

# **SILOMS como a fonte de dados de manutenção para a metodologia MSG-3 aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas**

*SILOMS as maintenance data source for MSG-3 methodology applied to C-105 Amazonas airship maintenance plan*

*SILOMS como la fuente de datos de mantenimiento para la metodología MSG-3 aplicada al plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas*

Ten Cel Eng Fabrício José Saito, Mestre  
Parque de Material Aeronáutico de São Paulo - PAMASP  
São Paulo/SP - Brasil  
fabriciojsaito@gmail.com

## **RESUMO**

Este artigo visa apresentar de que forma o conjunto de informações logísticas, disponibilizadas pelo Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços (SILOMS), atende à metodologia MSG-3 (*Maintenance Steering Group-3*) que foi aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas da Força Aérea Brasileira. A pesquisa, com base em documentos técnicos sobre MSG-3 e em manuais e instruções do COMAER, identificou as informações necessárias para uma eventual revisão do plano de manutenção. Ao serem comparadas as necessidades com aquilo que é disponibilizado pelo SILOMS, verificou-se um atendimento parcial que impede a utilização da metodologia MSG-3 em sua plenitude. Neste artigo conclui-se que essa indisponibilidade de informações torna inviável qualquer iniciativa referente à revisão do plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas, se o devido suporte da metodologia MSG-3 for um requisito.

**Palavras-chave:** MSG-3. SILOMS. Plano de manutenção. C-105 Amazonas.

Recebido / Received / Recibido  
06/03/14

Aceito / Accepted / Aceptado  
10/03/14

## ABSTRACT

*This paper is intended to present how a set of logistic information, made available by the Materials and Services Integrated Logistics System (SILOMS), complies with MSG-3 (Maintenance Steering Group-3) methodology, applied to Brazilian Air Force (FAB) C-105 Amazonas airship maintenance plan. The research, based on technical documents on MSG-3 and COMAER handbooks and instructions, has identified the information required to an eventual review of the maintenance plan. A comparison between the needs and the content made available by SILOMS has shown a partial compliance that hinders the plain use of MSG-3 methodology. In this paper it is concluded that this lack of information available makes unfeasible any initiative related to C-105 Amazonas airship maintenance plan review, if the correct support of MSG-3 methodology is a requirement.*

**Keywords:** MSG-3. SILOMS. Maintenance plan. C-105 Amazonas.

## RESUMEN

*Este artículo tiene como fin presentar de qué forma el grupo de informaciones logísticas, ofrecidas por el Sistema Integrado de Logística de Material y de Servicios (SILOMS), cumple con la metodología MSG-3 (Maintenance Steering Group-3) que fue aplicada al plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas de la Fuerza Aérea Brasileña. La investigación, basada en documentos técnicos sobre MSG-3 y en manuales e instrucciones del COMAER, identificó las informaciones necesarias para una eventual revisión del plan de mantenimiento. Al comparar las necesidades con aquello que es ofrecido por el SILOMS, se verificó un cumplimiento parcial que impide la utilización de la metodología MSG-3 en su plenitud. En este artículo se concluye que esa indisponibilidad de informaciones torna inviable cualquier iniciativa referente a la revisión del plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas, si el debido soporte de la metodología MSG-3 fuera un requisito.*

**Palabras-clave:** MSG-3. SILOMS. Plan de mantenimiento. C-105 Amazonas.

## 1 INTRODUÇÃO

Como as mais diversas forças militares no mundo, o Comando da Aeronáutica (COMAER) também é desafiado a encontrar soluções que viabilizem o aumento de eficiência nas suas diversas operações. A maioria dos desafios identificados por esse Comando encontram-se listados basicamente em dois documentos: a Estratégia Nacional de Defesa (END) e o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2010-2031 (PEMAER).

A END estabelece que, em tempos de paz

as organizações militares serão articuladas para conciliar o atendimento às Hipóteses de Emprego com a necessidade de otimizar os seus custos de manutenção e para proporcionar a realização do adiestramento em ambientes operacionais específicos. (BRASIL, 2008).

O PEMAER compõe o desdobramento da END no âmbito do COMAER e claramente aponta

a necessidade de as atividades de logística estarem bastante sintonizadas na evolução tecnológica das ferramentas que apoiam as funções logísticas de manutenção e suprimento. (BRASIL, 2010).

Nesse contexto, encontra-se perfeitamente alinhada a busca por alternativas que tragam consigo aumentos na disponibilidade de aeronaves com a devida redução nos custos de manutenção. De forma geral, medidas de eficiência são traduzidas por meio do quociente entre produção (aeronaves disponíveis) e insumos (recursos orçamentários). O esforço deve ser, portanto, fazer mais com menos, atacando simultaneamente o numerador e o denominador dessa razão. Ao se manter o foco no binômio disponibilidade

de aeronaves e recursos orçamentários, fica claro que o suporte logístico de um sistema de armas deve ser objeto de permanente análise e acompanhamento. Parte dessa análise, obrigatoriamente, abordará a frequência de manutenções (corretiva e preventiva) e as respectivas tarefas de manutenção, necessárias à garantia de uma operação segura. Contudo, sempre que essas tarefas acontecem, despesas são realizadas e ocorre a indisponibilidade do sistema.

A evolução tecnológica dos sistemas aeronáuticos tem apresentado ao mercado aeronaves de maior capacidade operacional, com estruturas cada vez mais complexas. As aeronaves modernas são compostas de diversos sistemas, com funções específicas integradas. Nesse cenário, seria correto imaginar que a operação segura de um avião requer um sólido conhecimento do funcionamento e da interação de seus sistemas? Em parte.

Para um voo seguro, deve-se, sem dúvida, compreender o funcionamento da aeronave, mas isso não é suficiente, visto que não basta apenas saber como o sistema funciona, mas entender como ele falha. Nesse sentido, a segurança também será garantida se a mecânica de todas as possíveis falhas for perfeitamente identificada e descrita.

