



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica



Leanness na Manutenção Aeronáutica: O caso FAP

SANDRA DANIELA MARTINS RIBEIRO

Transição Licenciatura Pré-Bolonha de Engenharia Mecânica para
Mestrado Engenharia Mecânica Perfil Manutenção e Produção
(Bacharel em Tecnologias Militares Aeronáuticas)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador (es):

Prof. Doutora Maria Cristina Lança Vilhena Mendonça
Prof. Henrique Pereira Carinhas

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Maria Teresa Moura e Silva

Vogais:

Eduardo Jorge Simões Ganilho
Prof. Fernando Loureiro da Silva

Setembro de 2011

Agradecimentos

À Força Aérea Portuguesa, em especial na pessoa do Sr. Tenente-coronel Salvada, pelos *inputs* cruciais para o desenrolar deste trabalho e pelo apoio fornecido. Fica expressa a consideração que lhe tenho, também pelo impulso e pela motivação dadas, fatores decisivos para que não desistisse de alcançar mais este objetivo.

Ao Capitão Martinho e ao Tenente Gomes, pela disponibilidade que sempre demonstraram, no fornecimento de dados referentes à gestão da manutenção e ao andamento dos trabalhos da Inspeção de Fase.

Aos meus orientadores, à Professora Cristina, em particular pela paciência e pelos *feedbacks* fornecidos; ao Professor Carinhas, pelos seus conhecimentos e experiência, que muito me auxiliaram na área de Manutenção Aeronáutica.

Ao Professor Loureiro, da Indústria Aeronáutica de Portugal, SA, pelo excelente seminário que ministrou onde me permitiu recolher os dados sobre a implementação de *lean* na sua organização e, acima de tudo, pela sua disponibilidade.

À Comunidade *Lean Thinking*, a todos os seus elementos, com quem tive oportunidade de contactar, mas acima de tudo ao Professor João Paulo Pinto, esperando que este trabalho faça jus aos conhecimentos que me foram transmitidos.

Ao Sr. Major Joaquim Alves, que me possibilitou a realização deste trabalho.

Ao Joaquim Brigas, Sandra Liliana Martins e João Almeida, que me incitaram para a conclusão deste documento.

Àquelas pessoas especiais, sem referir ninguém em particular, não querendo ferir susceptibilidades, e porque são demasiadas para enumerar, um grande obrigada por enriquecerem a minha vida e por permitirem que faça parte da delas.

O meu sentido obrigada!

*Esta tese é dedicada aos meus pais, a sua perda abalou todos os meus alicerces,
mas cujo amor estará sempre presente.*

Resumo

Os sistemas de armas da Força Aérea Portuguesa (FAP) têm por missão a defesa militar de Portugal, através de operações aéreas e da defesa do espaço aéreo nacional, sendo o F-16 o principal avião de ataque em uso nesta organização.

Neste sentido, e tendo em conta o atual contexto económico mundial, as organizações devem rentabilizar todos os recursos disponíveis, custos associados e otimizar processos de trabalho.

Tendo por base os pressupostos anteriores, o presente estudo pretende analisar a implementação de *lean* na FAP, uma vez que esta filosofia assenta na eliminação de desperdícios com vista a uma melhoria da qualidade e diminuição de tempos e custos. Posto isto, a análise deste trabalho vai recair sobre a área de manutenção do F-16, em concreto na Inspeção de Fase (IF), um tipo de manutenção que esta aeronave realiza a cada trezentas horas de voo.

O estudo de caso vai incidir em dois momentos da IF: o primeiro ponto relaciona-se com o processamento da recolha de dados para a reunião preliminar onde são definidas, para as áreas de trabalho executantes, as ações de manutenção a realizar com a paragem da aeronave. Deste modo, pretende-se averiguar as causas inerentes aos atrasos verificados para a realização desta reunião.

O segundo ponto em observação compreende a informação obtida através da aplicação informática SIAGFA, em uso na FAP, para o processamento de dados de manutenção das quatro aeronaves que inauguraram a IF com a filosofia *lean*. Esta análise permitiu perceber o número de horas de trabalho dispendidas (em média pelas quatro aeronaves) por cada uma das cartas de trabalho, verificando-se que as cartas adicionais comportam mais horas; foi possível compreender quais as áreas de trabalho consideradas críticas; foram identificados os dias de trabalho realizado e tempos de paragem sem qualquer tipo de intervenção. Foi ainda avaliado, por aeronave, o número de horas de trabalho realizadas na IF e quais os constrangimentos que se verificaram nas aeronaves, que não realizaram a IF no tempo definido para tal.

Palavras-chave: *Lean*, *Lean* na manutenção, manutenção aeronáutica, ferramentas *Lean*, *C check*, planeamento da manutenção, Força Aérea Portuguesa

Abstract

The weapons systems of the Portuguese Air Force (PoAF) have the task of the military defense of Portugal, through air operations and defense of national airspace, being the F-16 the main attack aircraft in use in this organization.

In this regard, and given the current global economic environment, organizations must capitalize all available resources, costs, and optimize work processes.

Based on the previous assumptions, this study intends to examine the implementation of Lean in PoAF, since this philosophy is based on the elimination of waste with a view to improving the quality and decrease time and costs.

In this sense, the analysis will be on the area of maintenance of the F-16, specifically the Phase Inspection (PI), a type of maintenance that the aircraft performs every 300 flight hours.

The case study will focus on two moments of the PI: the first point relates to the processing of data collection for the preliminary meeting where are defined, for the work areas, the maintenance actions to perform when the aircraft is stopped. Thus, is intended to investigate the underlying causes of delays for this meeting.

The second point of observation includes the information obtained from the computer application SIAGFA in use in PoAF, for the processing of maintenance data of the four aircraft that initiated the PI with Lean philosophy. This analysis allowed to understand the number of hours spent (on average by the four aircrafts) for each of the task cards, verifying that the additional cards have more hours than the rest, it was possible to understand what work areas are considered more critical, were identified the days of work and downtime without any intervention. It was further assessed by aircraft, the number of hours of work performed in the PI and the constraints which have occurred in the aircraft, which did not perform PI in the defined time.

Key Words: Lean, Lean maintenance, aviation maintenance, Lean tools, *C check*, maintenance planning, Portuguese Air Force.

Glossário

- **Aeronavegabilidade** - (em inglês: "airworthiness") é a propriedade ou capacidade de uma aeronave realizar um voo seguro ou navegar com segurança no espaço aéreo, para o transporte de pessoas, bagagens ou cargas, ou para a realização de serviços aéreos especializados, policiais ou outro tipo de serviços.
- **Bem** - segundo a NP EN 13306:2007, é “qualquer elemento, componente, aparelho, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que pode ser considerado individualmente.”
- **Canibalização de componentes** - remoção de componentes de outras aeronaves, para uso numa aeronave em manutenção.
- **Canopy** - é a cobertura do cockpit de alguns tipos de aviões, em geral os aviões pequenos de turismo e/ou recreio, bem como dos aviões militares (caças ou treino) de um ou de dois lugares. É fabricada em material transparente de alta resistência, capaz de oferecer um ambiente estável aos ocupantes, bem como condições de visibilidade. Serve ainda como, quando aberta, acesso ao habitáculo.
- **Componente** – Conjunto de materiais e peças que constituem parte integrante de uma aeronave, cuja falha ou funcionamento incorreto possa afetar a segurança do voo e/ou dos ocupantes da mesma.
- **Jidoka** - conceito criado pela Toyota que permite fornecer às máquinas e aos operadores a completa habilidade de detectar rapidamente uma condição anormal na produção no momento exato em que ela ocorre para, assim, interromper imediatamente o trabalho e solucionar o problema o mais rápido possível.

- ***Just in case*** - é um processo utilizado na gestão de produção para trabalhar com um determinado nível de stocks. Na manutenção será a existência de um stock de para colmatar as situações inopinadas.
- ***Just in time*** - é um sistema de administração da produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora exata. Pode ser aplicado em qualquer organização, para reduzir stocks e os custos decorrentes. O *just in time* é o principal pilar do Sistema Toyota de Produção.
- ***Lead time*** - é o tempo total necessário para a realização de uma tarefa, trabalho, produto ou serviço. É um tempo composto pelo tempo útil de processamento e o tempo não produtivo, como exemplo temos o stock e as avarias.
- **Kanban** – é um sistema de controlo, que permite coordenar o fluxo de materiais e de informação ao longo de um determinado processo, através de algo criado com esse fim, normalmente um cartão.
- **Método PDCA / Ciclo de Deming** - é um ciclo de desenvolvimento que se focaliza na melhoria contínua, tendo por princípio tornar mais claros e ágeis os processos envolvidos na execução da gestão, como por exemplo, na gestão da qualidade dividindo-a em quatro principais passos (PLAN, DO, CHECK, ACT).
- **Número de Obra** - é a designação utilizada no SIAGFA, onde são agregados todos os dados associados à inspeção executada: quem realizou, duração e tipo de inspeção efetuada, entre outra informação considerada importante.
- ***One-piece-Flow***- caracterização atribuída à produção de um único artigo em cada posto de trabalho.
- ***Takt time*** - é um ritmo de produção definido de acordo com a procura, dado pelo quociente entre o tempo disponível e a necessidade do cliente

- ***Technical Order*** - corresponde à ordem técnica, documento onde o fabricante define as ações de manutenção a realizar.

Lista de Abreviaturas

A

AICC – Aplicação Aérea Portuguesa

APC - Área de Planeamento e Controlo

ASIP - *Aircraft Structural Integrity Program*

C

CBT – Cartas de Trabalho Adicionais

CDT – Centro de Distribuição de Tarefas

CGM – Centro de Gestão da Manutenção

CLT – Comunidade *Lean Thinking*

CM - Controlo da Manutenção

CMMS - *Computer managed maintenance system*

D

DARA - *Defence Aviation and Repair Agency*

DMSA – Direção de Manutenção de Sistemas de Armas

DPP – Documentação, Planeamento e Programação

E

EUA – Estados Unidos da América

F

FAP – Força Aérea Portuguesa

G

GMA – Gestão de Manutenção das Aeronaves

H

HV – Horas de voo

I

IF – Inspeção de Fase

J

JIT – *Just in Time*

L

LAI – *Lean Advancement Initiative*

M

Min - Minutos

MLU - *Mid-Life Upgrade*

N

NP – Norma Portuguesa

O

OGMA – Indústria Aeronáutica de Portugal, SA

P

PI – *Phase Inspection*

PM – Programas de manutenção

PoAF – *Portuguese Air Force*

R

REMAFA – Regulamento de Manutenção de Aeronaves da Força Aérea

RFA – Regulamento da Força Aérea

S

SAL - *Shannon Aerospace*

SI – Sistema Integrado

SIAGFA – Sistema Integrado de Apoio à Gestão na Força Aérea

SPC – Secção de Planeamento e Controlo

T

TAKT - *Time of cycle*

TCTO – *Time Compliance Technical*

Order

TO – *Technical Order*

TPM - *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

U

USAF - *United States Air Force*

V

VSM – *Value Stream Mapping*

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
2	MANUTENÇÃO AERONÁUTICA.....	4
2.1	Definição.....	5
2.2	Objetivos da manutenção.....	5
2.3	Classificação da manutenção	6
2.4	Programa de Manutenção	8
2.5	Tipos de manutenção	9
2.5.1	Cartas de trabalho	10
2.6	Funções da manutenção	11
2.6.1	Programação.....	12
2.6.2	Planeamento	12
2.6.3	Controlo.....	13
2.6.4	As funções na FAP	13
2.7	Registo dos dados de manutenção.....	16
2.8	Como se processa uma inspeção	18
3	LEAN.....	20
3.1	A origem	20
3.2	Os princípios	23
3.3	Os desperdícios	26
3.4	Uma empresa lean	30
3.5	As ferramentas.....	34
3.6	Mapeamento da cadeia de valor (VSM)	34
3.7	6'S'	36
3.8	Células de Trabalho	38
3.9	Gestão Visual	40
3.10	Relatório A3.....	41
3.11	Formação.....	45
4	LEAN NA MANUTENÇÃO (LM)	47
4.1	Definição.....	48
4.2	Os princípios de lean na manutenção	48

4.3	Desperdícios.....	49
4.4	Como iniciar.....	52
4.5	As Bases.....	54
4.6	A implementação.....	57
5	O CASO FAP.....	59
5.1	O início	60
5.2	A Inspeção da Fase.....	61
5.3	Após a implementação lean	65
5.3.1	Planeamento das ações a executar na IF.....	65
5.3.2	A Inspeção de Fase	68
6	OUTROS CASOS DE <i>LEAN</i> NA MANUTENÇÃO.....	74
6.1	Boeing	75
6.2	Defence Aviation and Repair Agency (DARA) Rotary	75
6.3	Royal Air Force	76
6.4	Royal Navy	79
6.5	Shannon Aerospace (SAL)	79
6.6	Indústria Aeronáutica de Portugal (OGMA)	81
7	CONCLUSÃO.....	83
8	BIBLIOGRAFIA	88
9	WEBGRAFIA.....	91
10	ANEXOS	94

Índice de Figuras

Figura 2-1. Organigrama onde se incluem as funções da manutenção na FAP, segundo o REMAFA (1981).....	14
Figura 2-2. Organigrama onde se incluem as funções da manutenção na FAP, segundo o RFA 305-1 (B) (1999)	15
Figura 2-3. Organigrama onde se incluem as funções da manutenção, atualmente em vigor na FAP (o regulamento encontra-se em execução)	16
Figura 3-1. Mapeamento do estado atual e	35
Figura 3-2. Caixa de ferramentas para a IF do F-16.....	37
Figura 3-3. Sequência de atividades de manutenção, por célula.....	39
Figura 3-4. Identificação das Células de trabalho	39
Figura 3-5. Fluidez do F-16 nas células de trabalho.....	40
Figura 3-6. Ponto de Situação do andamento dos trabalhos	41
Figura 3-7. Identificação da informação no Relatório A3	44
Figura 3-8. Relatório A3 da Inspeção de Fase do F-16	45
Figura 3-9. Formação <i>lean</i>	46
Figura 4-1. Os pilares de Lean na Manutenção (Smith 2004).....	54
Figura 5-1. Duração do processo de transformação MLU na Doca 4.....	61
Figura 5-3. Cartas de trabalho executadas durante a IF.....	62
Figura 5-4. Percentagem das Horas das cartas de trabalho, por aeronave.....	70
Figura 5-5. Calendarização das ações de Manutenção da IF	72

Índice de Tabelas

Tabela 3-1. Tabela comparativa dos princípios de lean.....	25
Tabela 4-1. Tabela comparativa dos desperdícios da produção com a manutenção	52
Tabela 5-1. Horasxhomem por área de trabalho.....	63
Tabela 5-2. Ficheiros utilizados para o planeamento de uma inspeção, pelo DPP	66
Tabela 5-3. Ficheiros utilizados pelo DPP	67
Tabela 5-4. Número de linhas de Excel pesquisadas para a IF	69
Tabela 5-5. Tempos médios Totais da IF e homens dia necessários para a realização da mesma em 40 dias	69
Tabela 5-6. Tabela comparativa de áreas de trabalho críticas para as cartas de trabalho básicas e oriundas	70
Tabela 5-7. Tabela comparativa de áreas de trabalho críticas para todas as cartas de trabalho	71
Tabela 5-8. Dias de inspeção.....	72
Tabela 5-9. Horas totais dispendidas na realização de todas as cartas de trabalho na IF e homens por dia necessários para a realização da mesma em 40 dias	73

1 INTRODUÇÃO

Tendo em conta a atual recessão que, de certa forma, é generalizada e global, acabando por se traduzir em cortes orçamentais, uma organização do Estado como a Força Aérea Portuguesa (FAP) necessita de uma adequada gestão de meios, a fim de fazer face às adversidades.

