt & Whitney (P&W), fabricante do motor PT6B-37A que equipa o Koala, disponibiliza aos operadores deste equipamento um sistema de Diagnóstico, Prognóstico e Gerenciamento da Condição (*Diagnostics, Prognostics & Health Management - DPHM*).

Conforme consta no Boletim Técnico (*Bollettino Tecnico*) N°119-051 emitido pela Agusta Westland em 12 de dezembro de 2012, o Kit de Instalação do Sistema de Monitoramento de Motor (*Engine Monitoring System Installation Kit – Part Number 109G7706R01-101*) é aplicável a todos AW119 MKII a partir do S/N 14701 (AGUSTAWESTLAND, 2012). Ou seja, é passível de ser aplicado no Koala do CBMGO, com S/N 14765, conforme exposto no início deste trabalho.

Dentre os recursos DPHM disponíveis para o motor PT6B-37A está o Sistema de Aquisição de Dados de Aeronave (*Aircraft Data Acquisition System – ADAS*), cujo módulo, montado no compartimento da proa do helicóptero, provê a coleta e o armazenamento de dados não só do motor, mas também da aeronave, desde o acionamento ao corte (AGUSTAWESTLAND, 2012). Assim, este equipamento realiza não só o monitoramento da condição, mas também do emprego da máquina, conforme a tendência apontada por González & Andrade (2010).

O outro hardware que compõem este sistema de monitoramento é a Unidade de Transmissão de Dados (*Data Transmission Unit – DTU*). A finalidade deste módulo é exatamente a que seu nome sugere, ou seja, a transferência dos

dados armazenados no ADAS para uma central de dados de um servidor em terra. Isso é feito automaticamente após cada corte do motor, via conexão de celular GSM/GPRS ou por Wi-Fi. A partir de junho de 2015, o serviço de monitoramento dos motores P&W começou a migrar para a plataforma da Camp Systems Inc.

Na forma como está modelado, este sistema de monitoramento realiza a captura contínua dos dados. O envio automático para o servidor e subsequente análise, permite ao operador acompanhar rotineiramente os perfis de funcionamento de seus parâmetros e observar eventuais processos de degradação. Paralela e independentemente a isso, o servidor realiza estas análises, fornecendo alertas sobre eventuais situações de risco detectadas, sejam elas críticas ou incipientes.

Como os dados de captura são feitos de forma ininterrupta e são analisados em curtos intervalos, já que a cada ciclo do motor um pacote de dados é enviado, observa-se que estão adequados a não extrapolar eventuais intervalos P-F. Assim, é grande a probabilidade de que falhas sejam diagnosticadas, prognosticadas e corrigidas antes dos seus possíveis efeitos catastróficos. Cumpre dessa maneira aquilo que em essência é esperado de um sistema de manutenção preditiva.

CONCLUSÃO

Observou-se inicialmente que o helicóptero AW119 MKII do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás é uma aeronave monoturbina e que, como tal, possui procedimentos de emergência específicos e eficientes para casos de apagamento do motor durante o voo. Contudo, para além da formação técnica e proficiência da equipe de pilotos, a realização deste tipo de manobras depende crucialmente dos parâmetros de voo (altura e velocidade) da aeronave no momento da pane de motor.

Esses índices de segurança são facilmente preservados quando o emprego da aeronave é realizado em situações corriqueiras de transporte, entre aeródromos ou helipontos homologados. No entanto, para o cumprimento de missões típicas de bombeiros, no CBMGO especificamente, a máquina acaba ficando exposta, na maioria dos casos, a condições precárias dentro do diagrama altura-velocidade, vulgarmente denominado como “Curva do Homem Morto”.

Não dispor de dois motores para se manter em voo seguro no caso de pane de um deles, nem permanecer dentro dos parâmetros de segurança para a

realização de uma autorrotação em caso de pane de seu único motor. A conjugação desses fatores gera uma condição extremamente desfavorável para a tripulação do helicóptero AW119 MKII, que tem que devotar uma total e irrestrita confiança no funcionamento do motor PT6B-37A, o único a equipar esta aeronave.

Assim, não basta apenas ter uma manutenção corretiva capaz de sanar os defeitos depois que eles apareçam. Também não é suficiente praticar adicionalmente uma manutenção preventiva que, através de estatísticas e do histórico de funcionamento de equipamentos iguais ou similares, sugiram ações e substituições de componentes por tempo de calendário ou de voo. Até mesmo porque, como foi exposto, as intervenções de manutenção invasivas trazem benefícios, mas também podem constituir riscos.

Faz-se necessário, sobretudo, um diagnóstico fidedigno do funcionamento real do equipamento que se opera, traçando seus perfis de funcionamento normal para que eventuais processos de degradação sejam detectados com antecedência considerável à falha. Ademais espera-se que, em sentido inverso, esse diagnóstico seja capaz de assegurar que este ou aquele componente ainda esteja em condições de uso, evitando assim descartes de peças de alto custo por basear-se apenas em recomendações de cunho preventivo estatístico.

Conclui-se, portanto, que a gestão da manutenção aeronáutica de asas rotativas do CBMGO deve alinhar-se o quanto antes com as eficientes práticas modernas de monitoramento de condição, de tendência e de emprego atualmente existentes. A manutenção preditiva neste contexto agregará o duplo ganho de, em primeiro lugar, proteger a vida da tripulação, vítima e pessoas em solo, e, em segundo, otimizar as ações de manutenção em si, por meio da diminuição da indisponibilidade da máquina e do incremento da sua economicidade.

