

## OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO AÉREA ATRAVÉS DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS PELA UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA SASMOS

### AIR MAINTENANCE OPTIMIZATION THROUGH STATISTICAL METHODS USING THE SASMOS TOOL

Daniel Alberto Pamplona

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA – São José dos Campos/SP – Brasil

[pamplonadefesa@hotmail.com](mailto:pamplonadefesa@hotmail.com)

#### Resumo

*Um correto sistema de manutenção de aeronaves deve basear-se na segurança de voo e na rapidez com que mantém a disponibilidade das aeronaves. Várias metodologias e programas de manutenção foram propostos pelos fabricantes de aeronaves com o intuito de aumentar a lucratividade das empresas com a diminuição de tempo em solo das aeronaves. A utilização da ferramenta SASMO (Statistical Analysis for Scheduled Maintenance Optimization) representa uma nova maneira de administração da manutenção de uma frota de aeronaves buscando otimizar os intervalos das manutenções através da utilização de uma ampla base de dados e da utilização de modernas técnicas estatísticas. Através da pesquisa bibliográfica este artigo demonstra os avanços advindos da utilização da ferramenta SASMO na manutenção de uma frota de aeronaves.*

**Palavras-chave:** manutenção, otimização, estatística, SASMO.

#### Abstract

*A correct maintenance aircraft system must be based on flight safety and the speed, which has the ability to maintain the aircraft availability. Several methodologies and maintenance programs were proposed by the aircraft manufacturers in order to increase the profitability of companies with the decrease of time on the ground the aircraft. The use of the SASMO tool (Statistical Analysis for Scheduled Maintenance Optimization) is a new way to maintaining a fleet seeking optimize the maintenance intervals using a comprehensive database and the use of modern statistical techniques. Through literature research, this article demonstrates the advances arising from the use of tool SASMO in maintaining a fleet of aircraft.*

**Key-words:** maintenance, optimization, statistical, SASMO.

## 1. Introdução

O delineamento de um eficiente sistema logístico é questão de sobrevivência para uma organização. O correto entendimento dos sistemas de distribuição e manutenção permitem um apoio diferenciado.

Para que obtenha o sucesso, o sistema de manutenção de uma frota de aviões deve estar apoiado em dois pilares básicos: conhecimento técnico e planejamento eficaz. Uma aeronave que demande muito tempo de inspeção acarretará em prejuízos enormes para a empresa, da mesma forma, uma manutenção rápida, porém com óbices, poderá representar em danos materiais e em danos que tirem o maior bem existente: a vida.

Com o aumento da complexidade dos sistemas aéreos, a questão da manutenção sempre atraiu a atenção das empresas, que operam em um dos ambientes mais competitivos existentes, e fabricantes com o objetivo de reduzir ou até mesmo eliminar o tempo de manutenção (KNOTTS, 1999).

Várias metodologias e programas de manutenção foram propostas pelos fabricantes de aeronaves com o intuito de aumentar a lucratividade das empresas com a diminuição de tempo em solo das aeronaves.

A utilização da ferramenta SASMO (*Statiscal Analysis for Scheduled Maintenance Optimization*) representa uma nova maneira de administração da manutenção de uma frota de aeronaves ao determinar intervalos baseados na performance das aeronaves e em seus níveis de confiança.

### 1.1. Metodologia da Pesquisa

A metodologia empregada foi a pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica oferece meios para ajudar na correta definição e resolução dos problemas conhecidos e apresentados para análise. Este método de pesquisa permite ainda a análise do problemas sob vários enfoques ou abordagens.

Através da utilização deste método de pesquisa, foi possível o exame da problemática dos métodos de manutenção de aeronaves, em especial a utilização do método estatístico SASMO para a otimização dos ciclos de manutenção.