Embora não tão visível quanto uma alteração de *design*, a manutenção de aeronaves evoluiu na compreensão crescente dos mecanismos de falha. Aeronaves da década de 50 apresentavam planos de manutenção preventiva rigorosos, contemplando, muitas vezes, a revisão completa de um equipamento, sistema ou aeronave. Para um leigo, saber que o avião foi desmontado, inspecionado, revisado e montado novamente traduzia-se em garantia de segurança.

Por vários anos, isso foi senso comum para aeronaves como Douglas DC-3, DHC-5 Buffalo e Boeing 707, tomadas como exemplo apenas aeronaves do acervo da FAB.

Hoje, analisando esses antigos planos de manutenção, verifica-se que o desconhecimento do processo de falha levou a decisões conservativas de exigir-se, periodicamente, o *overhaul* (tarefa de desmontar, inspecionar, revisar e montar) de equipamentos, sistemas e aeronaves. Esse paradigma durou até o momento em que o plano de manutenção de aeronaves maiores e mais complexas passou a exigir elevados níveis de mão de obra e custos. A contrapartida era a baixa disponibilidade operacional em virtude dos prazos dilatados para cumprimento das tarefas de manutenção, que inviabilizaria economicamente a utilização das futuras aeronaves.

Assim, dada a necessidade de aperfeiçoar-se o plano de manutenção e de garantir níveis de segurança aceitáveis, apresentou-se o conceito de RCM – *Reliability Centered Maintenance* (Manutenção Centrada em Confiabilidade), em que, em essência, identificam-se os modos de falha que afetam o funcionamento do sistema e, em seguida, avaliam-se as consequências de cada falha para, finalmente, serem estabelecidas, no plano de manutenção, as tarefas aplicáveis e efetivas para prevenção de falhas funcionais. Nowlan e Heap (1978), ao apresentarem o novo enfoque, revolucionaram o processo de desenvolvimento de plano de manutenção e proveram a base lógica para a metodologia MSG-3.

Com a entrada em serviço de uma aeronave, é comum que os dados de operação experimentados não sejam exatamente os que foram considerados durante o desenvolvimento. Dessa forma, informações atualizadas devem ser coletadas para realimentarem o processo MSG-3 e, assim, eventualmente, revisarem tarefas e intervalos do plano de manutenção original.

No âmbito do COMAER, o Parque Central da aeronave é o órgão responsável por conduzir o processo de revisão do plano de manutenção, enquanto o Sistema Integrado de Logística de Material e Serviços (SILOMS) é a fonte de dados operacionais. Esse sistema teria, então, o papel de prover o mesmo conjunto de informações de equipamentos/sistemas que foi utilizado no processo MSG-3 inicial.

O C-105 Amazonas está em operação no COMAER desde 2006 e seu plano de manutenção preventiva foi desenvolvido conforme o MSG-3, portanto é plausível antever-se uma necessidade futura de o Parque Central, Parque de Material Aeronáutico de São Paulo (PAMASP), revisar o plano de manutenção do C-105 Amazonas. Essa revisão, em razão de impactos operacionais e econômicos, deve ser objeto de estudo para garantir que o C-105 Amazonas disponha de um plano de manutenção eficiente e coerente com a realidade operacional da aeronave.

Dados os desafios impostos pela END e pelo PEMAER, este estudo, na busca pela eficiência da manutenção, pretende

verificar a capacidade de o SILOMS disponibilizar ao PAMASP os dados de manutenção requeridos pela metodologia MSG-3.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta os principais conceitos de um plano de manutenção desenvolvido de acordo com o MSG-3, tendo como base o trabalho de Nowlan e Heap e o documento ATA MSG-3: *Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development Document*. Na literatura acessada, são identificados os dados de manutenção requeridos para aplicação da metodologia. Finalmente, para situar este trabalho no cenário logístico da FAB, uma descrição do SILOMS é conduzida.

### 2.1 MSG-3 – Histórico e conceito

O desenvolvimento de um plano de manutenção preventiva sempre traz à tona discussões econômicas e técnicas. Para um equipamento com sistemas complexos como um avião, cuja falha pode resultar em grandes perdas, é natural que seja adotado um comportamento conservativo. Esse pensamento dominou o cenário inicial de operação de aeronaves e paradigmas de manutenção, baseados em inspeção e trocas frequentes de componentes. Os planos de manutenção foram dominantes como forma de evitar-se a ocorrência de falhas catastróficas. Quando o item apresentava taxas de falha inaceitáveis, a solução consistia em aumentar-se a frequência de inspeções, revisões gerais e substituições.

Em termos de projeto e fabricação, a década de 60 trouxe grandes avanços tecnológicos que afetaram positivamente a confiabilidade inerente aos componentes aeronáuticos, contudo o plano de manutenção das novas aeronaves não teve o mesmo passo evolucionário. A consequência de continuar com esses paradigmas antigos na manutenção de sistemas mais complexos foi o crescimento dos custos de suporte. Na segunda metade dessa década, o desenvolvimento do Boeing 747, primeira aeronave *wide body*, trouxe a motivação necessária que levou as companhias aéreas a analisarem os dados operacionais, havendo-se verificado que a confiabilidade dos sistemas aeronáuticos não guardava relação direta com a frequência das inspeções e o intervalo de revisões gerais.

Em julho de 1968, o *Maintenance Steering Group* (MSG), formado por representantes do Federal Aviation Administration (FAA), fabricantes e companhias aéreas, desenvolveu o Handbook MSG-1 (*Maintenance Evaluation and Program Development*), que seria usado para elaborar o plano de manutenção do Boeing 747 (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003). Essa foi a primeira tentativa de aplicação dos conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM – *Reliability Centered Maintenance*) (NOWLAN; HEAP, 1978).