Sendo a aeronave a principal “ferramenta” de trabalho para o cumprimento da sua missão, é peremptório e indiscutível o benefício da implementação de conceitos logísticos que rentabilizem o pessoal, o material e, acima de tudo, o tempo utilizado na manutenção desses sistemas de armas.

A implementação da filosofia *lean* na FAP iniciou-se em 2007, no programa de modificações do F-16 MLU na doca 4, da base aérea número cinco, em Monte Real – Leiria. Verificaram-se excelentes resultados, o que impulsionou a que o conceito fosse introduzido noutras áreas de manutenção, como são os exemplos da IF (inspeção a cada 300 horas de voo) dessa aeronave.

Apesar de esta metodologia ser embrionária nesta organização, verifica-se que a mesma está a ser “cultivada em força” e com grande empenho, o que torna a análise da implementação de *lean* na manutenção aeronáutica da força aérea de grande interesse.

Este trabalho pretende identificar, ao analisar o modelo de implementação de *lean* na manutenção aeronáutica, as respostas para as seguintes questões:

Quais os contributos da implementação da filosofia *lean* na manutenção aeronáutica?

Que mudanças organizacionais decorrem da implementação de *lean*, tendo como objectivo uma melhoria na manutenção aeronáutica?

Neste contexto, e talvez ao contrário do expectável, optou-se por dedicar o segundo capítulo à manutenção aeronáutica e abordar a filosofia *lean*, apenas, no capítulo seguinte. A escolha desta sequência deve-se ao facto de no capítulo da manutenção aeronáutica se abordarem conceitos chave para a compreensão de *lean* na manutenção.

Deste modo, o segundo capítulo inicia com uma breve abordagem acerca da manutenção aeronáutica. Uma vez que o estudo de caso é referente a uma inspeção realizada pelo F-16, torna-se importante compreender como a mesma se processa, incidindo na terminologia da FAP, que será mencionada nos capítulos seguintes. Deste modo, apresentar-se-á a definição de manutenção aeronáutica, os objetivos que a mesma tem associados, bem como a sua classificação. Incidir-se-á ainda nos programas de manutenção com a diferenciação dos mesmos; serão distinguidas as cartas de trabalho a realizar numa inspeção com referência às três funções da manutenção. Será, igualmente, descrita a aplicação informática da FAP, que contém o registo das ações de manutenção, finalizando-se este capítulo com a análise das partes que compõem uma inspeção, para assim se perspetivar como a mesma se processa.

No capítulo seguinte (terceiro) será realizada uma abordagem ao *lean*, através de uma analogia entre esta filosofia e a obesidade de um indivíduo, para uma melhor compreensão dos seus conteúdos. Desta forma, ao longo deste capítulo, descreve-se o surgimento do mesmo, os princípios subjacentes, a identificação dos desperdícios, a identificação de uma empresa *lean* e, finalmente, como realizar a sua implementação recorrendo a ferramentas *lean*. Em todos os exemplos apresentados serão efetuadas referências à sua implementação na IF.

No quarto capítulo particularizam-se os conceitos de *lean* na vertente da manutenção, bem como a sua definição; serão identificados os desperdícios associados à mesma e comparados com os de *lean*; facultar-se-ão informações de como iniciar *lean* na manutenção; compreender-se-ão as bases relacionadas com *lean* e manutenção e, posteriormente, proporcionar-se-ão esclarecimentos de como implementar a filosofia *lean* na manutenção.

O capítulo seguinte (quinto) incidirá sobre o estudo de caso realizado na organização FAP, designadamente sobre a implementação do conceito *lean* na sua manutenção. Neste estudo foi analisada a implementação de *lean* na manutenção da IF do F-16, ao qual já foi efetuado o mapeamento da cadeia de valor em novembro de 2008. Esta observação incidiu na recolha de dados para a reunião preliminar da inspeção, mais concretamente, na área de documentação, planeamento e controlo, visto que esta reunião é fundamental para que as áreas de trabalho executantes realizem uma

gestão adequada dos recursos, sendo que a mesma não era realizada com a devida antecedência.

Neste estudo de caso procede-se, igualmente, a uma análise dos dados de manutenção introduzidos no SIAGFA, das quatro aeronaves iniciais que sofreram a manutenção, logo após a implementação de *lean*. Desta análise foi possível obter as horas de trabalho dispendidas (em média pelas quatro aeronaves), por cada uma das cartas de trabalho, sendo desta forma detetadas as áreas de trabalho consideradas críticas; foram, ainda, identificados os dias de trabalho realizados e tempos de paragem, sem qualquer tipo de intervenção. Finalmente, foi possível aferir, por aeronave, quais as horas de trabalho realizadas na IF.

No sexto capítulo serão mencionadas outras organizações que implementaram *lean* na manutenção aeronáutica, sendo maioritariamente exemplos de casos que envolvem aeronaves militares, em que é possível verificar as ferramentas utilizadas, bem como os benefícios da implementação desta filosofia.

No sétimo e último capítulo apresentam-se as conclusões referentes a este trabalho, serão respondidas as questões de partida e apresentadas algumas recomendações pertinentes.

2 MANUTENÇÃO AERONÁUTICA

Tendo em conta que se pretende estudar a aplicação de *lean* na manutenção do F-16 da FAP, mais especificamente, um tipo de manutenção que a aeronave sofre a cada 300 horas de voo, designada por IF, torna-se de todo conveniente compreender como se processa a manutenção nesta organização. Acima de tudo pretende-se compreender a gestão de planeamento, programação e controlo da mesma. Ao longo deste capítulo, sempre que aplicável, far-se-á uma referência à IF, para um melhor entendimento de como a mesma se enquadra na FAP.

Apesar dos enormes avanços tecnológicos e investimentos, que se aplicam na aeronáutica, a manutenção justifica-se, sempre, para tentar manter o grau de qualidade e fiabilidade inerente do material de voo, sendo necessária a aplicação de programas de manutenção para manter a sua aeronavegabilidade.

Foi na primeira guerra mundial, segundo Kister e Hawkins (2006), que ocorreu pela primeira vez o envolvimento, em grande escala, das aeronaves em batalha. Neste ambiente hostil de confronto, tentava-se incrementar o número de missões a cumprir e forçavam-se as aeronaves a manterem-se no ar mais tempo. No entanto, naquela altura, as aeronaves não eram concebidas para fazerem tantas horas de voo, ocorrendo assim falhas de equipamentos, que no final se traduzia em perdas humanas e de material.

Numa tentativa de superar esta dificuldade e limitar as fatalidades, tendo em conta os relatos dos pilotos de combate mais experientes, começam a surgir *check lists* de manutenção, que permitiam uma manutenção mais eficaz. Esta prática manteve-se após o *terminus* da guerra e permanece até aos nossos dias.

Neste capítulo pretende-se, então, definir manutenção, descrever os objetivos traçados com a sua implementação e como a mesma se classifica. Serão também abordados os benefícios de um programa de manutenção (PM), com a diferenciação dos vários tipos de manutenção existentes. Serão caracterizadas as cartas de trabalho, pois, contêm a descrição das ações de manutenção a realizar durante a manutenção. Analisar-se-á o processo da manutenção nas suas três funções de planeamento, programação e controlo, fazendo uma breve referência de como as mesmas evoluíram, organicamente, na FAP. Será referida a aplicação informática onde a FAP agrega os dados de

manutenção, que está na base do estudo de caso, e, por último, analisar-se-á o processo de uma inspeção, abordando sucintamente cada uma das partes que a compõem.

2.1 Definição

Segundo a Norma Portuguesa 13306:2007, a manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida”.

A manutenção da Força Aérea rege-se pelo Regulamento da Força Aérea (RFA) 401-1 “Regulamento de Manutenção de Aeronaves da Força Aérea”, também designado por REMAFA. Este regulamento entrou em vigor em 01 de Maio de 1981, esta publicação pretende regulamentar a manutenção das aeronaves, os seus motores e equipamentos da Força Aérea.

Esta publicação fornece uma definição de manutenção, na vertente da aeronáutica militar: “a manutenção é uma função logística dirigida ao material, no sentido de o conservar em condições de utilização ou de o reparar, reconstituindo àquelas condições (...) a manutenção de aeronaves inclui não só a manutenção das aeronaves individualmente consideradas como um todo, mas também a manutenção dos órgãos ou componentes que as integram, mesmo quando delas separados. Em última análise, a razão de ser da manutenção efetuada na força aérea é o apoio direto ou indireto aos sistemas de armas, mais concretamente as aeronaves.”

2.2 Objetivos da manutenção

A manutenção tem como objetivo, segundo o REMAFA (1981), “garantir a segurança do pessoal utilizador e a duração do material dentro das características necessárias à exploração operacional. Para tal são necessários procedimentos que incluem inspeções, reparações, revisões gerais, modificações e ensaios de funcionamento. Estas tarefas, sempre que possível, devem ser planeadas e programadas, só assim sendo possível uma utilização eficiente dos recursos existentes.”

Kinnison (2004) indica que os objetivos de um programa de manutenção na aeronáutica, de uma forma geral, são assegurar que os componentes e equipamentos mantenham os seus níveis iniciais (intrínsecos) de segurança e fiabilidade; restabelecer esses níveis de segurança e fiabilidade quando ocorra a deterioração daqueles níveis; obter a informação necessária para ajustar e otimizar o programa de manutenção quando aqueles níveis (segurança e fiabilidade) não estejam a ser conseguidos; obter a informação necessária com vista a melhorar a concepção dos itens, caso a sua fiabilidade inerente se revele inadequada; cumprir estes objetivos ao mínimo custo total.

Com a execução total e completa das ações de manutenção ou apropriadamente diferidas¹, possuímos aeronaves para voo na condição de aeronavegáveis, ou seja, em condições de segurança e com integridade física adequada, incluindo os seus equipamentos e subsistemas, em tempo útil, para a efetivação do programa de voo.

2.3 Classificação da manutenção

A forma de alcançar os níveis de segurança e fiabilidade referidos por Kinnison (2004) é através da manutenção programada. Esta assenta na premissa de não realizar mais manutenção do que a necessária, executando as tarefas estritamente necessárias, tendo em vista a concretização dos objetivos estabelecidos e alcançando, assim, a finalidade de não elevar os custos associados à mesma.

Desta forma, segundo a NP 13306:2007, a manutenção tem a classificação de manutenção programada e não programada. Nesta última só estão contempladas manutenções corretivas, ou seja, reparação de anomalias que surjam inopinadamente. Segundo esta NP, a manutenção correctiva, corresponde a uma “manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria e destinada a repor um bem num estado em que pode realizar uma função requerida”.

A manutenção programada inclui a manutenção preventiva que, de acordo com a NP 13306:2007, é a “manutenção efectuada em intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de

¹ Neste caso refere-se a manutenção diferida, que segundo a NP 13306:2007, corresponde a “manutenção corretiva que não é efectuada imediatamente depois da deteção de um estado de falha, mas que é retardada de acordo com regras de manutenção determinadas” e que não põe em causa a segurança da aeronave.

avaria ou de degradação do funcionamento de um bem”. Esta subdivide-se em manutenção sistemática e manutenção condicional ou preditiva. A primeira é “efetuada em intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do bem”; a segunda baseia-se “na vigilância do funcionamento do bem e / ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes”.

A manutenção programada é fundamental para assegurar a fiabilidade das aeronaves. Há uma deterioração natural dos seus sistemas e componentes, logo é necessário a aplicação de ações de manutenção, quer para o restabelecimento dos componentes às condições iniciais, quer para a possível substituição dos mesmos.

A manutenção preventiva irá aumentar a duração da vida dos bens, diminuindo a probabilidade das avarias em serviço; os Programas de Manutenção (PM) permitem evitar e prever intervenções de manutenções corretivas, levando a uma redução dos tempos de imobilização e conseqüente otimização dos custos. Paralelamente sempre que ocorram manutenções corretivas, o PM possibilita uma melhor capacidade de decisão, sobre as mesmas.

A IF, do presente estudo de caso, insere-se na manutenção preventiva sistemática, pois é uma manutenção definida pelo fabricante. Esta IF realiza-se a cada ciclo de 300 horas de voo (HV), tendo uma tolerância de $\pm 20HV$, dependendo de necessidades operacionais que se verifiquem. Nessa inspeção efectua-se o descrito na respectiva *Technical Order* (TO) do fabricante.

2.4 Programa de Manutenção

Os programas de manutenção não podem corrigir deficiências intrínsecas aos próprios níveis de segurança e de fiabilidade dos equipamentos e subsistemas, apenas podem prevenir a sua deterioração, quando os mesmos se degradam.

Segundo Loureiro², os PM existem para garantir a aeronavegabilidade e para a maximização da disponibilidade da frota, reduzindo os tempos de imobilização da mesma. Assim, o que se pretende é ter o máximo de aeronaves disponíveis para executar a sua missão em segurança. Para obtermos esses resultados, o tempo de cumprimento dos PM tem de ser o mais reduzido possível, o que apenas é possível através do planeamento eficaz dos trabalhos de manutenção, não esquecendo que as ocorrências inesperadas e indesejadas, a surgirem, sejam de imediato corrigidas.

Os intervalos de intervenção para as ações de manutenção programadas, segundo Kinnison (2004), também identificados como potenciais, podem ser expressos em *Usage Parameters*, que correspondem a horas de voo, ciclos e tempo de calendário. Podem, igualmente, ser expressos em *Letter Checks* (A, B, C, D), onde são descritas todas as ações a realizar, determinadas pelo fabricante. De uma forma geral, a gestão da manutenção dos potenciais depende das capacidades e recursos de quem gere a manutenção das aeronaves.

Usualmente o *A check* ocorre mensalmente, o *C check* ocorre uma vez ao ano, necessitando de meios suficientes para a sua realização. Para Kinnison (2004), um *C check* corresponde a uma intervenção de três a sete dias; porém, este intervalo é variável, dependendo das ações a executar, da disponibilidade dos recursos exigidos e das qualificações dos executantes. Dado o trabalho inerente a este *check*, o mesmo pode ser desdobrado em partes, também designados por fases, blocos faseados ou equalizados, garantindo assim uma distribuição mais equitativa de carga de trabalho ao longo do tempo. Assim podemos ter *C1, C2 checks*, ficando a responsabilidade desta divisão a cargo do departamento de engenharia.

² Fernando Loureiro, diretor da área de manutenção da (OGMA). A informação foi disponibilizada no seminário sobre manutenção aeronáutica, que se realizou no ISEL a 2 de Maio de 2011, no âmbito da disciplina de Manutenção Aeronáutica.

Na IF estamos perante um cenário de *C check* faseado, onde a cada 300HV se inicia o programa de manutenção planeado, mas ao ocorrerem as 600HV, 900HV ou 1200HV, para além das ações de manutenção da C1, serão executadas também as ações da C2 e assim sucessivamente.