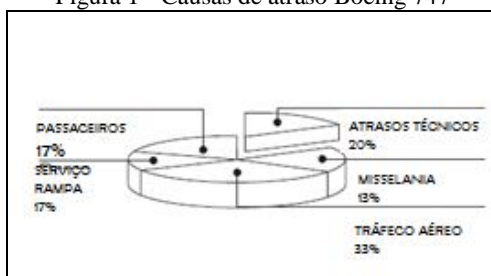
## 2. Programas de Manutenção de Aeronaves

Os atuais programas de manutenção utilizados na aviação comercial baseiam-se em duas filosofias básicas: abordagem orientada para o processo e abordagem orientada para a tarefa. A diferença básica entre os dois processos são: a atitude entorno das ações de manutenção e a maneira pelas quais as ações de manutenção são realizadas a respeito dos componentes e sistemas. As aeronaves modernas têm o seu sistema de manutenção baseado na filosofia da abordagem orientada para a tarefa (KINNISON, 2012).

A filosofia orientada para a tarefa utiliza tarefas pré-determinadas de manutenção para evitar as falhas em serviço. Para que as falhas ocorram em voo, mas mantenham o elevado nível de segurança esperado pela indústria aeronáutica, alguns equipamentos são colocados com respectivos back-ups. Pode-se citar como exemplo, componentes como gerador, indicador de atitude, etc) (KINNISON, 2012).

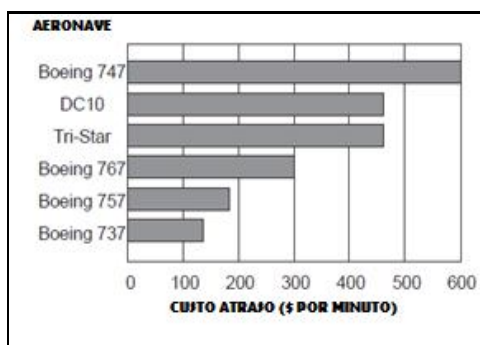
Os atrasos representam prejuízos as empresas aéreas. Segundo Knotts (1999), os atrasos devido problemas técnicos representam 20% das causas, transformando em elevados custos para as empresas.

Figura 1 - Causas de atraso Boeing 747



Fonte: Knotts (1999)

Figura 2 – Custo do atraso aéreo



Fonte: Knotts (1999)

## 2.1 A manutenção aérea antes da metodologia MSG

Nos primórdios da aviação, os sistemas de manutenção eram desenvolvidos pelos mecânicos e pilotos. A partir da Segunda Guerra Mundial, com o aumento da complexidade das aeronaves, começou-se a pensar na realização de manutenção preventiva, além do desenvolvimento de programas de manutenção da estrutura, com o objetivo de prolongar o uso da aeronave (KINNISON, 2012).

Foi na década de 50, que os processos de manutenção começaram a ser vistos como ferramentas para aumento da segurança, onde o dinheiro investido poderia significar a diminuição de vidas. Mas foi com a introdução do Boeing 747 em 1968, que se buscou o desenvolvimento de um completo programa de manutenção que permitisse um maior nível de operação com uma maior taxa de segurança (WANG et al., 2012).

Para se atingir este objetivo, seis linhas de pesquisa foram formadas: estrutura; sistemas mecânicos; motores e sistemas auxiliares de motores; sistemas elétricos e aviônicos; controles de voo e sistemas hidráulicos; demais áreas de concentração (WANG et al., 2012).

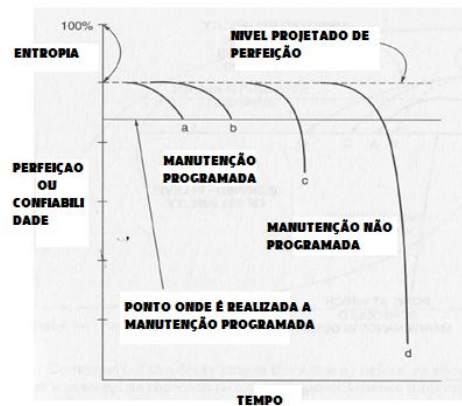
Como consequência, as linhas de pesquisa foram capazes de delinear um adequado sistema de manutenção, ao utilizarem as informações de como o sistema operava, a manutenção dos itens mais significativos e como a sua falha poderia refletir na operação do sistema (KINNISON, 2012).