Em seguida, melhorias foram incorporadas ao processo decisório inicialmente apresentado no MSG-1 e um segundo documento MSG-2 (*Airline/Manufacturer Maintenance Program*

*Planning Document*) foi desenvolvido e aplicado aos planos de manutenção das aeronaves Lockheed 1011 e Douglas DC-10 (NOWLAN; HEAP, 1978). Ambos os documentos tinham o objetivo de desenvolver um programa de manutenção preventiva, capaz de garantir a máxima segurança e confiabilidade operacional o mais próximo da inerente a um custo mínimo. O sucesso da iniciativa foi imediatamente percebido ao se compararem os planos de manutenção de aeronaves semelhantes no tamanho (DC-8 e DC-10). Enquanto para manter o DC-8 seria necessária a revisão periódica de 339 itens, no DC-10, que se baseou no MSG-2, apenas sete apresentavam a mesma demanda (NOWLAN; HEAP, 1978).

Em 1979, a composição do grupo MSG ganhou em diversidade ao contar com a participação de representantes da ATA (Air Transport Association), FAA, Autoridade de Aviação Civil do Reino Unido (CAA/UK), Marinha Norte-Americana, companhias aéreas estrangeiras e diversos fabricantes de componentes e motor. Embora tenha mantido os conceitos fundamentais, o novo documento MSG-3 foi elaborado para tornar sua aplicação mais amigável (SPITLER, 1990).

Batizado de “*Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development Document*” (Documento de desenvolvimento de manutenção programada do Operador/Fabricante), o MSG-3, como processo de decisão, trouxe melhorias, comparado ao MSG-2 (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003). Entre elas pode-se citar:

- a) análise de consequência da falha funcional, categorizando-a em segurança e econômica;
- b) incorporação de considerações sobre danos estruturais;
- c) orientação à tarefa de manutenção em vez do processo como estabelecido no MSG-2;
- d) inclusão da tarefa de serviço/lubrificação como parte da lógica; e

e) separação clara entre tarefas economicamente desejáveis e necessárias para uma operação segura.

O processo MSG-3, em seu todo, define claramente os seguintes objetivos de uma manutenção programada (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003):

- a) garantir que os níveis inerentes de confiabilidade e segurança da aeronave sejam alcançados;
- b) restaurar os níveis inerentes de confiabilidade e segurança da aeronave quando uma deterioração ocorre;
- c) obter dados necessários para melhorias de projeto de itens, cuja confiabilidade inerente seja inadequada; e
- d) alcançar seus objetivos a um custo mínimo.

### 2.2 MSG-3 – A lógica

A lógica de decisão deve ser aplicada a cada MSI (*Maintenance Significant Item*). O MCA 400-15 define MSI como

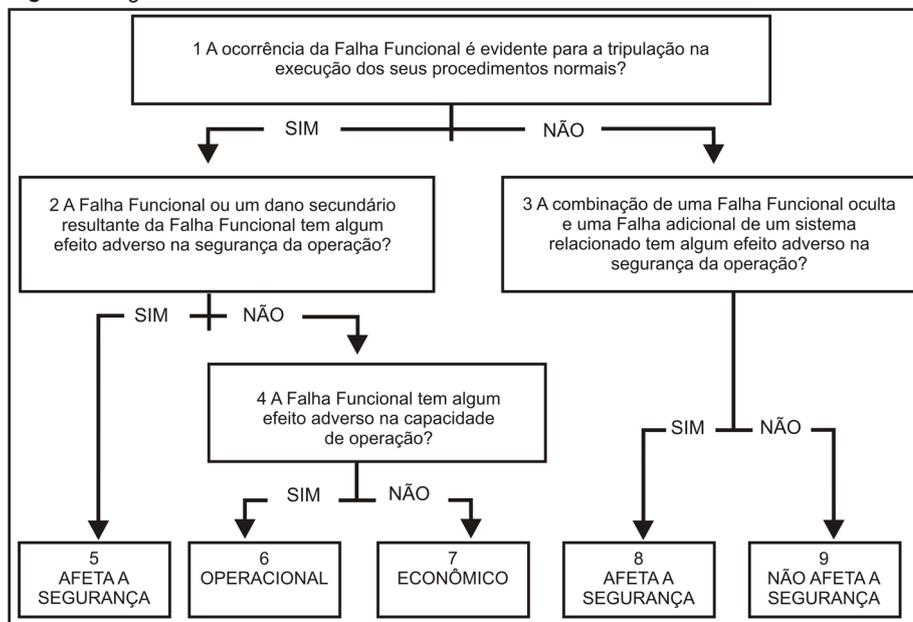
item significativo de manutenção, cuja falha funcional tem impacto operacional, econômico ou na segurança de um sistema. Normalmente escolhido com base em uma lógica específica, buscando-se um nível ótimo de detalhamento do sistema estudado. (BRASIL, 2006).

Para cada MSI deve-se definir:

- a) função: o que o item realiza no sistema;
- b) falha funcional: quando o item não realiza a sua função;
- c) efeito da falha: resultado da falha funcional; e
- d) causa da falha: razão pela qual a falha ocorreu.

A Figura 1 representa a lógica a ser aplicada no primeiro nível de análise (questões 1, 2, 3 e 4) e a busca em identificar as consequências de cada falha funcional para determinar a categoria de efeito da falha (categorias 5, 6, 7, 8 ou 9).

**Figura 1:** Lógica MSG-3 Nível 1.



Fonte: Brasil (2006).