2.5 Tipos de manutenção

Como descrito anteriormente, a FAP baseia-se no conceito de manutenção definido pelo REMAFA. Este distingue três tipos de manutenção a que se deram o nome de escalões:

- **Primeiro escalão** – Na manutenção aeronáutica civil é designada de manutenção de linha, na FAP também é conhecida por manutenção da linha da frente; realiza-se no lugar de estacionamento da aeronave e as ações correspondem genericamente a: inspeções diárias; mudanças de configuração das aeronaves em função das missões; reabastecimentos de combustível; lavagens e lubrificações; correção de pequenas anomalias inopinadas; realização de ensaios funcionais e cumprimento de TO, que exijam pouco tempo de imobilização das aeronaves.
- **Segundo escalão** – Este tipo de manutenção requer que a aeronave esteja no hangar, pois os tempos de imobilização são prolongados e são necessários recursos e equipamentos que apenas aí estão disponíveis, como por exemplo, carro de ar condicionado ou de pressão hidráulica. Neste modelo de manutenção são executadas diferentes tipos de ações: ações de manutenção programada, incluindo cumprimento de ordens técnicas do fabricante; reparações e anomalias detetadas em voo; substituição de motores e componentes; tratamentos anti-corrosivos; calibração e ensaios. Na aeronáutica civil este escalão, segundo Kinnison (2004), designa a manutenção de base ou hangar, em que se realizam as *letters checks* (A, B, C, D). Como referido, no presente estudo, a análise vai recair sobre a IF, o equivalente à *C check*.
- **Terceiro escalão** – Também designada por *depot* ou *shop maintenance*, este tipo de manutenção refere-se exclusivamente a grandes reparações, revisões gerais

ou *overhaul*, modificações e recuperação de órgãos. Estas reparações implicam a imobilização das aeronaves por longos períodos e a utilização de elevados meios técnicos para a sua execução, podendo a mesma ser executada por entidades externas à organização.

Em relação às inspeções periódicas, ou *letter checks*, o REMAFA (1981) indica que as mesmas têm de cumprir as diretivas e procedimentos estabelecidos pelo fabricante. Devem ser programadas de modo a constarem no planeamento das atividades das áreas de trabalho que as vão executar.

Acrescente-se que este regulamento também refere a importância da programação e otimização dos tempos, fundamentais para a produtividade: “ (...) o número de homens/hora é recurso sempre limitado, terá de haver especial cuidado na sua utilização. Deverão ser feitos todos os esforços no planeamento e programação da manutenção para que as horas disponíveis sejam utilizadas o mais racional e produtivamente possível”.

2.5.1 Cartas de trabalho

Kinnison (2004) refere que na *letter C check*, onde se insere a IF, estão implícitas: tarefas de rotina, tarefas de rotina variáveis e de não rotina. A FAP adotou outra designação, identificando essas tarefas como Cartas de Trabalho, distinguindo três tipos:

- **Cartas Básicas de Trabalho (CBT)**
- **Cartas Adicionais**
- **Cartas Oriundas**

As tarefas de rotina são as identificadas no PM do fabricante e correspondem à da CBT da FAP; contêm instruções técnicas sobre o cumprimento deste tipo de manutenção.

As tarefas de rotina variáveis equivalem para a FAP às cartas adicionais, e incluem, por exemplo, a substituição de órgãos por *terminus* do potencial e o cumprimento de ordens técnicas e reparações, previamente conhecidas e registadas na caderneta técnica da aeronave.

As tarefas de não rotina, correspondem para a FAP às cartas oriundas e incluem reparações ou substituições que se verifiquem necessárias na altura da inspeção, não estando as mesmas previstas no PM.

A importância de diferenciar este tipo de cartas de trabalho deve-se ao facto de as cartas adicionais serem planeadas, conjuntamente, com as cartas básicas. As cartas oriundas, como correspondem a anomalias, que são detetadas aquando de uma manutenção, não podem ser planeadas. Não obstante, com uma adequada análise estatística, através de aplicações informáticas apropriadas, podemos antecipar as anomalias que têm maior probabilidade de ocorrência. Aquelas que vão surgindo com maior frequência podem, e devem, constar no planeamento, tornando assim todo o processo mais eficiente.

2.6 Funções da manutenção

Kinnison (2004) refere que a recolha e calendarização das tarefas a serem executadas durante uma *C Check*, inclusive a adequação de recursos humanos, material e equipamento necessários para a sua execução, compete a quem planeia a manutenção. Uma reunião com os elementos envolvidos na manutenção é necessária para a compilação das tarefas a executar, devendo ser dada essa informação com a devida antecedência. Estando todos os elementos da equipa de manutenção na posse dos dados, garante-se que alterações de última hora sejam ajustadas na calendarização. Kinnison sugere que a realização da reunião se dê uma a duas semanas, antes do *Check* se iniciar.

Kinnison (2004) considera a área de planeamento e controlo de manutenção como sendo o “coração” da organização da manutenção, sendo esta área a primeira responsável pelo planeamento e calendarização de toda a manutenção das aeronaves. Este autor também considera que a área em questão contempla três funções distintas, para além de planeamento e controlo tem à sua responsabilidade a previsão da manutenção. Para efeitos de consonância com a nomenclatura da FAP, optou-se pela designação única de programação.

Segundo a classificação de Kinnison (2004), estas três funções da manutenção podem ser centralizadas ou descentralizadas. São centralizadas sempre que as três

funções (planeamento, programação e controlo) estejam agrupadas no mesmo órgão de gestão, no entanto em constante comunicação com as áreas de trabalho executantes das cartas de trabalho.

As funções descentralizadas subdividem-se ainda em parcialmente e totalmente descentralizadas. São parcialmente descentralizadas sempre que as áreas de planeamento e programação estão agrupadas e o controlo descentrado pelas áreas de trabalho executantes da manutenção, ocorrendo, não obstante, feedback constante entre as áreas. São totalmente descentralizadas quando o planeamento, programação e controlo são realizados nas respetivas áreas de trabalho executantes. Este tipo de função pode, com alguma facilidade, levar a falhas e/ou perdas de informação entre as áreas de trabalho. Kinnison (2004) não considera que a adoção desta função seja profícua.

Segue-se uma análise descritiva de cada uma das funções.

2.6.1 Programação

Esta função tem em conta a estimativa da carga de trabalho da manutenção requerida para cada aeronave, quer seja de curto ou longo período de paragem da mesma; são previstas as horas de voo que as aeronaves têm de cumprir e todas as situações que podem levar a que a manutenção seja antecipada ou atrasada, resultante de necessidades do cumprimento de missões pré-determinadas. Esta previsão tem em conta a manutenção de rotina, tal como a manutenção planeada; contabiliza também a degradação e a substituição de componentes. O intuito desta previsão é garantir que a manutenção, quando planeada, esteja devidamente atualizada, em relação a todas as tarefas a executar.

2.6.2 Planeamento

Inclui a calendarização da manutenção a ser executada; considera todos os recursos necessários (pessoal, material, equipamento) mais o tempo associado à execução de cada atividade. No entanto, salvaguardando situações inopinadas que possam ocorrer (as cartas oriundas, atrás designadas).

Para a manutenção programada, já estão definidas as tarefas ou cartas básicas de trabalho a executar, os recursos associados e os intervalos de tempo para as mesmas.

Desta forma, compete à área de planeamento analisar essa informação e adicionar outras tarefas previstas nas cartas de trabalho adicionais.

2.6.3 Controlo

O planeamento da manutenção assenta no pressuposto de que os recursos humanos, o equipamento e o material vão estar disponíveis para as tarefas a executar, mas imponderáveis podem acontecer. Neste contexto, o controlo tem o papel de ajustar o plano da manutenção, mediante a alteração de alguns pressupostos desse planeamento. Inclui-se nesta alteração, nomeadamente, o tempo de execução de algumas tarefas, em que os tempos previstos foram ultrapassados; este facto pode ocorrer, por exemplo, porque um executante demora mais tempo que outro na execução de uma tarefa.

O controlo tem então a função de adequar o planeamento da manutenção, anteriormente produzido à realidade do momento, podendo o mesmo incluir um adicional de recursos que se viu ser indispensável e, inclusive, valer-se de uma entidade externa em alguma fase da manutenção. A acção de manutenção, se necessário, poderá passar a ser deferida, ou seja, algumas intervenções de manutenção serem retardadas para outra altura mais conveniente, desde que não interfira com a aeronavegabilidade.

Na parte de Controlo obtêm-se informações importantes e atualizadas para futuros planeamentos da manutenção, conforme Kinnison (2004) mencionou: tempos de execução das tarefas; tempo de espera por entrega de materiais ou equipamentos; paragens por circunstâncias imprevistas; tempos adicionais por tarefas não previstas; a variabilidade dos recursos humanos disponíveis; perdas de tempo devido a canibalização de componentes. Estes dados permitem que planeamentos futuros sejam mais rigorosos e exactos, o que facilita a diminuição dos tempos de paragem das aeronaves para manutenção.

2.6.4 As funções na FAP

Após a implementação do REMAFA (1981), as funções de programação, planeamento e controlo passaram a ser geridas pelo órgão designado de Controlo da Manutenção (CM). As três funções da manutenção estão centralizadas neste órgão, competindo-lhe “planear, programar, organizar, coordenar, dirigir e controlar toda a

manutenção das aeronaves”. Este órgão tem dependentes de si, três secções (Figura 2-1), descritas e enumeradas de seguida.

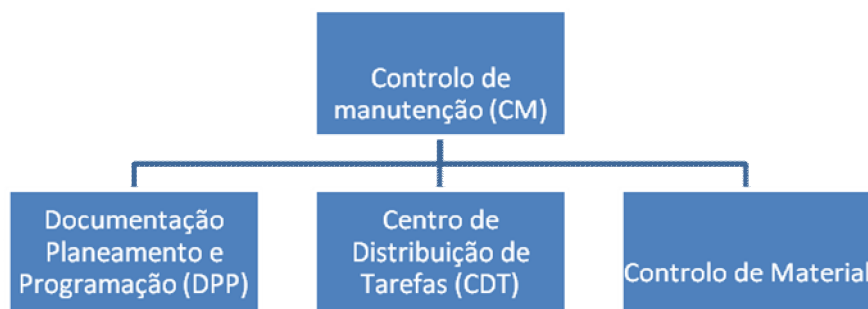


Figura 2-1. Organograma onde se incluem as funções da manutenção na FAP, segundo o REMAFA (1981)

- Secção de documentação, planeamento e programação - segundo o REMAFA, é onde são “planeados e programados os trabalhos de manutenção mensais e semanais, com base nas necessidades operacionais e na disponibilidade de meios para o cumprimento das missões. Os programas são elaborados atendendo aos requisitos mencionados e ainda às necessidades de manutenção para satisfazer o esforço pretendido”.
- Secção de centro de distribuição das tarefas – equivale ao “órgão de controlo de manutenção, que dirige e controla o estado de execução das tarefas programadas e não programadas de manutenção das aeronaves”. Incluindo o controlo dos componentes na eventualidade da sua remoção, reparação ou reinstalação em outra aeronave.
- Secção de controlo de material – secção que efetua a ligação com a cadeia de abastecimento, tanto do material como do equipamento necessário para as manutenções a executar.

Em 1999 através do RFA 305-1(B), “Regulamento da Organização das Bases Aéreas”, surgem algumas alterações na área de manutenção, que segundo Baltazar (2006) se traduzem de forma sintética em “permitir o aprontamento eficiente das

aeronaves e reger-se por princípios de racionalização e eficácia para garantir a utilização adequada do potencial humano disponível e ainda a centralização do comando e controlo, bem como a descentralização da execução”.

Por esta altura deixa de existir o órgão CM, transformando-se em área de planeamento e controlo e funcionando como órgão de apoio ao comandante de esquadra de material, conforme Figura 2-2, que se segue.

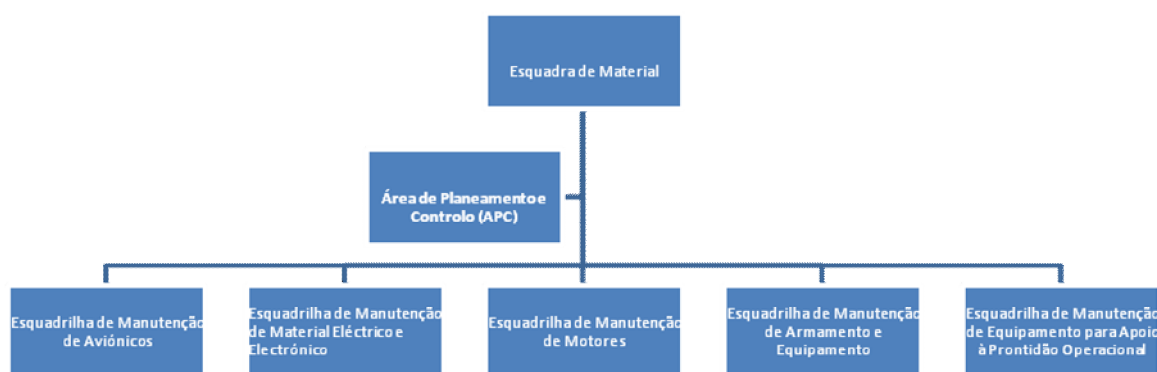


Figura 2-2. Organograma onde se incluem as funções da manutenção na FAP, segundo o RFA 305-1 (B) (1999)

As atribuições da APC passaram a ser o planeamento, controlo e análise das atividades de manutenção atribuídas à esquadra, em que se enquadraram funções como: determinar a carga de manutenção, em função da capacidade de manutenção e do regime de exploração das aeronaves; vigiar e examinar, periodicamente, os dados de manutenção obtidos pelo sistema de recolha de informação; garantir o controlo de qualidade das atividades de manutenção atribuídas à esquadra; inspecionar as ações, procedimentos, equipamentos e instalações da manutenção, entre outras.

Atualmente existe um órgão designado de Centro de Gestão de Manutenção (CGM), que centraliza as três funções (programação, planeamento e controlo), sendo a sua orgânica a constante da Figura 2-3, que a seguir se apresenta.

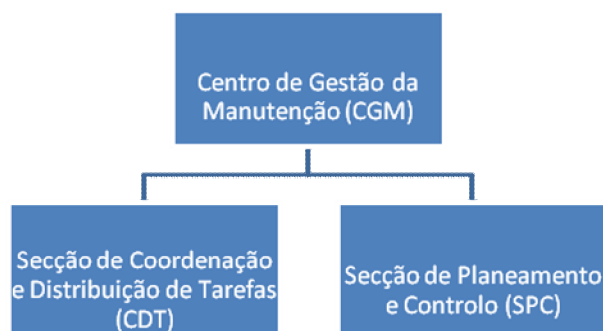


Figura 2-3. Organograma onde se incluem as funções da manutenção, atualmente em vigor na FAP (o regulamento encontra-se em execução)

O CGM tem a missão do planeamento, programação, organização, coordenação, direção e controlo da manutenção das aeronaves F-16, competindo-lhe calcular a capacidade da manutenção em consonância com as esquadras que executam essa manutenção. Paralelamente, este órgão atribui as prioridades de utilização dos equipamentos e instalações dos recursos materiais; sustenta um arquivo de registo histórico das aeronaves e de órgãos das aeronaves; recolhe e mantém dados pertinentes sobre o funcionamento da manutenção; programa, acompanha e controla as IF.