O processo de manutenção foi dividido em dois processos primários: hard time e on-condition. O processo Hard Time é um processo preventivo no qual a deterioração do componente é limitada a um nível aceitável, quando então, ações de manutenção são realizadas em períodos específicos, por exemplo: manutenção por calendário, manutenção por total de horas voadas, manutenção por ciclo de decolagem/pouso) (KNOTTTS, 1999).

O processo On Condition é também um processo preventivo onde um componente é inspecionado ou testado em períodos específicos. A inspeção / teste realizados determinará se a peça continuará na aeronave ou ações de manutenção deverão ser tomadas (KNOTTTS, 1999).

Kinnison (2012) demonstra na figura abaixo que o objetivo da manutenção programada é fazer com que o sistema (a aeronave), volte a seu estágio de perfeição ou confiança.

Figura 3 – Objetivos da Manutenção



Fonte: Kinnison (2012)

## 2.2 A introdução da metodologia MSG

A método de manutenção desenvolvido atingiu elevado nível de sucesso, que foi criado uma metodologia generalizada que poderia ser usada em qualquer aeronave e que representaria um aumento na disponibilidade aérea. A metodologia recebeu o nome de MSG – *Maintenance Steering Group* em tradução livre: grupo de acompanhamento de manutenção.

Com o surgimento das aeronaves L-1011 e DC-10, a metodologia recebeu implementos, tendo recebido o nome de MSG-2. Foram mantidos os processos primários: hard time e on-condition, tendo sido acrescentado o processo Condition monitoring. O processo condition monitoring não é um processo preventivo, mas um processo de coleta de dados do comportamento das peças. Os dados são analisados e interpretados com o objetivo de implementar os procedimentos corretivos já implementados no projeto aeronáutico (KINNISON, 2012).

Os programas de manutenção baseados na abordagem orientada para a tarefa foram criados utilizando procedimentos de decisão lógicos desenvolvidos pela Associação Americana de Transporte Aéreo e recebeu o nome de MSG-3, sendo considerada uma melhoria da metodologia MSG-2 (KINNISON, 2012).

A metodologia MSG-3 representou uma modificação e melhora da metodologia MSG-2. Trata-se de uma metodologia baseada nas conseqüências que a falha de um componente pode representar ao sistema correspondente e a aeronavegabilidade. As falhas são divididas em duas categorias básicas: segurança e economia. As três linhas de pesquisa são: sistemas de fuselagem; sistemas estruturais; demais áreas de concentração. (KINNISON, 2012).

### 3. A ferramenta SASMO e a evolução da metodologia MSG-3

A empresa Boeing (2011) definiu da seguinte maneira a ferramenta SASMO: consiste nas alterações das tarefas programadas de manutenção através da gestão de dados em serviços como meios para garantir a aplicabilidade contínua e eficácia da tarefa. Trata-se de uma ferramenta projetada especificamente para determinar os intervalos de manutenção programada ideais com base no desempenho da frota de aviões em produção

Desta maneira, busca-se adequar a rotina de manutenção as características da frota. Por exemplo, uma frota de aeronaves que voe em um lugar de maresia terá uma rotina de inspeções de corrosão bem diferente de uma empresa que opere em um lugar de baixa umidade.

A ferramenta SASMO analisa os dados de todos os aspectos do ciclo de vida de manutenção do avião, através de grande banco de dados que a empresa aérea divide com a fabricante do avião e usa uma série de algoritmos e técnicas de análise estatística avançada para identificar os intervalos de manutenção ideais para inspeções de manutenção (MC LOUGHLIN, 2011).

A ferramenta utiliza ainda uma ampla gama de fontes de dados de manutenção, que representam o ciclo de vida de um avião, como ações de manutenção, interrupções programação, e os dados das oficinas de reparo. A análise estatística é baseada em dois aspectos: confiabilidade e gerenciamento de risco para a segurança aérea.