### 2.3 MSG-3 – Critério para escolha de tarefa de manutenção

No segundo nível, buscam-se as causas da falha de cada MSI e, imediatamente, avalia-se a viabilidade de uma tarefa de manutenção preventiva capaz de garantir a confiabilidade inerente da aeronave. Para tanto, as seguintes perguntas devem ser analisadas para as categorias de falha de 5 a 9:

a) uma tarefa de lubrificação ou serviço é aplicável e efetiva?

b) um cheque operacional ou visual é aplicável e

efetivo? (categorias de falha funcional oculta, 8 e 9)

c) uma inspeção ou cheque funcional para detectar a degradação da função é aplicável e efetiva?

d) uma tarefa de restauração para reduzir a taxa de falha é aplicável e efetiva?

e) uma tarefa de descarte para evitar falhas ou reduzir a taxa de falha é aplicável e efetiva?

f) há alguma outra tarefa ou combinação de tarefas aplicáveis e efetivas? (categorias de segurança, 5 e 8)

O Quadro 1 a seguir, modificada da MCA 400-15, contém a coluna “Exemplo”, na qual algumas tarefas típicas de manutenção programada foram listadas.

**Quadro 1:** Critério de seleção de tarefas.

TAREFA	CRITÉRIO DE APLICAÇÃO	EXEMPLO	EFETIVIDADE SEGURANÇA	EFETIVIDADE OPERACIONAL	EFETIVIDADE ECONÔMICA
<b>LUBRIFICAÇÃO OU SERVIÇO</b>	A reposição de itens de consumo deve reduzir a taxa de degradação funcional.	Lubrificar dobradiças e verificar pressão de pneus.	A tarefa deve reduzir o risco de falha.	A tarefa deve reduzir o risco de falha a um nível aceitável.	A tarefa deve ser custo-efetiva (custo da tarefa menor que o custo da falha).
<b>CHEQUE OPERACIONAL OU VISUAL</b>	Identificação da falha deve ser possível.	Verificar nível de óleo.	A tarefa deve garantir a disponibilidade adequada da função oculta a fim de reduzir o risco de falhas múltiplas.	Não aplicável.	A tarefa deve assegurar a disponibilidade adequada da função oculta a fim de evitar feitos econômicos de falhas múltiplas e ser custo-efetiva (custo da tarefa menor que o custo da falha).
<b>INSPEÇÃO OU CHEQUE FUNCIONAL</b>	A redução da resistência à falha deve ser detectável. Deve existir um intervalo razoável entre a condição de degradação e a falha funcional.	Inspeção visual do motor, raio-x, ultrassom.	A tarefa deve reduzir o risco de falha para garantir uma operação segura.	A tarefa deve reduzir o risco de falha até um nível aceitável.	A tarefa deve ser custo-efetiva (custo da tarefa menor que o custo da falha).
<b>RESTAURAÇÃO</b>	O MSI deve apresentar características de degradação funcional em uma idade operacional identificável e a maior parte das unidades deve sobreviver até essa idade especificada. Deve ser possível restaurar o MSI até um padrão aceitável de resistência à falha.	Limpeza de filtro, revisão geral de motor.	A tarefa deve reduzir o risco de falha para garantir uma operação segura.	A tarefa deve reduzir o risco de falha até um nível aceitável.	A tarefa deve ser custo-efetiva (custo da tarefa menor que o custo da falha).
<b>DESCARTE</b>	O MSI deve apresentar características de degradação funcional em uma idade operacional identificável e a maior parte das unidades deve sobreviver até essa idade especificada.	Troca de filtros, itens com limite de vida.	O descarte na idade limite deve reduzir o risco de falha e garantir uma operação segura.	A tarefa deve reduzir o risco de falha até um nível aceitável.	A tarefa de descarte na idade limite do MSI deve ser custo-efetiva (custo da tarefa menor que o custo da falha).

Fonte: Adaptado de Brasil (2006).

Ao aplicar a lógica, caso não se alcance uma ação de manutenção adequada, o reprojeto do sistema em questão é mandatório, pois segurança é essencial.

## 2.4 MSG-3 – Intervalo das tarefas

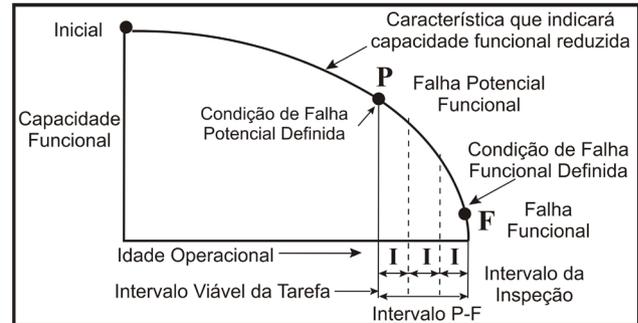
Definidas as tarefas de manutenção capazes de evitar a falha indesejável, chega-se a outra dimensão de qualquer plano de manutenção: a definição da periodicidade de cada tarefa. Deve-se selecionar a frequência de manutenção mais adequada, com base nas informações disponíveis de operação do sistema. Os intervalos de manutenção podem ser definidos, por exemplo, em unidades de tempo ou em dias, horas de voo, ciclos de voo e pousos.

A ATA MSG-3 e a NAVAIR 00-25-403 identificam os aspectos a serem considerados para as seguintes tarefas de manutenção:

- a) lubrificação ou serviço – foco na prevenção da falha:
  - o intervalo baseado na utilização do item e nas suas características de deterioração; e
  - condições climáticas e ambiente operacional devem ser considerados para definição das características de deterioração.
- b) cheque operacional ou visual – foco na identificação da falha:
  - tempo de exposição a uma falha oculta e as potenciais consequências se a função oculta não estiver disponível;
  - os intervalos devem reduzir a probabilidade de ocorrência de múltiplas falhas a um nível tolerável; e
  - probabilidade de que a própria tarefa leve a função oculta à falha.
- c) inspeção ou cheque funcional – foco na identificação de falha potencial:
  - deve existir uma condição clara de falha potencial;
  - essa condição deve ser detectável e indicar que um processo de falha está em andamento. Quando a inspeção revelar tal condição (tarefa “*on condition*”), ações corretivas devem ser conduzidas. *Tarefa on condition* ocorre somente quando necessário, deixando o equipamento operar até que uma falha potencial seja detectada, maximizando sua vida útil e minimizando os custos de reparo; e
  - a Figura 2 da Curva P-F, ilustra que, no momento em que a razão de degradação funcional é identificada, um intervalo I

é estabelecido de forma que haja ampla oportunidade para que essa condição seja detectada antes da falha funcional do equipamento. Para tanto, deve-se dispor de uma condição definida de falha potencial (ponto P) e da estimativa de tempo, até que a falha funcional (ponto F) seja atingida.