Por sua vez a secção CDT tem por missão dirigir e controlar a execução de tarefas, programadas e não programadas, de manutenção de aeronaves.

À SPC compete o garante da documentação, planeamento, programação e a gestão dos componentes necessários para a manutenção das aeronaves. Algumas das suas competências são o planeamento, a programação da utilização e da manutenção das aeronaves; publicação e a difusão, com a devida antecedência, dos programas de manutenção de todas as áreas envolvidas na mesma; recolha e gestão de dados pertinentes ao funcionamento da manutenção.

2.7 Registo dos dados de manutenção

Decorrente de qualquer manutenção é essencial, para toda a organização, que seja realizado o registo das ações intervencionadas em cada aeronave. Dados como o que foi

executado, por quem, quando, tempos de execução, entre outros, revestem-se de extrema importância; os dados estatísticos obtidos podem, inclusivamente, auxiliar no planeamento das anomalias inopinadas que ocorrem mais frequentemente.

Neste contexto, o registo de dados da manutenção da FAP é feito através da aplicação informática *SIAGFA* - Sistema Integrado de Apoio à Gestão na Força Aérea.

O *SIAGFA* surge em 2004 e é um Sistema Integrado (SI) porque permite processar e disponibilizar, de forma integrada, informações das diferentes áreas: operacionais, logística, administração, recursos de humanos, entre outras.

Segundo Mota (2006), este SI permite, através de um módulo específico da aplicação designado Gestão de Manutenção de Aeronaves (GMA), recolher e tratar “dados de uma forma generalizada e em tempo real” e “níveis de uniformização de procedimentos aceitáveis para todas as frotas (...) e tornou mais fiável a análise dos dados recolhidos”.

As valências para a manutenção do módulo GMA serão na gestão e controlo da situação das aeronaves, dos seus componentes e das publicações técnicas associadas; gestão e controlo das ações de manutenção; controlo dos registos históricos dos componentes; atualização dos seus potenciais; previsão da manutenção das aeronaves e componentes; controlo das horas de voo e horas de mão de obra.

Sendo possível obter uma previsão da manutenção, com este SI, a FAP tem ao seu dispor um mecanismo auxiliar e célere para a elaboração do planeamento da manutenção, permitindo o acesso à bolsa de recursos humanos e à compilação das necessidades de material, por exemplo. Os utilizadores da aplicação têm acesso a relatórios de indicadores de mão de obra e de manutenção, onde se incluem dados estatísticos referentes à utilização do pessoal, como por exemplo, o tipo de manutenção efetuada.

O registo das ações de manutenção tem início com a abertura de *obra* no *SIAGFA*, será nesta *obra* que se vão registar as cartas de trabalho executadas durante, por exemplo, uma IF. Após conclusão da IF, realiza-se o fecho da *obra* no *SIAGFA*.

Sendo o *SIAGFA* a aplicação oficial da FAP onde é compilada toda a informação de manutenção, será esta a fonte de dados e informações sobre o decorrer da implementação de *lean* na IF.

2.8 Como se processa uma inspeção

Segundo Kinnison (2004), distinguem-se cinco partes durante o processo de ocorrência de uma *C check*: preparação, atividades preliminares, condução da inspeção, finalização e regresso ao serviço. As mesmas serão descritas com referência a designações da FAP, para uma melhor compreensão deste processo e, posteriormente do estudo de caso.

- **Preparação:** realização do planeamento da IF que se vai executar, incluindo todas as ações de manutenção; as tarefas planeadas vão corresponder na FAP às cartas básicas e adicionais. Neste momento do processo, o APC efetua a abertura da *obra* no SIAGFA (para ser possível o registo dos dados de manutenção); são garantidas as condições para a receção da aeronave no hangar; viabiliza-se o material e equipamento necessários, ficando disponíveis no hangar ou no armazém para ser utilizado assim que necessário. Todas as áreas que participam têm, atempadamente, conhecimento das tarefas a executar. Segundo Kinnison (2004) as áreas têm a informação disponível, aproximadamente, uma a duas semanas antes do início dos trabalhos.
- **Atividades Preliminares:** esta segunda parte do processo corresponde ao início dos trabalhos onde são realizadas ações como a lavagem da aeronave, remoção de motor e painéis, entre outras. Dá-se início a uma inspeção visual da aeronave, e nesta etapa, caso seja detetada alguma anomalia, estamos perante as cartas de trabalho oriundas, ou seja, ações que não estavam a ser consideradas na altura do planeamento deste *C Check*.
- **Condução da Inspeção:** parte em que os recursos humanos são designados às tarefas das cartas de trabalho, consoante o planeamento efetuado e anomalias detetadas anteriormente. Nesta fase gerem-se os meios humanos, assegurando o número de elementos necessários para as tarefas, garantindo que não haja congestionamento de pessoal, que possa impedir a realização das ações. Posteriormente à execução das atividades, estas são registadas no SIAGFA, na *obra* inicialmente aberta. São registados dados como a tarefa executada; a(s) área(s) de trabalho que interveio (ieram); quem a executou; tempo de execução;

componente intervencionado; quando foi detetada a avaria e o tipo de manutenção.

- **Finalização:** após a realização de todas as tarefas e aprovação do trabalho desenvolvido, pelo inspetor da qualidade, a inspeção é dada como concluída. Na FAP, esta confirmação é introduzida no SIAGFA, na *obra* referente, pois é considerada uma ação de manutenção da área do controlo da qualidade.

Assim, e após conclusão da inspeção, a aeronave realiza um voo para garantir que a está em perfeitas condições de aeronavegabilidade, capaz de realizar novas missões, estando agora a aeronave pronta para o **Regresso ao Serviço**. Na FAP, apenas nesta fase se encerra o número de *obra* no SIAGFA, pois decorrente do voo podem detetar-se outras anomalias; a existirem, são ainda executadas naquele número de *obra*.

3 LEAN

A tradução literal³ de *lean* é, enquanto adjetivo, “magro”, não necessariamente um magro anorético, mas uma magreza saudável, isto é, elegante ou esguia. Ao associar *lean* a uma empresa, estamos a promover o emagrecimento de algo, de um departamento, de um serviço, da produção ou da manutenção, implicando o abandono do seu estado de obesidade e impulsionando a sua elegância.

Tal como um indivíduo que ao olhar-se ao espelho se sente incomodado com o seu corpo e decide emagrecer, o mesmo pode acontecer numa empresa. Esta, ao analisar a vantagem competitiva, relativamente, aos seus concorrentes, verifica que não se encontra tão ágil e atenta quanto desejável, para enfrentar as mudanças do mercado, decidindo tomar medidas para recuperar essa mesma competitividade.

O principal tratamento para obesidade consiste na redução da gordura corporal por meio da adequação da dieta, com exercício físico. Não obstante, mais difícil do que perder peso, é mantê-lo. E como associamos isto à nossa empresa? Como “emagrecê-la” e mantê-la mais competitiva?

É nesta necessidade de mudança que se aplica o *lean thinking* (pensamento *lean*).

O pensamento *lean* não surge do nada, esta filosofia nasce da análise de vários estudos sobre os conceitos de produção existentes desde o século passado.

Henry Ford dizia que o passado servia para evidenciar as nossas falhas e fornecer indicações para o futuro. A afirmação não podia ser mais verdadeira, pois Ford acabou por se tornar o passado da filosofia *lean*.

3.1 A origem

Foi nos Estados Unidos da América (EUA) que o que o empresário, fabricante e visionário, Henry Ford, com 40 anos, criou em 1903 a *Ford Motor Company*. Ford considerou a invenção do automóvel, de Karl Benz e Gottlieb Daimler em 1885, uma

³ Segundo o dicionário *Harrap's Dictionary* -, *English-Portuguese*.

das mais inovadoras daquela época, almejando criar um veículo a baixo custo, que fosse acessível a todas as famílias americanas.

Decide, então, produzir um único veículo, numa única cor, preto, nascendo assim o *Model T*.

Ford viu na produção em massa a forma de atingir o seu objetivo: o preço acessível. Então, criou um conceito inovador de linhas de montagem/produção, onde o trabalho era realizado sequencialmente, do princípio ao fim da montagem; terminada uma montagem era iniciada outra, e assim sucessivamente.

Este conceito foi sendo aperfeiçoado com o tempo, no entanto assenta no facto de que os trabalhadores executem sempre as mesmas tarefas, de uma forma repetitiva, tornando-se cada vez mais proficientes em determinada ação.

De referir que neste modelo produtivo, os trabalhadores passavam para um plano secundário, tendo em conta a forma como se realizava o sistema produtivo. Do ponto de vista dos trabalhadores as tarefas a executar eram fatigantes, não eram permitidos erros nem perdas de tempo, com risco de diminuir a produção. Como tal, as tarefas eram executadas sem pensar, agindo automaticamente, para produzir de forma mais célere.

A nível produtivo, naquela época, este tipo de sistema trazia vantagens, conseguindo-se, por exemplo, reduzir a produção de um chassis completo de 728 minutos (min), em 1908, para 93 min em 1913. Isto só foi possível com a eliminação de tempos intermédios e de tudo o que era considerado supérfluo. Esta necessidade de máxima produção, sem erros, tornou necessário um controle de qualidade ao longo das linhas de montagem, iniciando-se assim, de forma não sistematizada, a abordagem à filosofia *lean*.

O sucesso de Henry Ford não passa despercebido aos outros fabricantes, que aproveitaram para implementar e adaptar o seu conceito.

Neste sentido, a concorrência que surgiu e o fabrico do mesmo modelo (*Model T*) durante cerca de 19 anos, fez com que os clientes acabassem por perder o interesse na aquisição desse veículo, levando Ford lentamente ao declínio, por não acompanhar a evolução natural do mercado.

Em 1927 cessa a produção do *Model T* iniciando a construção do *Model A*, o que se verificou uma iniciativa tardia, uma vez que Ford acabou por perder a posição de dominador do mercado automóvel nos EUA.

Nos anos 30 Sakichi Toyoda, um empresário japonês, pretendeu expandir os seus negócios, de modo a incluir a produção de automóveis. Para perseguir esse objetivo, enviou o seu filho, Kiichiro Toyoda, aos EUA, para que estudasse o conceito do sistema de produção da Ford.

O mercado japonês era diferente do norte-americano, muito mais pequeno, sendo necessário adequar o conceito de Ford às necessidades japonesas (Liker, 2004). Kiichiro, então presidente da *Toyota*⁴, decidiu não abraçar o conceito de produção em massa, mas sim enveredar pelo fabrico de pequenas quantidades, com vários modelos, deixando de lado a filosofia do modelo único. Com ajuda de Taiichi Ohno, Kiichiro avançou passo a passo para o sistema do Toyota Production System (TPS), sistema este que se baseia na filosofia *lean* (Womack, Jones e Roos in Womack e Jones, 2004).

O Eng. Taiichi Ohno, nascido em 1912, é considerado o fundador do TPS (Liker, 2004). Segundo o próprio (Ohno, 1990), o TPS surgiu para implementar o objetivo de Kiichiro Toyoda em 1947, que consistia em ultrapassar os EUA na produção de veículos, no prazo máximo de três anos. Kiichiro considerava que a concretização desse objetivo implicaria a falência da indústria automobilística japonesa.

Tendo em conta o contexto socioeconómico do Japão na época, o objetivo da TPS era de uma audácia incalculável. Não esqueçamos que tinham passado apenas dois do *terminus* da 2ª Guerra Mundial; o Japão tinha sofrido o ataque de duas bombas atómicas; os japoneses não tinham poder de compra e havia uma elevada carência de matérias-primas. Contudo, todos estes factores foram impulsionadores da criação de um sistema de produção revolucionário, de que ainda hoje se fala e se estuda.

O sistema TPS tem como base a eliminação de todo o desperdício que se gera à volta da produção, ou seja, tudo o que não produz valor na criação do produto. Segundo Ohno, foram ajustados os procedimentos e modificados os equipamentos para tornar possível a base desta metodologia, resultando na redução da quantidade, na variedade dos produtos e na qualidade dos mesmos. Um fluxo adequado na linha de montagem é

⁴ Esta empresa inicia-se com nome de família, *Toyoda Group*; mais tarde é alterado para *Toyota Motor Company*, por ser um nome mais apelativo.

essencial neste sistema, que também se caracteriza pela aposta na formação adequada dos trabalhadores, permitindo a sua polivalência no uso dos equipamentos (situação não verificável em Ford).

Para Ohno existem dois princípios fundamentais para o sucesso da TPS:

- *Just in time* (JIT);
- *Jidoka* (Autonomação, ou seja, automação com toque humano).

De uma forma sucinta estes dois conceitos⁵ consistem em:

- O **JIT** é a entrega dos produtos corretos, no tempo indicado, na quantidade certa ao cliente, ou seja, é um conjunto de princípios, ferramentas e técnicas que permitem à empresa produzir e entregar produtos em pequenas quantidades com rapidez, satisfazendo os requisitos e as necessidades dos clientes. Este princípio também abraça as condições de stock/inventário nulo. O TPS rodeia-se de uma cadeia de abastecedores, que fornecem as matérias-primas à medida do consumo efetuado, eliminando-se, assim, os custos associados aos stocks.
- O **Jidoka** assenta na qualidade ao longo da linha de produção. Sempre que é detetado um defeito, é efetuada a paragem das linhas de produção: deteta-se o erro, corrige-se a situação e só depois se inicia novamente o processo, assegurando assim um eficaz controlo de qualidade.

A implementação destes conceitos mantém-se até aos dias de hoje na Toyota e será a partir destas fundações que mais tarde surge a filosofia do *lean*.

3.2 Os princípios

É com Womack e Jones (2003), que em 1990 lançam o livro *The Machine that Changed the World*, que os termos *lean* e *lean thinking* surgem pela primeira vez, ao efetuar uma abordagem ao TPS.

⁵ Segundo o sítio oficial na internet da Toyota

Em 1996, Womack e Jones, no livro *Lean Thinking*, atualizam os conceitos de Ohno, traduzindo-os em cinco princípios básicos. Segundo o *Lean Institute Brasil* este princípios definem-se da seguinte forma:

- **Valor (Value):** é o ponto inicial e o mais crítico da filosofia *lean*, pois a definição do **valor** só pode ser efetuada pelo cliente final, ou seja, o produto ou serviço final tem de satisfazer os seus requisitos, num determinado momento, com um determinado custo e qualidade. Para o cliente a sua “(...) necessidade gera o valor e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico, para manter a empresa no negócio e aumentar os lucros via melhoria contínua dos processos, reduzindo os custos e melhorando a qualidade”.
- **Cadeia de valor (Value stream):** depois de definido o **valor** do produto, é o conjunto de ações que abrangem a criação do **valor**, isto é, “dissecar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que efetivamente geram valor, aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e, por fim, aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados imediatamente”.
- **Fluxo contínuo (Flow):** consiste em permitir que se gere **valor** no produto durante o processo de **fluxo de valor**, sem barreiras ou atrasos, ou seja, “o efeito imediato da criação de fluxos contínuos pode ser sentido na redução dos tempos de conceção de produtos, de processamento de pedidos e em stock”, permitindo às empresas satisfazerem o cliente “quase que instantaneamente”.
- **Puxar (Pull):** neste princípio insere-se o conceito JIT, pois ao gerar-se o **fluxo contínuo**, permite-se que seja o cliente a “puxar” o produto do fabricante, eliminando o stock e dando valor ao produto. Por oposição à produção excessiva de mercadoria que o cliente não quer, que muitas vezes leva as empresas a impingir essas “sobras”, através de “descontos e promoções”.
- **Perfeição (Perfection):** assenta nos pressupostos da eliminação de defeitos e manutenção do compromisso de melhoria contínua (Kaizen) ao longo dos princípios anteriores. A empresa deve manter os “processos transparentes” onde todos os elementos da mesma, trabalhadores, chefias, “tenham conhecimento

profundo do processo como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de criar valor.”