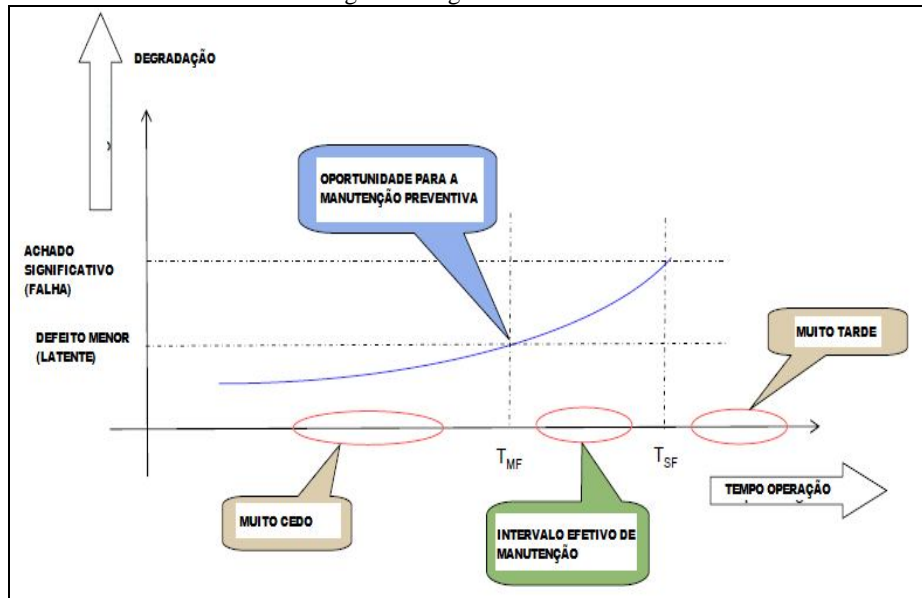
O delineamento da manutenção de uma nova aeronave é realizado da seguinte forma pelo fabricante:

Primeiramente, o setor de engenharia do fabricante de posse das informações de projeto da aeronave, simulações realizadas, experiência adquirida nos voos de teste e dados passados pelos fabricantes das peças desenvolve um programa de manutenção programada inicial. O programa desenvolvido é adequado à metodologia MSG-3 (YITBAREK et al., 2012).

O problema encontrado é que a metodologia MSG-3 não fornece o intervalo ótimo para a realização da manutenção em cada tipo de aeronave. O intervalo de tempo é atualmente delineado pela divisão de engenharia da fabricante de aeronaves. O delineamento é realizado utilizando dados de um número limitado de operadores para identificar a frequência com que a pane em certos componentes ocorrem e a programação da manutenção programada adequada para se manter o alto grau de segurança. Nenhuma ferramenta estatística é utilizada na metodologia MSG-3, sendo os dados colhidos restritos em sua grande parte, as panes que ocorreram durante a operação da aeronave (YITBAREK et al., 2012).

A importância de se saber o intervalo ótimo entre cada ciclo de manutenção é que ocorre a minimização dos períodos em que a aeronave estara fora de operação por manutenção.

Figura 4- Algoritmo SASMO

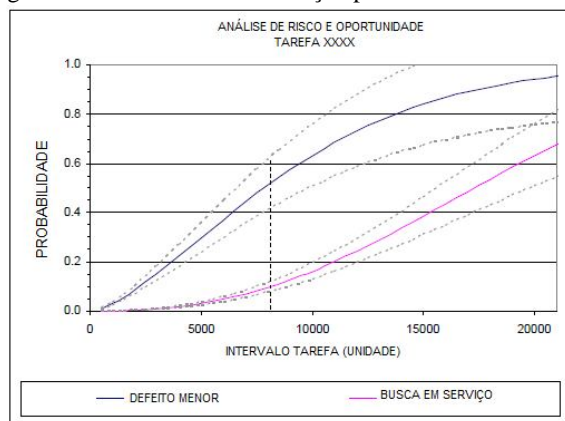


Fonte: DOULATSHAHI et al. (2011)

Esta otimização é iniciada através da alimentação de um banco de dados com os dados das empresas aéreas e da fabricante sobre todas as manutenções programadas e não programadas de determinado tipo de aeronave. Através de algoritmos e métodos estatísticos são mapeados processos de manutenção que permitam aliar a manutenção programada com a não programada, de modo a formar um intervalo ótimo de manutenção, com isso, muitas tarefas previstas em manutenções programadas podem ser antecipadas ou postergadas, otimizando o tempo em solo (YITBAREK et al., 2012).