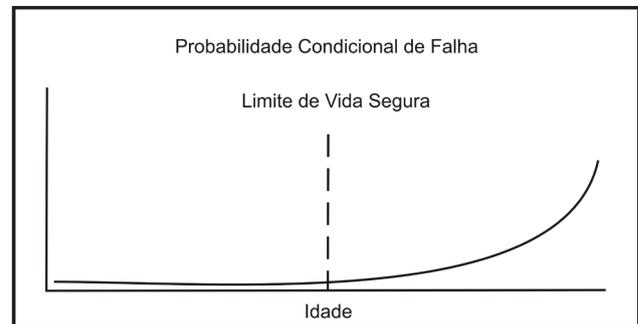
Figura 2: Curva P-F.



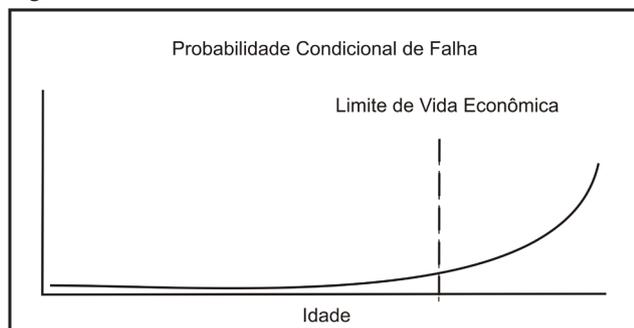
Fonte: Adaptado de United States of America (2003, p. III-14, tradução nossa).

- d) restauração ou descarte – foco em evitar a falha:
  - intervalos devem ser baseados no conceito de existir um limite de vida para o componente, sendo necessária a revisão geral ou substituição para que a confiabilidade inerente do sistema seja recuperada;
  - dois termos são usados para diferenciar o item, cujo limite de vida afeta a segurança daquele que acarreta apenas impacto econômico: limite de vida segura e limite de vida econômica, respectivamente;
  - limite de vida segura deve garantir a não ocorrência de falhas (Figura 3), pois as consequências de falha afetam a segurança; e
  - limite de vida econômica acarreta apenas impactos econômicos, podendo ser relaxado e incluir risco para uma eventual falha (Figura 4).

Figura 3: Limite de Vida Segura.



Fonte: United States of America (2003, p. III-18, tradução nossa).

**Figura 4:** Limite de Vida Econômica.

**Fonte:** United States of America (2003, p. III-18, tradução nossa).

O desafio de se estabelecer o intervalo apropriado permanecerá ao longo de toda a vida operacional da aeronave, podendo evoluir ao longo desse tempo. Daí a necessidade imprescindível do registro preciso e completo do histórico funcional dos diversos equipamentos, visto que tais informações, ao serem devidamente analisadas, suportarão as futuras revisões do plano de manutenção.

## 2.5 SILOMS

Em 21 de janeiro de 1993, foi criado o Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços (SILOMS) com o objetivo de unificar os processos logísticos do COMAER por meio de uma base de dados integrada. Para tanto, seria disponibilizada uma ferramenta única para gestão das atividades que padronizasse métodos e processos.

O SILOMS é um Sistema *on line* do tipo ERP (*Enterprise Resources Planning*), que engloba funcionalidades de MRP II (*Management Resources Planning*) com banco de dados centralizado, destinado a apoiar a gerência de atividades da logística do COMAER, integrando a cadeia de suprimentos, bem como toda a Catalogação de Material pelo Sistema OTAN. Além disso, está integrado ao Sistema Militar de Catalogação – SISMICAT (SILOMS, 2013).

Para atingir o seu objetivo, o SILOMS está dividido em módulos e submódulos, sendo os principais Administração, Aquisição, Suprimento, Combustíveis e Lubrificantes, Catalogação, Manutenção, Transporte, Recursos Humanos, Apoio à Decisão e Material Bélico (BRASIL, 2007). Especificamente, no módulo Manutenção realizam-se as seguintes atividades: planejamento dos recursos necessários à manutenção; planejamento e programação dos serviços; controle e análise dos defeitos; e obtenção de indicadores logísticos.

Para tanto, divide-se nos seguintes submódulos: Produção, Controle, Planejamento, Engenharia e Publicação.

Atualmente, o SILOMS é utilizado efetiva e aproximadamente por 333 (trezentas e trinta e três) unidades em todos os estados do país, chegando a possuir um total de mais de 15.000 (quinze mil) usuários cadastrados (SILOMS, 2013).

## 3 METODOLOGIA

Este trabalho consistiu em pesquisa documental baseada em análise de documentos oficiais e técnicos. A metodologia adotada balizou-se nos seguintes pontos:

a) levantar o conjunto de dados necessários à elaboração de um plano de manutenção de acordo com a metodologia MSG-3. Para tanto, uma revisão da literatura foi necessária para se obter uma lista de dados de manutenção e operação que deveriam ser disponibilizados para as devidas análises estabelecidas pela metodologia MSG-3;

b) com base no plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas, tomar como amostra a tarefa de manutenção relativa à bomba hidráulica para fins ilustrativos do produto final da metodologia MSG-3 e para auxílio à pesquisa sobre os dados de manutenção atualmente disponibilizados pelo SILOMS. Fontes alternativas (ou não oficiais) que pudessem atender a análise MSG-3 não são consideradas;

c) de posse de uma breve apresentação do item, verificar a capacidade do SILOMS em prover as informações necessárias para que o PAMASP pudesse realizar uma revisão da tarefa de manutenção à luz do MSG-3;

d) o trabalho junto ao SILOMS constou de entrevistas aos programadores e de acesso ao próprio sistema em sua versão corrente; e

e) no decorrer dessas oportunidades, foi verificado, de forma positiva, se o SILOMS provia a informação ao questionar o relatório e/ou o módulo/submódulo que disponibilizaria o dado requerido.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Nowlan e Heap (1978) afirmam que um plano de manutenção programada deve ser dinâmico e o usuário da aeronave deve dispor de um sistema de coleta e análise de dados operacionais dos equipamentos. Essa informação é necessária para determinar as melhorias e modificações necessárias, tanto do plano original do fabricante, quanto do produto em si. Os autores também expuseram as informações necessárias à análise de Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM), conforme Quadro 2.