Estes princípios são as linhas orientadoras da filosofia *lean*, não sendo estanques por si só, mas interagindo uns com os outros, para que se atinja o objetivo final: a melhoria contínua e a satisfação do cliente.

Em 2008 a comunidade *lean thinking* actualizou estes princípios, acrescentando mais dois:

- **Conhecer os Stakeholders:** é de toda a conveniência para qualquer empresa, que para além da criação de valor para com o cliente, efetue também a criação de valor para todos os colaboradores envolvidos, desde os fornecedores, retalhistas, revendedores, produtores, entre outros.
- **Inovar sempre:** não se manter focalizado somente na criação de valor de um determinado produto, mas antecipar necessidades futuras, gerando oportunidades através da criação de novos produtos e serviços.

Este conjunto de princípios constituem-se como o *roadmap* para qualquer empresa implementar a filosofia *lean*; só assim se terá a garantia do “caminho certo, rumo à excelência e ao desempenho extraordinário”.

Como resumo dos princípios anteriormente explanados, apresenta-se o quadro comparativo (Tabela 3-1), onde se representam os mesmos por ordem cronológica, desde o seu começo com Taiichi Ohno, passando pela abordagem realizada em 1996 por Womack e Jones e, por fim, a atualização dos mesmos pela Comunidade *Lean Thinking* (CLT) em 2008.

OHNO	WOMACK & JONES	CLT
1. Just in time	1. Valor	1. Conhecer os Stakeholders
2. Jidoka	2. Fluxo de valor	2. Definir Valor
	3. Fluxo contínuo	3. Definir cadeia de valor
	4. Pull	4. Optimizar fluxos
	5. Perfeição	5. Implementar Sistemas Pull
		6. Perfeição
		8. Inovar Sempre

Tabela 3-1. Tabela comparativa dos princípios de lean

3.3 Os desperdícios

As metas para atingir o “emagrecimento” consistem no modo como as empresas focam os seus objetivos no cliente: saber o que o cliente quer, quando quer e por quanto quer, utilizando o mínimo de recursos e maximizando a qualidade. Caso o cliente deseje alterações, a empresa deve ajustar-se a essa mudança.

Neste contexto, para que uma empresa consiga uma melhoria contínua, é fundamental a eliminação da gordura/desperdício que se gera, como tal, é necessária a sua identificação, a fim de que a mesma seja, eficazmente, eliminada.

“Cada um de nós tem uma ideia diferente do que são desperdícios e esta pode mudar perante diferentes condições. Como é que podemos todos concordar com uma definição comum de desperdício?”

A P. Amaro e J.P. Pinto, da Comunidade Lean Thinking⁶

A identificação de desperdício não é não é simples, nem consensual. Todavia, Ohno conseguiu caracterizar e definir três tipos de desperdícios, também conhecidos pelos 3MU's: **MUDA**, **MURI** e **MURA**.

1. **MUDA** é uma atividade que não acrescenta valor para o cliente, mas que consome recursos.
2. **MURA** é o desequilíbrio e variação das operações.
3. **MURI** é a sobrecarga de pessoas e equipamentos, onde não se verifica a análise da carga de trabalho, associada aos recursos disponíveis.

OHNO identificou igualmente sete desperdícios **MUDA**, também conhecidos por *the seven deadly wastes*⁷:

⁶ Identificadas por António Paulo Amaro e João Paulo Pinto da Comunidade *Lean Thinking* na *Criação de valor e eliminação de desperdícios* (2008).

1. **Excesso de produção:** a maior fonte de desperdício, porque se está a produzir algo que o cliente não quer.
2. **Tempos de espera:** referem-se a materiais/informações que aguardam para serem processados.
3. **Transporte desnecessário:** trajetos desnecessários dos produtos.
4. **Extra processamento:** de algumas operações e atividades de um processo que poderia nem existir.
5. **Inventário/Stock:** qualquer material em excesso.
6. **Movimentação desnecessária:** dos trabalhadores
7. **Defeitos:** produzir produtos defeituosos significa desperdiçar materiais, mão de obra, movimentação de materiais defeituosos e outros.

Liker (2004) veio acrescentar um oitavo desperdício **MUDA:**

8. **Não aproveitamento de potencial humano:** cada interveniente no processo pode ter uma perspetiva de melhoria do mesmo, a questão é saber usufruir da experiência e conhecimentos dos outros.

O encadeamento de um processo *lean* consiste na eliminação dos MUDAS, mas para garantir que o desperdício não ressurja, é fundamental perceber as causas do seu surgimento.

A CLT ⁸ identifica algumas das situações ou causas, que estão na origem dos MUDAS anteriores:

- Grandes lotes de produção; antecipação da produção; incapacidade de se conseguir mudanças de ferramentas em pouco tempo; criação de stock para compensar o número de peças com defeito;
- Fluxos obstruídos; equipamento com *layout*; problemas nos processos dos fornecedores; capacidade não balanceada; lotes de grandes produções;

⁷ Os setes desperdícios mortais.

⁸ Identificadas por António Paulo Amaro e João Paulo Pinto da Comunidade *Lean Thinking* na *Criação de valor e eliminação de desperdícios* (2008)

- Ocupação de espaço da fábrica desnecessário; aumento do tempo de fabrico; *layout* inadequado da sequenciação dos processos; mau planeamento das operações; sistema de transporte desajustado;
- Stocks que são aceites como parte do processo produtivo; fraco *layout* dos equipamentos; tempo prolongados de acesso às ferramentas; estrangulamentos na produção; antecipação da produção; problemas de qualidade;
- Ênfase na inspeção final; ausência de padrões de inspeção; ausência de padrões nas operações de fabrico e de montagem; falhas humanas; transporte e movimentação de materiais;
- Operações isoladas; desmotivação dos recursos humanos; mau *layout* de trabalho; falta de formação; capacidades e competências não desenvolvidas; instabilidade nas operações.

Identificar os desperdícios e detetar algumas das suas causas, não é, no entanto, o suficiente para a eliminação do desperdício. É necessário “atacar” a *root cause*, ou seja, a causa primária do problema, pois será essa a chave para que não se gere novo desperdício. Como determinar então a causa inicial, para que seja eliminada?

É fundamental efetuar uma análise concreta de cada situação, esmiuçar até à essência do problema, para que se identifique o que não está a adicionar valor ao processo.

Segundo Ohno, para uma correcta identificação das causas que originam os desperdícios, é necessário questionar a gestão da produção, pelo menos cinco vezes (técnica dos 5Whys). O próprio dá como exemplo o caso de uma máquina, que parou durante a produção:

- I. **Porque** é que a máquina parou? (Esta deverá ser a primeira questão a ser colocada) Ocorreu uma sobrecarga de energia, provocando o corte de corrente, então surge a necessidade de aprofundar sobre esse assunto;
- II. **Porque** é que ocorre a descarga? Porque existe lubrificação insuficiente nos rolamentos;
- III. **Porque** é que acontece essa má lubrificação? O problema ocorreu na bomba de óleo que não permite a circulação suficiente de óleo;

- IV. **Porque** é que a bomba de óleo não faz circular o óleo adequado? Porque a bomba está entupida com resíduos metálicos;
- V. **Porque** é que se encontram na bomba esses resíduos metálicos? A bomba não tem filtro de óleo.

Através destes cinco passos se determinou a raiz do problema.

Para a definição da raiz do problema, Shingo e Dillon (1989) acrescentaram as questões **5W** e **1H**, correspondendo a cinco questões iniciadas por **W** e uma questão iniciada por **H**:

1W. Who – Quem tem o problema?

2W. What – Qual é o problema?

3W. When - Quando é que o problema aparece?

4W. Where – Onde é que o problema ocorre?

5W. Why – Porquê que o problema acontece?

e

1H. How – Como é que podemos resolver o problema

Os **5W** e **1H** são colocados à medida que existe uma falha no processo, com vista à decifração do desperdício. Após o **5W** – Why, vamos continuar a introduzir os cinco “porquês” identificados por Ohno, para a localização concreta da causa raiz do problema. Através da questão **1H**, pretende-se resolver o problema.

*Est hominum errare*⁹, como tal, se há recursos humanos envolvidos no processo produtivo, os erros podem acontecer. As questões **5W** e **1H** pretendem revelar os problemas escondidos, identificando as *root causes* que, naquele momento, são consideradas um desperdício. Depois de identificadas e corrigidas, as mesmas passam a gerar valor no processo.

Vimos atrás que a aplicação do **5W** e **1H** é uma forma de eliminar as *root causes*, não obstante a CLT¹⁰ identificou outras formas:

⁹ A tradução corresponde a “é humano errar”

¹⁰ Identificadas por António Paulo Amaro e João Paulo Pinto da Comunidade *Lean Thinking no Criação de valor e eliminação de desperdícios* (2008).

- Investimento na formação dos envolvidos no processo;
- Uniformização das operações, processos e materiais, ou seja, estabelecimento de procedimentos padrão;
- Utilização de controlos visuais de forma a facilitar as operações, o seu controlo e a comunicação;
- Focalização da produção nos requisitos do cliente;
- Auditorias aos processos para revelar problemas e estrangulamentos;
- Controle de qualidade, durante todo o processo produtivo;
- Mudança de mentalidades, através do empenho das chefias e trabalhadores;
- Otimização dos requisitos de fiabilidades aos equipamentos;
- Comunicação adequada entre todas as áreas do processo;
- Aplicação de sistemas *Just in time*.

Womack¹¹, em 2006, refere que no início da filosofia *lean* incentivou, primariamente, à eliminação dos MUDAS, não dando tanto relevo ao MURI e ao MURA. Em 2006 apercebe-se que esses dois tipos de desperdícios são as causas primárias para o aparecimento do MUDA.

Em consequência, o autor considera que primariamente temos de eliminar o MURA, questionando o “**porquê**” da existência desta variação nas atividades, visto que o cliente nada solicitou; de seguida devemos avançar para o MURI, analisando “**como**” suavizar e estabilizar as operações, para que a sobrecarga seja eliminada. Só assim é que a empresa pode focar a sua atenção nos MUDAS, para garantir que os mesmos sejam eliminados rapidamente e de forma definitiva.

3.4 Uma empresa lean

Obviamente que transformar uma empresa em uma empresa *lean* não é simples, é sobretudo necessário que se envolvam todos os participantes do processo, desde as

¹¹ De Jim Womack e-letter de 2006.

chefias até aos executantes. A motivação desempenha, neste contexto, um papel fundamental para manter o empenhamento de todos em alcançar os objetivos da organização e vislumbrar oportunidades de melhoria contínua.

Verificou-se que a implementação de *lean* conduz a um aumento geral no desempenho¹², na ordem dos 10%; redução em 50 %, ou mais, de **tempo** (ciclo administrativo, no desenvolvimento de nova produção e de resposta), **defeitos**, **custos** e do **inventário**. Obtém-se uma melhoria significativa na atitude geral e no cumprimento de prazos superiores. Verifica-se, igualmente, um aumento de produtividade anual na ordem dos 15-35%.

Qualquer indivíduo consegue emagrecer, quando se empenha. De igual forma, a vantagem competitiva das empresas pode ser alcançada, como se vê pelos valores anteriores. É, todavia, fundamental minimizar o desperdício gerado durante o processo; manter a existência generalizada de confiança e focar os objetivos nos requisitos do cliente.

Segundo Jones et al (1999), uma empresa não *lean* é caracterizada por ter uma estrutura hierarquizada bem definida; a chefia ocupa o topo da hierarquia e está isolada do nível inferior, podendo não saber o que é efetuado, diariamente, por cada um dos trabalhadores, desconhecendo se estes estão motivados. Neste contexto, a opinião dos executantes não é válida, nem é encarada como uma ferramenta para a melhoria da produção. A moral e a satisfação pessoal dos recursos humanos é diminuta, porque as funções são repetitivas e estanques; os trabalhadores desconhecem o seu contributo no processo produtivo.

Os objetivos da empresa não estão focados no cliente, mas sim no aumento da produção e redução de custos. A forma como a chefia incita os empregados para que se atinjam os objetivos da empresa é através incentivos monetários, criando uma tendência para aumentar a produção, mas com um nível de qualidade inferior. O processo de produção consiste em passar os produtos de um departamento para outro, mas esta passagem entre os departamentos provoca tempos de espera. Paralelamente, leva à existência de grandes quantidades de stocks, porque os produtos são produzidos, segundo uma estimativa de procura. Este facto pode levar à deterioração do material de

¹² Identificado por Pedro Salvada na Comunidade *Lean Thinking* no *Metodologia A3 PDCA- Plan, Do, Check, Adjust*.

inventário, por estar mal armazenado. Em relação aos fornecedores, estes só têm acesso ao mínimo de informação necessária.

Uma empresa *lean*, em oposição, é caracterizada por uma cultura de confiança, com o envolvimento de todas as pessoas nas decisões do processo produtivo. A motivação torna-se a palavra de ordem e é cultivado o espírito de orgulho no trabalho bem executado. O stock é mínimo, há um fluxo adequado no processo produtivo sem tempos de espera, entre departamentos. Os bens são produzidos consoante os consumos dos clientes. Os objetivos da empresa não são a elevada produção e o baixo custo, mas sim os requisitos do cliente. Os empregados não estão apenas focalizados no processo produtivo, mas atentos a oportunidades de melhoria contínua nas atividades da produção. Os fornecedores são considerados parceiros, como tal, a informação é colocada ao seu dispor.

Como se percebe, para uma empresa *lean*, o importante não é aumentar a produtividade, mas identificar os desperdícios existentes no processo, eliminá-los e criar produtos com qualidade, tendo sempre em conta o cliente final.

Para uma empresa *lean* é fundamental incluir os seus empregados em todo o processo. Desta forma está a motivá-los para que identifiquem as causas dos problemas que possam surgir e, também, estar aptos a resolvê-los.

Segundo a *Lean Advancement Initiative* (LAI)¹³, a palavra empresa inclui todos os elementos que dela fazem parte internamente e a nível externo, os clientes e os fornecedores (assim sendo a inclusão do princípio de conhecer os *stakeholders*, que a CLT incrementou faz todo o sentido).

O primeiro passo transformar uma empresa não *lean* em *lean*, é a transformação cultural, que implica alteração de mentalidades nos vários níveis hierárquicos, desde as chefias até aos executantes.