REFERÊNCIAS

AGUSTAWESTLAND. **AW119 MKII Rotorcraft Flight Manual**. Somma Lombardo, VA: AgustaWestland S.p.A., 2007.

AGUSTAWESTLAND. **Bollettino Tecnico N°119-051**. Cascina Costa di Samarate, VA: AgustaWestland S.p.A., 2012.

AMERICAN BUREAU OF SHIPPING. **Guidance notes on reliability-centered maintenance**. Houston, TX: ABS, 2004.

ANDRADE, Átila Dédalo. **Análise do custo do ciclo de vida, um estudo para reflexão**. Revista de Segurança de Voo da Aviação do Exército, São Paulo, n. 11, ago. 2008.

FALCO, Javert Guimarães. **Estatística Aplicada**. Cuiabá: EdUFMT, 2008.

FARCIC, Pedro Luís. **CENIPA informa sobre as investigações do PP-LLS**. Nota Oficial, Brasília, 02 jun. 2015. Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/22230/Cenipa-informa-sobre-as-investigacoes-do-helicoptero-PP-LLS>>. Acesso em: 27 jun. 2015.

_____, Pedro Luís. **CENIPA informa sobre as investigações do PP-LLS**. Nota Oficial, Brasília, 03 jun. 2015. Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/22246/NOTA-OFICIAL---CENIPA-informa-sobre-as-investigacoes-do-helicoptero-PP-LLS>>. Acesso em: 27 jun. 2015.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Helicopter Flying Handbook**. Oklahoma City: United States Department of Transportation, 2012.

GONZÁLEZ, Rafael de Abreu; ANDRADE, Donizeti. **Uma análise qualitativa da filosofia HUMS na manutenção preditiva focada no nível vibratório devido a condições operacionais de helicópteros**. Revista Conexão SIPAER/ Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, Brasília, v. 2, n.1, nov. 2010.

JOFFILY, Kleber. **Aerodinâmica do helicóptero**. 1. ed. Curitiba: Nova Cultural, 2000.

KLUTKE, Georgia-Ann; KIESSLER, Peter C; WORTMAN, M. A. **A Critical Look at the Bathtub Curve**. IEEE Transactions on Reliability, v. 52, n. 1, mar. 2003.

KRUGER, William. **The role of electrical signature analysis in predictive maintenance**. Plant Services Articles, 11 jan, 2011. Disponível em: <<http://www.plantservices.com/articles/2011/01/electricalsignatureanalysis/>>. Acesso em 22 jun. 2015.

MOBLEY, R. Keith. **An Introduction to Predictive Maintenance**. 2.ed. New York: Butterworth-Heinemann, 2002.

RODRIGUES, Luís Eduardo Miranda José. **Auto-rotação de helicópteros: um modelo analítico para o traçado do diagrama de altura versus velocidade**.

Exacta, São Paulo, v.4, n.1, jan./jun. 2006.

SAN DIMAS TECHNOLOGY & DEVELOPMENT CENTER *et al.* **Professional helicopter pilot guide**. Washington: United States Department of Agriculture, 1996.

SILVA FILHO, Reginaldo Inojosa da; AGUIAR, Mariana Antonia; KOVÁCS, Zsolt Lazslo. **Um estudo de caso genérico de diagnóstico preditivo para sistemas complexos**. 2005. 13 f. Anais: IV SITRAER, São José dos Campos/SP – Departamento de Sistemas Eletrônicos, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2005.

SPAMER, Fernanda Rosa. **Técnicas preditivas de manutenção de máquinas rotativas**. 2009. 254p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

ANEXO



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA PÚBLICA

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS

Questionário para subsidiar a elaboração do Artigo Científico: **“A importância de se implementar uma manutenção preditiva no motor PT6B-37A do helicóptero AW119 MKII do CBMGO”** – *Cristian Wening Santana Capitão QOC.*

Identificação do Entrevistado

Nome: _____.

Posto: _____.

Função: *Comandante de Aeronave de Asas Rotativas.*

Para o preenchimento deste questionário considere:

- i. apenas missões bombeiro militar realizadas em helicópteros do tipo AW119 MKII;
- ii. os diagramas altura/velocidade em anexo, extraídos do manual de voo do helicóptero AW119 MKII;
- iii. todas as missões por você executadas na função de Comandante de aeronave e na de copiloto em helicópteros AW119 MKII;
- iv. para assinalar como resposta, nas respectivas missões apresentadas em cada questão, o valor que mais se aproxima da média percentual do tempo em que você avalia que o helicóptero AW119 MKII permaneceu **dentro dos parâmetros de risco** para a realização da manobra de autorrotação, caso houvesse um apagamento do motor;
- v. para essa média percentual aproximada apenas o tempo efetivamente gasto para a realização da missão operacional apresentada na questão, ou seja, desconsidere os tempos gastos em voos de cruzeiro.

Nas missões descritas a seguir, assinale a alternativa que melhor representa a média percentual do tempo em que você já permaneceu na missão em tela **dentro dos parâmetros de risco** para a realização da manobra de autorrotação, ou em termos correntes, **dentro da curva do homem morto**:

1. Pouso e decolagem em áreas restritas:

0% 25% 50% 75% 100%

2. Voo de busca a pessoas desaparecidas:

0% 25% 50% 75% 100%

3. Lançamento de tripulantes através da técnica de *rappel*:

0% 25% 50% 75% 100%

4. Extricação de pessoas ou bens através da técnica *McGuire*:

0% 25% 50% 75% 100%

5. Combate a incêndio em vegetação utilizando o *helicopter bucket*:

0% 25% 50% 75% 100%