**Quadro 2:** Dados requeridos para análise.

1. Identificação do Item	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Tipo de Aeronave</li> <li>b. Designação do Sistema</li> <li>c. Nome</li> <li>d. PN do Fabricante</li> <li>e. Quantidade por Aeronave (QPA)</li> </ul>
2. Informação do Item	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Descrição (função e principais componentes)</li> <li>b. Redundâncias e características de proteção (incluindo instrumentação)</li> <li>c. Equipamento de autoteste (BIT – <i>Built-in Test</i>)</li> </ul>
3. Dados de Confiabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Taxa de remoção prematura</li> <li>b. Taxa de falha</li> </ul>
4. Restrições Operacionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Aeronave pode ser despachada com o item em falha?</li> <li>b. Caso positivo, há condições limitadoras?</li> </ul>
5. Dados para RCM / MSG-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Função do item</li> <li>b. Falhas funcionais para cada função</li> <li>c. Modos de falha</li> <li>d. Efeito da falha para cada modo de falha</li> <li>e. Evidências de falha funcional</li> <li>f. Efeitos da perda de função na capacidade operacional</li> <li>g. Efeitos da falha além da perda de função (danos secundários)</li> <li>h. Evidência de redução na resistência à falha que pode ser usada para definir condições de falha potencial</li> <li>i. Experiência com outros equipamentos onde o mesmo item ou similar é utilizado.</li> </ul>

**Fonte:** Nowlan e Heap (1978).

Embora sua obra não seja dedicada a MSG-3 e RCM, Blanchard (1992) apresenta uma lista de dados que devem ser tratados por um sistema de gestão de manutenção. Tal sistema deve dispor de formulários

de coleta de dados completos e ser de simples entendimento. O Quadro 3 abaixo, adaptado da obra de Blanchard (1992), traz informações que devem ser comuns a sistemas de informações desse tipo.

**Quadro 3:** Dados de manutenção de um sistema.

1. Fatores de Sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. PN do equipamento e fabricante</li> <li>b. Número de Série</li> <li>c. Tempo de operação do sistema quando o evento ocorreu</li> <li>d. Segmento da missão quando o evento ocorreu</li> <li>e. Descrição do evento (sintoma da falha para ações não programadas)</li> </ul>
2. Fatores de Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Requisitos de manutenção (reparo, calibração, serviços, etc.)</li> <li>b. Descrição da tarefa de manutenção</li> <li>c. Tempo de parada por manutenção</li> <li>d. Tempo de manutenção efetiva</li> <li>e. Atrasos na manutenção (espera por peça, atraso por equipamento de teste, paralisações, espera por mão de obra, etc.)</li> </ul>
3. Fatores Logísticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Tempos de início e término para o trabalho de cada técnico</li> <li>b. Manuais utilizados</li> <li>c. Equipamentos de teste utilizados</li> <li>d. Descrição das instalações utilizadas</li> <li>e. Identificação do material substituído</li> </ul>

**Fonte:** Adaptado de Blanchard (1992, p. 329, tradução nossa).

Em complementação, tem-se que a MCA 400-15 estabelece, para uma adequada aplicação da metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade, a necessidade de que, ao serem analisados dados de manutenção, seja cumprida a etapa de coleta e organização. Para tanto, é apresentada uma planilha padronizada, conforme Figura 5, para registro das informações.

**Figura 5:** Planilha padronizada.

Parte I: Informações sobre o MSI									
MSI									
PN									
Fabricante									
TBO									
TO									
Parte II: Dados de Falha									
SN	TSN	TSO	TSNA	TSOA	Remoção	Causa de Falha	OBS	HH	Reparo

**Fonte:** Brasil (2006).

Onde:

- a) MSI: nome do item;
- b) PN (*Part Number*): código do MSI, atribuído pelo fabricante;
- c) fabricante: nome/código (MFG) do fabricante;
- d) TBO (*Time Between Overhauls*): intervalo entre revisões gerais;
- e) TO (*Technical Order*): ordem técnica de revisão e operação do MSI;
- f) SN (*Serial Number*): número de série do item;
- g) TSN (*Time Since New*): horas de operação acumuladas, desde novo, no formato horas: minutos, conforme registro na ficha histórico do MSI;
- h) TSO (*Time Since Overhaul*): horas de operação acumuladas, desde a última revisão geral, no formato horas: minutos, conforme registro na ficha histórico do MSI;
- i) TSNA (*TSN Ajustado*): horas de operação acumuladas, desde novo, em formato decimal;
- j) TSOA (*TSO Ajustado*): horas de operação acumuladas, desde a última revisão geral, em formato decimal;
- k) remoção: causa da remoção. Nesse item, deve-se utilizar uma das seguintes categorias: Falha, TBO ou Teste Funcional;
  - l) causa da falha: descrição da causa da falha, determinada quando da intervenção de manutenção no MSI;
  - m) categoria do serviço executado. No preenchimento da categoria do serviço executado, deve-se utilizar uma das seguintes opções: Inspeção e Teste, Reparo e Teste ou Revisão Geral; e
  - n) HH Reparo: número de homens-hora utilizados na ação de manutenção.