Depreende-se que, numa fase embrionária, esta mudança de mentalidade não é simples, porque as pessoas têm de ser “reeducadas”. Como a filosofia *lean* pressupõe o envolvimento de toda a empresa, o controle e a responsabilidade passa também para o nível hierárquico mais baixo da empresa – os executantes. Gera-se, deste modo, uma

¹³ A LAI foi criada para identificar e implementar os princípios *lean* e as suas práticas na área da aviação militar nos Estados Unidos; é constituída por empresas ligadas à indústria da defesa nacional e pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT).

diminuição das barreiras hierárquicas e conseqüente melhoria da comunicação entre todos os níveis da empresa. Em suma, será utilizado menos esforço humano, menos inventário, menos tempo de entrega, menos tempo a desenvolver produtos e o que for produzido será com qualidade, da forma mais eficiente e econômica, deixando o cliente satisfeito.

Comumente, os trabalhadores associam a implementação de *lean* ao corte de postos de trabalho, o que pode ser crítico para a implementação. Porém, essa não é a filosofia *lean*, pois isso implicaria *a priori* uma postura defensiva dos empregados durante a implementação. Os empregados serão ajustados em todo o processo, pois são considerados recursos que geram valor. É este nível inferior da hierarquia não *lean* que consegue identificar, com relativa facilidade, os problemas no processo de produção; sabe reconhecer as *root causes* dos desperdícios gerados e compreender as atividades que geram valor no processo produtivo. Neste âmbito, é primordial que os funcionários conheçam os requisitos do cliente e entendam os princípios de *lean*, pois um dos seus conceitos-chave é o trabalho de grupo, envolvendo todos os colaboradores nas decisões de produção, para assim se manter o foco na melhoria contínua.

Numa empresa *lean* o foco principal é a eliminação das fontes de desperdício e da ineficácia. O interesse é o cliente e a satisfação das suas necessidades; quando a empresa antecipa as mudanças das necessidades do cliente e prevê respostas/soluções para essas alterações, estará em vantagem competitiva. O importante é que esta filosofia seja transversal a todas as áreas da empresa, caso contrário não estão a aproveitar todo o potencial que as técnicas *lean* têm para oferecer.

Impõe-se a questão: quando decide implementar *lean*, a empresa vai despender quanto? Não se trata, necessariamente, de investimento financeiro. Não está em causa implementar a última tecnologia, inicialmente será fundamental investir em tempo, investir na formação; melhorar e/ou substituir os equipamentos e adquirir as ferramentas necessárias para se achar o *lead time*, que se reveste de extrema importância.

3.5 As ferramentas

As ferramentas *lean* são diversas, não existindo receita ideal e única para as implementar. A organização deve estudá-las e desenvolver as que apresentam um maior potencial de sucesso, dados os constrangimentos da empresa.

Abordar-se-ão as ferramentas introduzidas no estudo de caso efetuado, para uma melhor compreensão do mesmo.

Segundo Nogueira (2010), citando Rother e Shook (2003), uma das ferramentas essenciais para atingir os propósitos de *lean* é o *Value Stream Mapping* (VSM), também classificado como o Mapeamento da Cadeia de Valor. Esta foi uma das ferramentas utilizada na implementação de *lean* na IF do F-16.

3.6 Mapeamento da cadeia de valor (VSM)

Esta ferramenta tem como principal objetivo identificar os desperdícios do processo para a sua posterior eliminação. Esta identificação é feita através da análise do fluxo de materiais e informação utilizados ao longo do processo em causa. Após definido um produto a estudar, são identificadas as necessidades do cliente através do seu *Takt Time*¹⁴ e dados de abastecimento do fornecedor.

Procede-se à recolha exaustiva de todas as informações relativas ao processo em estudo no VSM, para verificar: a duração de cada tarefa executada; o número de executantes para as mesmas; as movimentações do produto, onde existe stock; quais os pontos de estagnação gerando esperas do processamento e outro tipo de informações que sejam valorizadas.

Os dados acima permitem desenhar a cadeia de valor, sendo depois verificadas as tarefas com e sem valor acrescentado para o produto; dentro das tarefas que não acrescentam valor para o produto são identificadas as que, apesar da sua natureza, não podem ser eliminadas.

¹⁴ *Takt Time*: é um ritmo de produção definido de acordo com a procura, dado pelo quociente entre o tempo disponível e a necessidade do cliente.

Com o trabalho anteriormente realizado, é estabelecido o mapeamento do estado atual, sendo esta a espinha dorsal para o desenho do mapeamento do estado futuro. Avançamos então para a identificação daquilo que não acrescenta valor ao processo e realiza-se um reajustamento às atividades, garantido que há um fluxo do produto ao longo do processo. Assim se concebe o mapeamento do estado futuro.

A última fase consiste na efectivação de um plano de implementação, onde se reconhecem as atividades a serem implementadas, quem as realiza e a definição do prazo para as mesmas.

Na Figura 3-1, que a seguir se apresenta, podemos ver o mapeamento do estado atual (antes da implementação *lean*) e o mapeamento do estado futuro (após a implementação *lean*). Este mapeamento integra o estudo de caso deste trabalho e está relacionado com a análise das atividades, material, pessoal, que participam da IF do F-16.



Figura 3-1. Mapeamento do estado atual e futuro da IF do F-16.

Fonte: FAP

Após identificação e sequenciação das atividades a executar na IF, foi possível perceber onde se encontravam os desperdícios, permitindo simplificar o processo das ações de manutenção, decorrentes dessa inspeção. Tal como a Figura acima ilustra, o mapeamento do estado atual era nitidamente complexo e todo o processo foi reduzido ao essencial, como é visível pelo mapeamento do estado futuro.

3.7 6“S”

Esta ferramenta foi criada com o objectivo de melhorar a organização e gestão do ambiente de trabalho, garantindo aos executantes uma melhoria na sua eficiência, com a eliminação dos desperdícios no local de trabalho.

É um método de simples implementação e os resultados são imediatos em várias vertentes: na qualidade de vida dos trabalhadores, na otimização do espaço de trabalho e na sua própria segurança.

A sua designação advém da primeira letra (S) dos seis conceitos-chave, que descrevem esta ferramenta. Primariamente foi conhecida pelos 5 “S”, segundo Gouveia (2010), citando Bodek (2004):

- 1) **Seiri/Sorting/Separar:** apenas manter no local o material que for estritamente necessário, bem como ferramentas e equipamentos; todo o restante deve ser arrumado fora dessa área, ou até, determinar a sua eliminação.
- 2) **Seiton/Straighten/Ordenar:** todo o material anterior, que se considerou importante, deve ter uma disposição fixa, para que o executante consuma o mínimo de tempo na sua procura. Deve estar bem identificado, acessível e de preferência ordenado sequencialmente, pela importância e frequência de utilização. A FAP, com base neste método, providenciou caixas de ferramentas específicas para uso na IF do F-16, (Figura 3-2), identificando, nas gavetas, a localização das ferramentas para cada uma das áreas de trabalho. Esta agregação do material trouxe outra vantagem: atualmente, apenas uma pessoa faz o controlo do material; antes, cada uma das treze áreas de trabalho executantes tinha a função de garantir que o material se encontrava disponível, para a IF.



Figura 3-2. Caixa de ferramentas para a IF do F-16

- 3) **Seiso/Sweeping/Limpar:** garantir que o espaço de trabalho está sempre limpo e que se mantém limpo, após as ações de manutenção. Desta forma, o executante no início de um novo dia de trabalho tem mais motivação para iniciar os serviços, aumentando a capacidade produtiva e até a detecção de falhas nos equipamentos utilizados. Cada executante deve ser responsável pela limpeza da sua própria área de trabalho, devendo consciencializar o grupo para o mesmo.
- 4) **Seiketsu/Standardizing/Normalizar:** este conceito compreende a normalização de procedimentos, para que os pontos anteriores sejam cumpridos de forma contínua ao longo de todas as áreas de trabalho.
- 5) **Shitsuke/Sustaining/Sustentar:** é importante que cada executante siga as regras e procedimentos anteriores e motive os restantes elementos para o mesmo. Criam-se padrões que induzem uma melhoria contínua, tanto a nível pessoal como organizacional. É, porém, previsível, que numa implementação a longo prazo, seja preciso vencer a resistência à mudança, que se vai gerando pelos maus hábitos, anteriormente existentes.

Segundo Leite (2009) algumas organizações, entre elas a USAF¹⁵, incluem um sexto “S”:

- 6) **Safety/Segurança:** é tida em conta a vertente de segurança dos trabalhadores, como a ergonomia, precauções contra incêndios, protecções de segurança nos equipamentos, formação dos trabalhadores para atuar em

¹⁵ USAF: United States Air Force (Força Aérea dos Estados Unidos da América).

situações de emergência, entre outros aspectos do âmbito da segurança e higiene no trabalho.

3.8 Células de Trabalho

A criação de células de trabalho tem por base o conceito *one-piece-flow*, sendo a existência do fluxo do produto fundamental, porque evita a criação de stocks entre cada uma das áreas de trabalho, uma vez que se trata de um único produto/peça, que inicia os trabalhos e passa de área em área.

Segundo Leite (2009), para a criação de fluidez do produto ao longo do processo, as células são dispostas de modo a que o produto avance em cada uma delas, com o mínimo de perdas de tempo; para esse avanço ocorrer, o sistema, normalmente, utilizado é o *Kanban*.

Leite identifica cinco passos para a criação de células de trabalho:

1. **Estabelecer grupos de produtos:** no estudo de caso é o F-16;
2. **Estabelecer o *Takt Time*:** o estabelecido para a IF foi a correspondência entre os duzentos e quarenta dias úteis de trabalho por doze aeronaves, ao qual se pretende que seja realizada a IF anualmente, perfazendo um *Takt Time* de vinte dias. Indicando, que, para cada vinte dias, haja capacidade de execução de uma IF num F-16;
3. **Rever a sequência de trabalho:** como se verificou no mapeamento do estado atual (Figura 3-1), a sua complexidade dificultava a percepção do andamento dos trabalhos pelas áreas executantes.
4. **Combinar trabalho para equilibrar o processo:** para a IF foi identificado o trabalho a realizar em cada célula, conforme Figura 3-3; concluiu-se que seriam criadas quatro células de trabalho, com dez dias de trabalho para cada uma, ver Anexo A;

Para se garantir que a cada vinte dias temos uma aeronave a sair da IF, acontece o que ilustra a Figura 3-5. O F-16 avança da célula 1 para a célula 2 e, apenas, quando avança para a célula 3, é que outro F-16 vai para a célula 1, e assim sucessivamente. O intuito é produzir só o que o cliente quer. Posto isto, o cliente pretende que 12 aeronaves realizem a IF anualmente. Se entrasse um F-16 para a célula 1, quando outra aeronave fosse para a célula 2, significaria que estaríamos a produzir mais do que o pedido pelo cliente. Neste contexto estaríamos perante uma abordagem não *lean*.

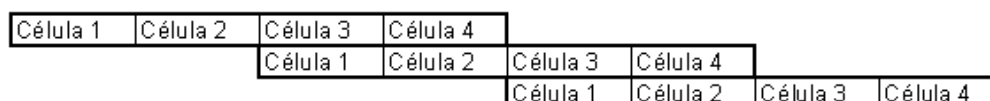


Figura 3-5. Fluidez do F-16 nas células de trabalho

3.9 Gestão Visual

Esta é uma ferramenta facilitadora do plano de implementação do mapeamento do estado futuro, permitindo o acompanhamento em tempo real do cumprimento dos objetivos propostos, reajustando-se o processo sempre que necessário.

A gestão visual tem um carácter simples, devendo na sua implementação ter em conta que os meios utilizados (cartazes, quadros ou bandeiras) sejam apelativos e de dimensão visível, para que os colaboradores saibam o estado do processo a qualquer momento.

No caso da IF a FAP criou um documento (Figura 3-6), onde identifica o andamento do processo da IF, por aeronave F-16. Assim, são identificados, em cada célula de trabalho, por cores, os atrasos ou avanços do mesmo. No exterior da quadrícula está assinalada a percentagem de trabalho que deve ser executada naquele dia. Os valores nas quadrículas correspondem à percentagem de andamento do processo, por dia, na respetiva célula, correspondendo 100% ao *terminus* da atividade na relativa célula. As cores nas quadrículas permitem visualizar o seguinte:

- **Vermelho** – há um atraso superior a 10 % dos trabalhos;
- **Amarelo** – o atraso é de 5% a 10%;
- **Verde** – os trabalhos estão a decorrer conforme planeado;
- **Azul** – os trabalhos vão mais adiantados que o previsto;

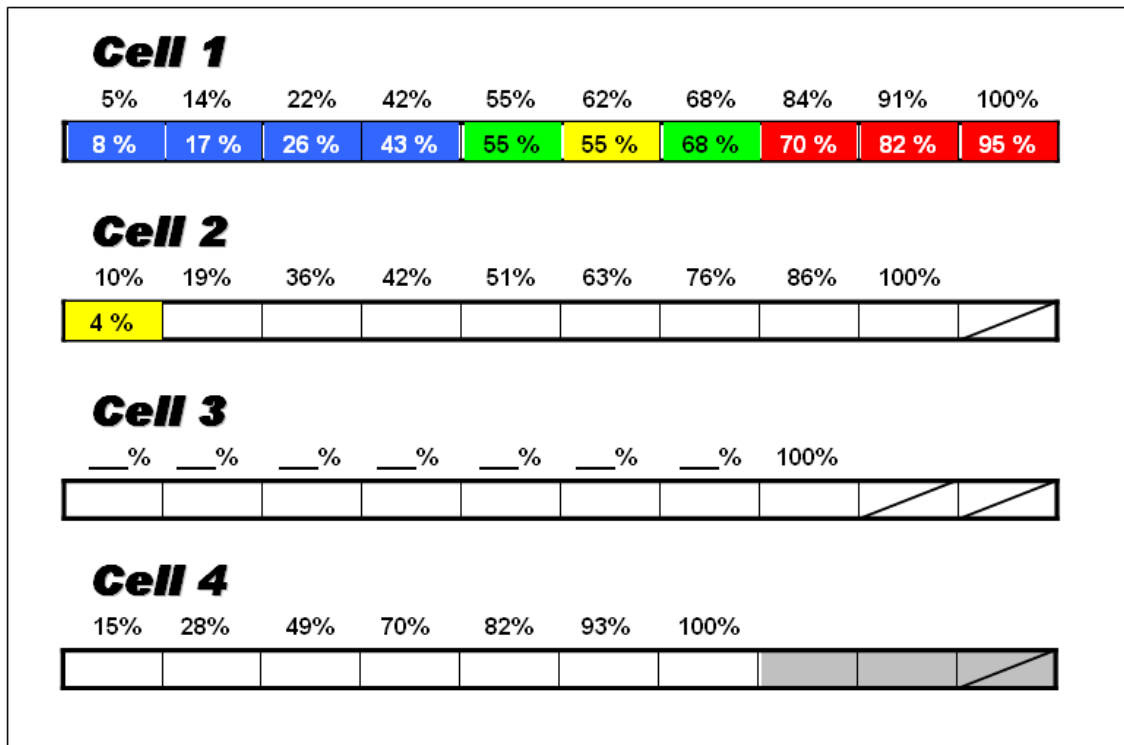


Figura 3-6. Ponto de Situação do andamento dos trabalhos

Fonte: FAP

Inclusivamente, junto da aeronave há bandeiras sinalizadoras com as mesmas cores existentes na Figura 3-6, para que a qualquer momento, quem passar no hangar onde a aeronave se encontra, possa acompanhar o andamento do processo.