A ferramenta SASMO considera dois aspectos na análise das tarefas: risco e economia. A análise de risco determina a probabilidade da verificação de um defeito menor durante a manutenção programada, além de medir o risco de se ter uma manutenção não programada durante a operação. No intervalo ideal, ocorrerá a oportunidade máxima para a verificação de defeitos na fase mais precoce, unindo segurança de voo e economicidade (DOULATSHAHI et al., 2011).

Figura 5- Intervalo de determinação pela ferramenta SASMO



Fonte: DOULATSHAHI et al. (2011)

Ao escalonar os intervalos objetiva-se minimizar o risco de aparecer falhas não programadas. A primeira vez que esta ferramenta foi utilizada foi com a aeronave 737-NG, tendo 80 % das tarefas programadas para as manutenções programadas de 4000 horas sido antecipadas ou postergadas, com uma redução de custos de 20 %. Para a aeronave Boeing 777, 68 % das tarefas programadas para as manutenções programadas de 7500 horas foram também realocadas (DOULATSHAHI et al., 2011).

Tabela 1 – Economia com a ferramenta SASMO

	Intervalo Original	Após Otimização (25%)	Economia em 24 anos
Check-A (dias)	90	113	24
Check-C (horas de voo)	6000	7500	3
Check-D (anos)	8	10	1

Fonte: DOULATSHAHI et al. (2011)

A ferramenta SASMO executa uma análise de otimização econômica na realização uma manutenção programada. As curvas mostram a tendência do custo associado à manutenção programada em relação à manutenção não programada. A tarefa deve ser executada no momento em que o custo total de manutenção é no nível mínimo.

#### 4. Conclusão

O modal aéreo tem se destacado pelo elevado nível de segurança em sua operacionalidade. Porém, com o competitivo mercado das companhias aéreas tem se cada vez mais buscado unir economia com segurança de voo.



A implantação da metodologia MSG representou um início no planejamento da manutenção aérea, com o delineamento sendo realizado pelas fabricantes de aeronaves, buscando uma maior confiabilidade e segurança.

Com a implantação da metodologia MSG-3 buscou-se pensar a manutenção em nível de sistema e não apenas em nível de equipamentos utilizados, representando uma maior segurança com uma maior disponibilidade da frota.

A utilização da ferramenta estatística SASMO representou uma maneira de se tentar otimizar a utilização da metodologia MSG-3 e dos intervalos de manutenção. Por se tratar de uma ferramenta nova, estudos futuros deverão verificar se o objetivo pretendido foi alcançado em sua plenitude que é o de voar mais mantendo os elevados níveis de segurança da indústria.

## Referências

DEKKER, R. Applications of maintenance optimization models: a review and analysis. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 51, n. 3, p. 229-240, 1996.

DOULATSHAHI, Farshad. et al. Improving Maintenance Programs through Statistical Analysis. **Aero Quaterly**, 2011.

HITCHCOCK, W. **Boeing Maintenance Program Optimization**. Disponível em <<http://events.aviationweek.com/html/meu11/D3%201145%20William%20Hitchcock.pdf>>. Acesso em 01 mar 2013.

KINNISON, H. A. **Aviation maintenance management**. McGraw-Hill, 2012.

KNOTT, Robert MH. Civil aircraft maintenance and support Fault diagnosis from a business perspective. **Journal of quality in maintenance engineering**, v. 5, n. 4, p. 335-348, 1999.

MC LOUGHLIN, Brian. Maintenance Program Enhancements. **Aero Quaterly**, 2011.

WANG, Gui Guo. et al. Preliminary Analysis on the RCM Technologies Applied in the High-Speed Train. **Advanced Materials Research**, v. 487, p. 884-888, 2012.

YITBAREK, A. A. et al. **Statistical analysis for maintenance optimization**. U.S. Patent n. 8,117,007, 14 fev. 2012.

Recebido: 30/08/2013

Aprovado: 31/01/2014