Conforme apontado em 3.b, a tarefa de manutenção que serviu como exemplo neste trabalho refere-se à Bomba Hidráulica modelos MPEV3-011-8UK2B e MPEV3-011-8UK2C, fabricados pela Eaton Aerospace para aeronave CASA-295 (C-105 Amazonas). Trata-se de uma bomba com motor elétrico para fornecimento de uma pressão de 3.000 psi ao sistema hidráulico da aeronave.

Como exercício da lógica apresentada em 2.2, pode-se, de forma simplificada e para apenas um modo de falha, definir para esse MSI selecionado o seguinte:

- a) função: prover fluxo hidráulico contínuo à pressão de 3.000 psi para a devida operação dos sistemas da aeronave que são hidráulicamente atuados;
- b) falha funcional: não prover o fluxo hidráulico contínuo a 3.000 psi;
- c) efeito da falha: sobreaquecimento da bomba; e
- d) causa da falha: rolamentos defeituosos.

Desse ponto em diante, para uma das possíveis causas de falha, aplica-se o descrito em 2.3 para que seja verificada a necessidade de uma tarefa de manutenção desse item. Evoluindo na análise descrita em 2.4, define-se o intervalo dessa tarefa. Em consulta ao plano de manutenção da aeronave, observa-se o cartão de manutenção 29.11.00.04 (Figura 6), que é o resultado da aplicação da metodologia. A tarefa é a remoção da bomba, a cada 2.000 horas de voo, para uma inspeção visual detalhada do resfriador, rolamentos e escovas quanto à limpeza, desgaste e condição.

**Figura 6:** Cartão de Manutenção 29.11.00.04.

Task Number		TASK				AMM Ref.	MSI / TASK DESCRIPTION
Type	Cat	Interval	Effect				
ATA 29: HYDRAULIC POWER							
MSI 29.11.00.: MAIN HYDRAULIC POWER							
29.11.00.01	SV	9	S	ALL	12-12-29 29-11-00	Check hydraulic fluid level on Hydraulic Reservoir.	
29.11.00.02	IN	6	S	ALL	29-11-00	General visual inspection of Differential Pressure Indicators of Return, Pressure and Case Drain Filters on Modular Unit for correct indication.	
29.11.00.03	OP	9	C	ALL	29-11-00	Operational check of Manual Control Mode.	
29.11.00.04	IN	6	2000FH	ALL	29-11-51	Remove Hydraulic Electrical Motor Driven Pump for detailed visual inspection of cooler, bearings and brushes for cleanliness, wear and condition.	

**Fonte:** EADS CASA (2010, grifo nosso).

Os Quadros 2 e 3 e a Figura 5 foram enviadas ao SILOMS com o questionamento sobre a publicação por esse sistema das informações listadas em cada uma das tabelas.

Em uma análise imediata, apurados apenas a parcela de cada tabela que é satisfeita pelo SILOMS, o quociente entre a quantidade de informações fornecidas e o total solicitado, tem-se os seguintes resultados, conforme Tabela 1.

**Tabela 1:** Percentual de atendimento do SILOMS.

Fonte	Qtd. de Informações	Qtd. de dados providos pelo SILOMS	Qtd. de dados não fornecidos pelo SILOMS	Atendimento %
Quadro 2 Nowlan e Heap	21	8	13	38,1
Quadro 3 Blanchard	15	11	4	73,3
Figura 5 MCA 400-15	14	9	5	64,3
TOTAL	50	28	22	56,0

**Fonte:** O autor.

Percebe-se o menor grau de atendimento no quadro de Nowlan e Heap (Quadro 2), que foi construída especificamente para a metodologia MSG-3. O quadro de Blanchard (Quadro 3), por estar em um contexto mais genérico dos dados de manutenção a serem coletados, apresenta o maior grau. Em posição intermediária, encontra-se o grau referente à figura do MCA 400-15 (Figura 5). Essa análise quantitativa, entretanto, provê uma avaliação incompleta sobre o grau de atendimento do SILOMS à metodologia MSG-3.

As três relações foram desenvolvidas em contextos e para aplicações distintas, mas é possível identificar dois segmentos em cada uma das três listas: cadastral e dinâmico. O primeiro diz respeito aos dados com características de identificação do item (PN, Nome, QPA), enquanto o segundo refere-se às características cujos valores evoluem ou se alteram ao longo do ciclo de vida (taxa de falha, reparos, modos de falha).

Especificamente o segmento dinâmico é o que mais requer da capacidade e integridade do sistema de informação, pois nele estão contidos os dados que devem ser registrados continuamente, conforme a utilização da aeronave. São registros que se alteram a cada mudança de estado do equipamento, de disponível para em pane ou em manutenção. Devem também ser registrados todos os resultados de diagnósticos e ações corretivas, visto que são dados imprescindíveis para o acompanhamento dos modos de falha. Vale ressaltar que esse processo ocorrerá ao longo de todo o ciclo de vida da aeronave.

No Quadro 4 sumariza-se apenas as informações que, por não constarem atualmente da estrutura de relatórios do SILOMS, não vêm sendo processadas de forma estruturada.