3.10 Relatório A3

A sua designação A3 provém da utilização de uma folha A3 para a colocação da informação. Este relatório é baseado no ciclo de *Deming*, o método PDCA (Plan, Do, Check e Act), servindo de *baseline* para sistematizar a resolução dos problemas e as possíveis soluções do mesmo. Serve, sobretudo, para colocar em prática o plano de implementação do mapeamento do estado futuro. Esta ferramenta baseia-se em oito passos¹⁶, sendo a implementação do **Act/Planeamento** do primeiro ao quarto passo:

¹⁶ Identificados por Pedro Salvada na Comunidade *Lean thinking* no *Metodologia A3 PDCA- Plan, Do, Check, Adjust*

(1) **Identificar e Descrever o Problema:** “Definição de problema com identificação do desvio em relação a uma norma (standard). A descrição do problema deve ser clara, concisa, mensurável, incluir a norma e o desvio.”

(2) **Perceber o processo (problema):** “Observar o problema, perguntar aonde, quando, o quê, como, quanto. Incluir pequeno historial.”

(3) **Objetivo:** “Deve ser claro, conciso, mensurável, data para completamento, usar a mesma medida que a da descrição do problema.”

(4) **Perceber as causas:** “Usar as técnicas de análise de causa e efeito e métodos de *brainstorming* para identificar todas as causas possíveis do problema, usando as ideias de todos os membros da equipa, recolher dados e usar a regra dos cinco porquês para aprovar ou rejeitar possíveis causas (5W1H)¹⁷.”

No quinto passo temos o **Do/Execução** das:

(5) **Tarefas:** “As melhores tarefas a implementar são as de mais baixo custo, fácil aceitação, impacto direto nas causas sustentáveis e de implementação rápida. Outra sessão de *brainstorming* deve ser conduzida para determinar as tarefas para cada causa identificada. Depois da lista das tarefas estar completa, a equipa e o responsável decidirá quais os membros da equipa que serão responsáveis para implementar as tarefas, listando os diferentes passos, quando devem ser feitos, com calendário para execução, datam de início e de fim (o desenvolvimento desta fase é mera gestão de projetos). O plano de implementação esboça claramente os passos que devem ser completados para se atingir o estado futuro.”

No sexto passo dá-se a análise do **Check/verificação** de:

¹⁷ Já referenciado no ponto 2.3 “Desperdícios”.

(6) Resultados: “Depois das tarefas estarem completas, a equipa avaliará os resultados recolhendo dados nos atuais processos e comparando-os com os dados mostrados antes das tarefas terem sido implementadas. Devem usar-se gráficos para mostrar situação na condição inicial, norma, objetivo e após resultados.”

No sétimo passo vamos tomar providências para o **Act/Ação**, onde se vai:

(7) Standardizar e treinar os membros das equipas: “Standardizar o processo de forma escrita, implementar o novo processo de trabalho standard e treinar todos os membros da equipa afetados para assegurar que todos que fazem o trabalho com o processo percebem as novas instruções de trabalho.”

O oitavo passo, de carácter mais motivacional, mas igualmente:

(8) Reconhecer e partilhar o sucesso: “O último passo é a celebração do sucesso que deve incluir todos os que contribuíram.”

Na **Figura 3-7** é visível a distribuição no documento da informação anteriormente explanada.

A FAP para a IF do F-16 elaborou (Figura 3-8) o seguinte relatório A3:

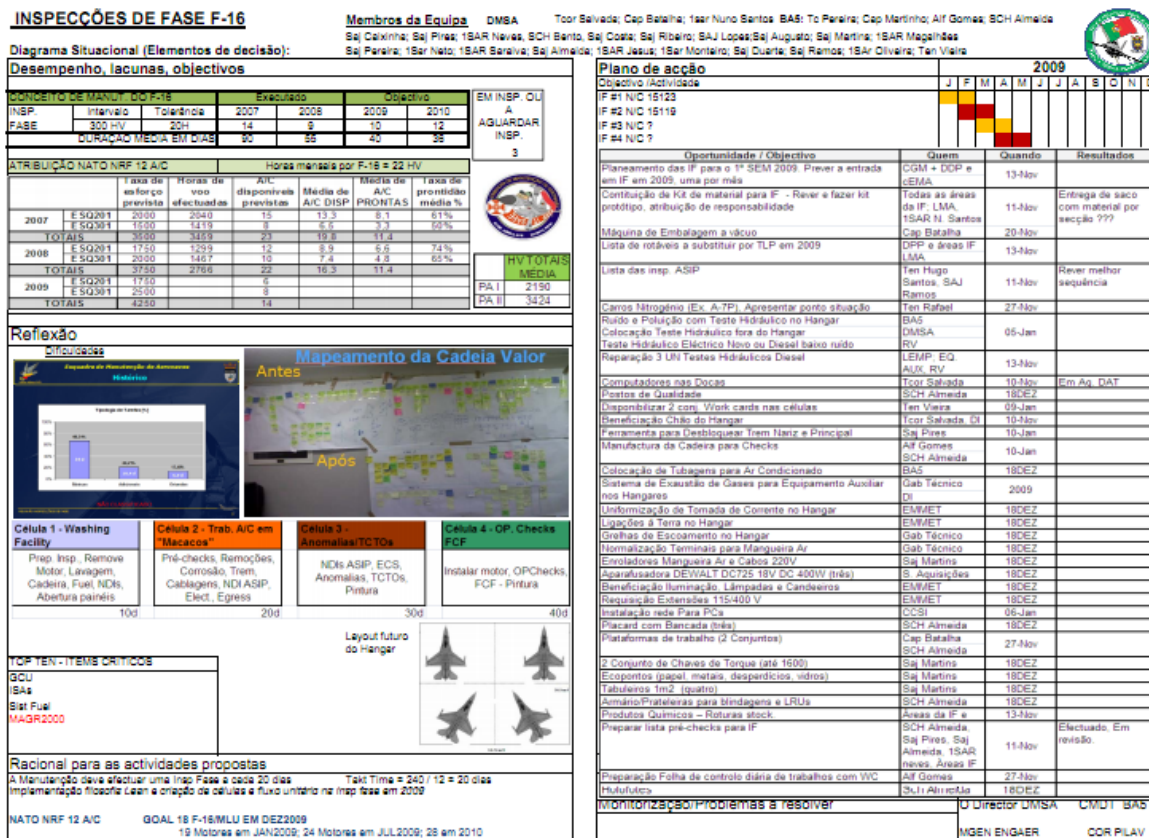


Figura 3-8. Relatório A3 da Inspeção de Fase do F-16

Fonte: FAP

3.11 Formação

Ao longo da implementação de *lean*, houve várias ações de formação promovidas pela FAP. O intuito foi que os intervenientes pudessem compreender o que *lean* viria acrescentar ao processo. Sendo assim, através de peças de legos e com a participação dos elementos presentes, eram construídos aviões (Figura 3-9). Desta forma, foram abordados os princípios de *lean* e algumas ferramentas.

Na fase inicial, o processo utilizado para a sua construção era referente ao processo em vigor antes de *lean*. Eram contabilizados os tempos de execução e quantitativos dos aviões, posteriormente, utilizava-se a metodologia de algumas das ferramentas anteriormente referenciadas, para que os participantes compreendessem o método de trabalho que ia ser implementado e verificassem as vantagens do mesmo. Aplicando, para tal, os conceitos de células de trabalho, gestão visual, fluxo contínuo,

entre outros. Podendo assim os participantes motivar os restantes elementos envolvidos no processo.



Fonte: FAP

Figura 3-9. Formação *lean*.

4 LEAN NA MANUTENÇÃO (LM)

Segundo Wireman (2009) uma organização *lean* existe quando demonstra altos níveis de produtividade e eficiência. Se analisarmos, como efetuou Mather (2007), no Merriam-Webster online dictionary, a própria definição de eficiência - “produtividade sem desperdício”, verificamos que a filosofia *lean* tem implícita a mesma máxima - a eliminação dos desperdícios existentes.

Contudo, nenhuma organização consegue alcançar essa produtividade, essa eliminação de desperdício, essa eficiência, sem a garantia que os seus equipamentos, com os quais produz e de que necessita diariamente, não induzam defeitos e/ou falhas no processo. Aplicando o *lean* na manutenção, pode ser garantindo a fiabilidade dos mesmos.

Lean significa eliminar passos do processo que não adicionam valor; passos que o cliente não deseja, não deve e não espera pagar. Na manutenção, os clientes são internos (Ross 2008), de outros departamentos internos da organização, que dependem da manutenção dos equipamentos para continuarem a trabalhar normalmente.

Neste sentido, são analisados os montantes que os departamentos internos (clientes) pretendem pagar pela manutenção. Antevendo-se, desde logo, que nenhum cliente comparticipa a existência de elevadas manutenções corretivas, nem concorda com uma débil manutenção preventiva. O cliente espera encontrar um adequado e otimizado Programa de Manutenção (PM), que é uma das premissas para uma manutenção *lean*.

Os autores mencionados neste capítulo focam os seus estudos na manutenção na produção, não obstante, os conceitos de manutenção são transversais, tanto à produção como à Aeronáutica. Assim, exceto quando há necessidade de particularizar, foram retiradas as referências à manutenção de produção e generalizou-se para a manutenção em todas as suas vertentes.

As especificidades da manutenção aeronáutica foram abordadas no capítulo dedicado à manutenção Aeronáutica.

4.1 Definição

Segundo Bagadia (2008) *lean maintenance* ou *lean* na manutenção (LM) é a aplicação da filosofia *lean*, dos seus métodos, ferramentas e técnicas na função de manutenção dos equipamentos¹⁸ da organização, tendo, a par da produção, os mesmos objetivos fundamentais. Objectivos que passam por detetar os desperdícios do processo para a sua posterior eliminação, em que o resultado final contemplará um aumento da fiabilidade dos equipamentos e uma redução dos custos. Está sempre presente o propósito final da empresa/organização, que é o alcance da vantagem competitiva perante os concorrentes.

Quando eficazmente aplicados os conceitos de *lean* à realidade da manutenção, os resultados podem diminuir os custos da mesma e aumentar a produtividade e a fiabilidade dos equipamentos. Garantidas as condições para que aquele equipamento funcione, ou seja, as condições para que foi concebido, realiza-se o que foi previsto pelo fabricante.

4.2 Os princípios de lean na manutenção

Para Smith e Hawkins (2004), os princípios para implementação de *lean* (valor; fluxo de valor; fluxo contínuo; puxar; perfeição) só podem ser implementados na manutenção de uma organização, após entendimento das bases necessárias para uma manutenção de sucesso. Paralelamente, devendo ser otimizadas antes de implementar *lean* na manutenção.

Mather (2007) considera que muitas organizações basearam-se nos princípios, desperdícios e nas mesmas iniciativas de *lean* na produção, para introduzirem *lean* na manutenção, sem compreenderem que a dinâmica do negócio da manutenção é diferente da produção. Será, por isso, essencial, descentralizar o foco da produção e insistir numa análise a longo prazo na manutenção, como forma de prevenção de avarias inopinadas.

Assim o autor indica que não é conveniente fazer uma aplicação direta do *lean*, pois a produção é motivada acima de tudo pelas vendas, logo a produção tem noção no

¹⁸ Equipamento, neste capítulo, considera-se tanto uma máquina necessária para o trabalho da produção como uma Aeronave para a Força Aérea Portuguesa; considera-se um bem que requer manutenção.

momento se ocorrer um incremento ou diminuição da produção. Na manutenção isso não acontece, existe um Programa de Manutenção (PM) a cumprir, incorporando também a ocorrência de paragem ou avarias não previstas. Para diferenciar a produção da manutenção o autor dá o exemplo na questão de stocks/inventário, referindo na produção iniciativas como o *just in time* se adequam, uma vez que esta área tem a noção do que produzir, conhecendo as necessidades do cliente. Na manutenção o autor já indica a necessidade de uma situação, mantendo o stock numa base de *just in case*, prevenindo situações de ocorrência de avarias não previstas.

Outra diferença entre a manutenção e a produção é a sua eficiência produtiva, decorrendo de operações que se realizam no momento, logo para a eliminação de desperdícios são analisadas as ações a efetuar no dia a dia, ao longo de todo o processo. Na manutenção isso não é tão linear, pois um equipamento pode ser colocado acima das suas condições (sobrecarga) para o qual foi criado, o que induz uma diminuição precoce na vida do mesmo, o que por sua vez está associado a um dispêndio de recursos (humanos e materiais), antes do tempo previsto no PM do equipamento. Assim se justifica a necessidade de uma análise a longo prazo, quando se aplica *lean* na manutenção.

4.3 Desperdícios

Segundo Bagadia (2008) na manutenção a métrica mais utilizada será o ratio entre a manutenção planeada e a manutenção não planeada (corretiva), sendo o ideal de 90% planeada e 10% não planeada. Na realidade o ratio verificado nas empresas é o inverso 10% a 30% planeadas e 90% a 70% não planeadas, verificando-se que as empresas estão a trabalhar de um modo reativo¹⁹, contribuindo assim para o desperdício, reduzindo a vida do equipamento e a perda da produtividade. Este autor identificou o *maintenance work process flow*, ou seja, o fluxo de valor da manutenção, identificando o desenrolar do processo da manutenção, auxiliando na posterior identificação dos desperdícios existente neste processo.

¹⁹ Reativa é o agir quando a avaria surge, sendo a situação ideal a proativa, onde ocorrem operações de manutenção para prevenir a falha dos equipamentos, efetuando ações de manutenção preventiva.

Fluxo de valor do Processo de Manutenção, Bagadia (2008):

1. Iniciar a requisição do serviço a executar (Initiate work request)
2. Validar a requisição do serviço a executar (Validate work)
3. Aprovar essa requisição (Approve work request)
4. Criar uma ordem de trabalhos (Create work order)
5. Planear os trabalhos (Plan)
6. Programar os trabalhos (Schedule)
7. Atribuir os trabalhos a um executante (Dispatch work)
8. Executar o trabalho (Execute work)
9. Acompanhar o desenrolar dos trabalhos (Follow up)
10. Analisar as métricas (Performance indicator).

Assim o que se pretende com o LM é permitir que este fluxo de valor seja eficiente e produtivo, o que se ambiciona é que seja realizada uma análise para se identificar os desperdícios existentes, em cada uma das fases anteriormente identificadas. Apenas quando esses desperdícios são identificados é que pode ocorrer a sua eliminação do processo.

Assim, para identificar a gordura existente no processo da manutenção com vista à sua eliminação, alguns autores adaptaram os desperdícios de *lean* na produção para a manutenção, mas o autor abordado será Mather (2007), porque não se limitou a adaptar os mesmos, mas sempre que necessário, efetuou a correspondência adequada para a manutenção. A análise do autor será a seguinte:

1. **Trabalho improdutivo (Unproductive Work)**, realizar toda e qualquer atividade que não acrescente valor, neste caso está-se a referir a ações de manutenção preventiva, executadas mais vezes do que o necessário.
2. **Repetição do trabalho (Rework)**, ter de repetir as mesmas tarefas ou ter de executar outras, adicionalmente, devido a trabalhos mal executados

inicialmente. Sempre que ocorre uma necessidade imediata e urgente, os executantes dessa ação de manutenção, ficam bastante pressionados para que o equipamento seja reparado rapidamente, a fim de regressar à sua situação anterior, podendo não lhe ser dado o tempo suficiente, para que a mesma reparação seja corrigida corretamente.