**Quadro 4:** Dados indisponíveis no SILOMS.

Fonte	Dados Indisponíveis no SILOMS
Quadro 2 Nowlan e Heap	2.b. Redundâncias e características de proteção (incluindo instrumentação).
	2.c. Equipamento de autoteste (BIT – <i>Built-in Test</i> ).
	4.a. Aeronave pode ser despachada com o item em falha?
	4.b. Caso positivo, há condições limitadoras?
	5.a. Função do Item.
Quadro 3 Blanchard	5.b. Falhas funcionais para cada função.
	5.c. Modos de falha.
	5.d. Efeito da falha para cada modo de falha.
	5.e. Evidências de falha funcional.
	5.f. Efeitos da perda de função na capacidade operacional.
Figura 5 MCA 400-15	5.g. Efeitos da falha além da perda de função (danos secundários).
	5.h. Evidência de redução na resistência à falha que pode ser usada para definir condições de falha potencial.
	5.i. Experiência com outros equipamentos onde o mesmo item ou similar é utilizado.
	2.e. Atrasos na manutenção (espera por peça, atraso por equipamento de teste, paralisações, espera por mão de obra, etc.).
	3.b. Manuais utilizados.
Figura 5 MCA 400-15	3.c. Equipamentos de teste utilizados.
	3.d. Descrição das instalações utilizadas.
Figura 5 MCA 400-15	i. TSNA (TSN Ajustado): horas de operação acumuladas desde novo em formato decimal.
	j. TSOA (TSO Ajustado): horas de operação acumuladas desde a última revisão geral em formato decimal.
	k. Remoção: Causa da Remoção. Neste item deve-se utilizar uma das seguintes categorias: Falha, TBO ou Teste Funcional.
Figura 5 MCA 400-15	l. Causa da Falha: descrição da causa da falha, determinada quando da intervenção de manutenção no MSI.
	m. Categoria do Serviço Executado. No preenchimento da categoria do serviço executado, deve-se utilizar uma das seguintes opções: Inspeção e Teste, Reparo e Teste ou Revisão Geral.

**Fonte:** O autor.

A análise do Quadro 4 complementa o observado na Tabela 1 na medida em que a concentração das informações que não são providas pelo SILOMS é do segmento dinâmico. Os dados indisponíveis são os que devem ser utilizados para

um acompanhamento efetivo da operação de cada MSI e os que possibilitam acessar a confiabilidade operacional, tornando-se assim, misteres à lógica da metodologia MSG-3. A menos de controles paralelos ao SILOMS, nesse cenário, a indagação mais recorrente sobre o intervalo adequado da manutenção preventiva não poderá ser respondida adequadamente.

## 5 CONCLUSÃO

No presente artigo, buscou-se avaliar de que forma o conjunto de informações logísticas, disponibilizadas pelo SILOMS, atende à metodologia MSG-3, que foi aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas. Demonstrou-se que, eventualmente, evidências operacionais podem levar o COMAER a ter de revisar esse plano de manutenção, devendo tal revisão seguir os mesmos passos do processo inicial, complementado pelos dados reais de operação que são influenciados pelo ambiente operacional e perfil das missões executadas. A ação de revisão, ao buscar a redução dos custos de manutenção, encontra-se totalmente suportada pelos objetivos estabelecidos pela END e PEMAER.

A revisão da literatura apresentou os conceitos e a lógica do MSG-3 que levaram essa metodologia a ser amplamente utilizada no desenvolvimento de novas aeronaves. Em seguida, ao discorrer sobre o histórico do SILOMS e do seu papel na estrutura de suporte logístico do COMAER, constatou-se que esse sistema é a fonte de dados de

manutenção e operação para toda e qualquer análise logística.

A metodologia adotada favoreceu o levantamento dos dados requeridos pelo MSG-3, consolidando esses dados em uma lista de informações necessárias. De posse dessa lista, interações com a administração do SILOMS foram realizadas para identificar, de forma positiva, o grau de atendimento por parte desse sistema.

Na análise dos dados, constatou-se que, hoje, o SILOMS atende, parcialmente, às necessidades de dados para utilização do MSG-3 e que a parte não atendida corresponde aos dados que descrevem efetivamente o comportamento operacional de cada MSI, impedindo a aplicação da metodologia MSG-3 em sua plenitude. Uma consequência imediata é a impossibilidade de uma revisão tecnicamente responsável dos intervalos de manutenção periódica em conformidade com o MSG-3. Sendo assim, mesmo com dados operacionais de aeronaves voando no singular ambiente amazônico desde 2006, a frota de C-105 segue e ainda seguirá o plano de manutenção original desenvolvido pelo fabricante europeu.

Finalmente, sugere-se um estudo que compatibilize as informações requeridas no MCA 400-15 “Manutenção Centrada na Confiabilidade” e as apontadas pelo trabalho de Nowlan e Heap com o SILOMS. Enquanto tais informações não estiverem devidamente disponibilizadas, qualquer iniciativa referente à revisão do plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas não estará devidamente suportada pela metodologia MSG-3.

## REFERÊNCIAS

AIR TRANSPORT ASSOCIATION. **ATA MSG-3: Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development**. Washington, DC: Air Transport Association of America, 2003.

BLANCHARD, B. S. **Logistics engineering and management**. 4 ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1992.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando Geral de Apoio. MCA 400-15: Portaria COMGAP nº240/3EM, de 13 de novembro de 2007. Aprova a reedição do plano específico de desenvolvimento e manutenção do SILOMS para o período de 2008 a 2011. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 218, f. 7075, 19 nov. 2007.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Material da Aeronáutica. MCA 400-15: Portaria DIRMAB nº10, de 10 de março de 2006. Aprova a edição do manual que trata da Manutenção Centrada na Confiabilidade. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 75, f. 2405, 20 abr. 2006.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. **PEMAER: Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2010 – 2031**. Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, 2008.

EADS CASA. **Maintenance review board document. Rev. 9**. Madrid: [s.n.], 2010.

NOWLAN, F. S.; HEAP, H. F. **Reliability-centered maintenance**: report number AD-A066579. Springfield: United States Department of Commerce, 1978.

SILOMS. Disponível em: <<http://www.siloms.intraer>>. Acesso em: 23 maio 2013.

SPITLER, W. W. **A study of reliability centered aircraft maintenance and opportunities for application by the United States Coast Guard**. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1990.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of Defense. **NAVAIR 00-25-403: guidelines for the naval aviation Reliability-Centered Maintenance (RCM) Process**. Washington, DC, 2003.