3. **Tempos de espera (Delays in motion)**, tal como na produção, mas neste caso por peças, máquinas, ferramentas e pessoas necessárias para realizar a ação de manutenção ou o aguardar pela atribuição do serviço a executar, instruções, entre outras. Como as esperas não acrescentam valor devem ser eliminadas ou reduzidas ao mínimo.
4. **Movimentações desnecessárias (Unnecessary motion)**, também este desperdício existe na produção, mas na manutenção corresponde a idas à procura de ferramentas, deslocações para a obtenção de manuais técnicos, movimentações de bancadas de trabalho, ou deslocações de material para outras áreas, devido a terem sido solicitadas para diferentes ações de manutenção.
5. **Má gestão do inventário (Poor management of inventory)**, não ter o material adequado para as ações que estão a ser executadas. Também inclui a existência de equipamentos obsoletos e excesso de inventário (em ambos os casos significa capital investido e consumo de recursos para a sua gestão).
6. **Não aproveitamento do potencial humano**, utilizar as pessoas só pelas qualificações que têm e não as utilizar, inclusivamente, consoante as suas capacidades ou experiência.
7. **Ineficaz gestão de dados (Ineffective data management)**, recolha de informação que não tem utilidade e a não obtenção de informação considerada vital. Empresas que já controlam a sua manutenção através de *computer managed maintenance system*²⁰ (CMMS) e do qual esse controle é ineficaz. Ineficácia essa refletida na inexistência de uma correta gestão dos dados, nem uma interligação com os mesmos, nas diversas fases do processo da manutenção, obrigando a serem introduzidos repetidamente esses dados, compelindo a existência e a redundância dos mesmos.

²⁰ Aplicação informática para controle e gestão da manutenção

8. **Má aplicação das máquinas (Misapplication of machinery)**, a operação incorreta dos equipamentos ou estratégias deliberadas para que a manutenção seja efetuada, quando não há necessidade de a mesma ocorrer.

Foi criada uma tabela comparativa, **Tabela 4-1**, dos defeitos reconhecidos para a produção e os identificados por Mather para a manutenção.

Autores	Ohno/Womack & Jones/Liker	Mather
Processo	Produção	Manutenção
Desperdícios	Excesso de Produção	Trabalho improdutivo
	Transporte desnecessário	Repetição do trabalho
	Tempos de espera	Tempos de espera
	Extra processamento	Ineficaz gestão de dados
	Inventário/Stock	Má gestão do inventário
	Movimentações desnecessárias	Movimentações desnecessárias
	Defeitos de fabrico	Má aplicação das máquinas
	Não aproveitamento do potencial humano	Não aproveitamento do potencial humano

Tabela 4-1. Tabela comparativa dos desperdícios da produção com a manutenção

4.4 Como iniciar

Num esforço de ver a manutenção como uma atividade positiva é importante que a mesma seja vista como um centro de lucro e não como centro de custo (é a visão de Bogadia, citado no whitepaper da Infor). Pois como centro de custo a análise efetuada é sempre na diminuição de despesas, como centro de resultados, visualizando as despesas aplicadas na manutenção como um investimento, sendo nesse sentido que as organizações têm de sofrer uma maior evolução.

Para uma transformação *lean* adequada é necessário que todos os participantes no processo tenham uma atitude positiva face às alterações a serem implementadas. Também na manutenção isso deverá acontecer, é preciso trabalho de equipa, o envolvimento de todos, uma boa comunicação em todas as hierarquias da organização é

fundamental, tendo em conta que terá de ser quebrada alguma oposição à implementação de *lean*, visto que uma transformação *lean* numa organização, ou neste caso na manutenção é causador de stress, o que vai requerer no fundo uma mudança de cultura e mentalidade.

Para obter manutenção *lean* a empresa tem de reunir os colaboradores para estudarem os processos que abrangem toda a manutenção, ou seja, é importante a participação de todos os departamentos, gestores de material e dos equipamentos, quem planeia, programa e quem executa a manutenção, pois todos têm perspetivas diferentes, podendo assim contribuir para uma melhoria significativa do processo.

Obviamente, que não se está a proferir em reunir todas as pessoas, seriam dezenas, mas estamos a falar de um número razoável de elementos, mas que os mesmos saibam que os *inputs* fornecidos por eles são importantes. Desta forma, é necessária a presença de um moderador, que representará todos os aspetos da empresa e do grupo.

Segundo Smith e Hawkins (2004) uma abordagem inicial será através de apresentações aos envolvidos no processo, estas não devem apenas descrever a transformação decorrente da implementação *lean*, mas devem conter os objetivos a alcançar e a visão do futuro; uma programação do que se pretende efetuar; identificar possíveis alterações que se pretendam que ocorram nalgumas áreas, ou seja, tudo o que possa afetar ou alterar o dia a dia dos trabalhadores, de forma a que os mesmos tenham noção que não há despedimentos envolvidos, permitindo-lhes que tenham uma noção de segurança dos seus postos de trabalho.

A agenda deste tipo de eventos deve ser publicada com antecipação, de modo a que os participantes presentes na reunião estejam preparados para a situação.

Disponibilizar quadros brancos a fim de identificadas e redigidas diferentes ideias, para acesso de todos, o que se pretende é identificar problemas e obter soluções decorrentes de *brainstorming*. É importante identificar as fraquezas dos processos e validar a participação de todos como valorização, para uma melhoria do mesmo.

É importante, a existência de comunicação entre os elementos de manutenção e quem planeia a mesma, para assim gerar um programa de manutenção preventiva flexível, que aproveite qualquer oportunidade de uma paragem do equipamento não

planeada, para realizar manutenções programadas que estejam para ocorrer num curto espaço de tempo.

É requerida a participação da gestão dos níveis superiores, apenas quando a gestão de topo demonstra interesse na implementação de *lean*, é que a mesma consegue ser implementada, caso contrário está condenada ao fracasso desde o princípio. Os gestores de topo têm uma tendência a viver no seu mundo e não conhecerem as condições e necessidades reais de quem executa a manutenção, o que leva a que em vez de facilitar todo o processo dificultam o mesmo.

4.5 As Bases

Smith (2004) considera que sem as fundações necessárias, a estrutura de *lean* na manutenção está prevista a falhar. Na **Fig.4-1** verifica-se de que forma este autor estruturou as bases que *lean* necessita na manutenção, pois tal como numa casa, caso a mesma não esteja bem assente a construção fica fragilizada, podendo mesmo desmoronar.

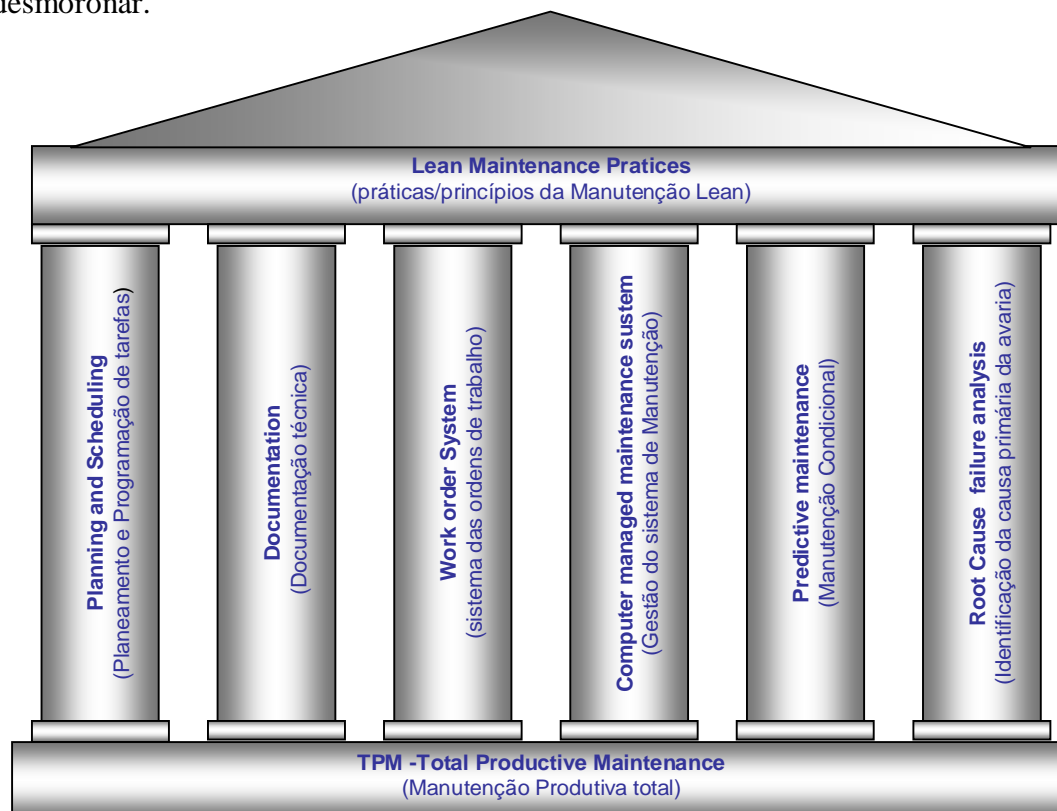


Figura 4-1. Os pilares de Lean na Manutenção (Smith 2004)

Seguidamente e iniciando na sua base, sucede a descrição da figura.

Para este autor, na produção, é importante que a organização entenda o conteúdo de *Total Productive Maintenance* (TPM), conhecida como Manutenção Produtiva Total, e otimize os seus conceitos antes de implementar *lean*. Inclusive considera que nenhum dos dois conceitos (*lean* e TPM), devem ser implementados ao mesmo tempo, para a aplicação de *lean* na produção, uma vez que TPM deve estar bem enraizado na organização.

TPM, de uma forma geral, corresponde a uma filosofia que converge para otimizar a fiabilidade e efetivação dos equipamentos da produção. Nesta filosofia considera-se que o operador do equipamento tem a mesma responsabilidade pelo equipamento que o indivíduo que realiza a manutenção. Ross (2008) considera que a pequena manutenção (lubrificação, limpeza de filtros...) deve ser efetuada pelo operador da linha de produção, sendo necessário definir pelos gestores de manutenção e de produção a realização desta manutenção, como flui o processo e facultar formação específica na realização das ações aos operadores. Como se pode verificar esta filosofia não tem aplicabilidade na aeronáutica, quando é sugerido que o operador da aeronave, o piloto, efetue limpeza ou lubrificação do mesmo.

Os objetivos de TPM incluem a eliminação de todos os acidentes, defeitos e paragem de equipamentos. Existem, ainda pilares de aplicabilidade e de consideração para a manutenção aeronáutica.

Agora serão abordados, de uma forma geral, os pilares identificados na figura anterior.

Bagadia (2008) considera que acima de tudo o papel do elemento que intervém na fase de planeamento e programação das ações de manutenção é fundamental. São esses elementos que têm como missão otimizar os recursos para cada atividade, acima de tudo identificar os dados necessários para o controle da manutenção, e são, por exemplo:

- Quantitativos dos recursos utilizados e o seu tipo, exemplo, cinco mecânicos; três eletricitistas;
- Tempos estimados de duração da ação de manutenção;
- Equipamentos e ferramentas necessários a serem utilizadas;

- Especificação das tarefas a desempenhar, incluindo manuais e desenhos técnicos necessários;
- Coordenação da disponibilidade do equipamento a sofrer manutenção;
- Verificação do local onde vai decorrer a manutenção para garantir a forma mais eficiente de realização das atividades;
- Aquisição de contrato com *outsourcing*, quando necessário.

Atrasos para a realização de ações de manutenção têm de ser evitadas a todo o custo, assim o autor considera que devem ser efetuadas programações semanais com verificações diárias, para acertos que sejam necessários efetuar.

A manutenção planeada envolve o uso de documentação técnica que identifica as tarefas a executar, os recursos necessários, equipamentos e material a utilizar, tempos de execução e referências técnicas.

Já anteriormente se identificou que o fluxo de valor da manutenção decorre do *work process flow*, que é usado para planejar, designar e programar todo o trabalho da manutenção através da requisição do serviço²¹ a executar; todo o trabalho é endereçado para a mesma e é identificado o tipo de manutenção planeada e corretiva executada. É a primeira ferramenta para a gestão efetiva dos recursos e medição da eficiência dos departamentos. Temos desta forma uma aquisição de dados históricos que permitem uma análise da performance e fiabilidade do equipamento.

Bogadia considera a CMMS uma ferramenta *lean*, pois auxilia a implementar e a suportar o LM em diversas formas e com uma gestão da manutenção informatizada, pode-se ter a informação detalhada dos equipamentos que sofrem manutenção, conseguem-se programar melhor as tarefas e materiais a utilizar, evitando assim a necessidade de excesso de inventário; ter acesso a vários tipos de relatórios e indicadores que permitem guiar no andamento dos programas de manutenção.

Isto tudo porque temos armazenados os dados do equipamento, com todas as ações de manutenção a que o mesmo esteve sujeito. Conseguem-se desta forma controlar e otimizar a frequência com que as ações de manutenção ocorrem. Ao associarmos as ações de manutenção a dados das ordens de trabalho, como quem executou, tempo de trabalho, quando iniciou, material utilizado, entre outros, levam a que seja possível um

²¹ Requisição de serviço ou ordem de trabalhos, na Força Aérea tem a designação de Carta de Trabalho.

rastreamento, para uma gestão adequada dos recursos, identificando assim possíveis desperdícios e aumentando assim a produtividade.

Para a FAP o SIAGFA será onde registam e acedem a toda esta informação de manutenção.

De uma forma generalista a manutenção condicional resume-se a otimizar a manutenção, prevendo de antemão as ações de manutenção necessárias a executar, tendo em conta alguns parâmetros analisados nos equipamentos, como por exemplo, estudo das vibrações; análise dos óleos; análise do estado das superfícies e análises estruturais de peças, desta forma é acompanhada a evolução de alguma anomalia detetada para posterior intervenção. Optimizamos assim os custos da paragem do equipamento ou substituição do material, antes da sua rutura total.

A análise das causas primárias de avarias foi abordada, previamente, no capítulo de *lean*.

4.6 A implementação

Tal como na implementação de *lean* na produção em que analisamos o estado atual do processo, também na manutenção efetuamos esse procedimento. Segundo Loureiro²² é importante a localização da causa raiz dos problemas com o uso dos 5W, analisar no capítulo 3 o ponto 3.3, para a identificação das atividades que adicionam valor. É imprescindível ter em conta quais as atividades que o cliente está disposto a pagar e que contribuem para manter a vida útil do equipamento, só assim se obtêm as respostas necessárias para se avançar em direção ao estado pretendido (futuro). É preciso, também, que se previna para que todas as ações decorrentes da manutenção sejam realizadas corretamente, logo da primeira vez.

Nesta análise de obter o estado atual e avançar para o estado futuro não se deve esquecer de efetuar um honesto e crítico exame às competências, conhecimentos técnicos e experiência dos trabalhadores. Mesmo que exista um ótimo sistema de

²² Fernando Loureiro, diretor da área de Manutenção da OGMA, a informação fornecida é decorrente do seminário de Manutenção Aeronáutica que se realizou no ISEL, através da disciplina de Manutenção Aeronáutica.

manutenção, mas temos alguém a trabalhar com ele que não tenha as competências indicadas, os resultados não serão os melhores. O mesmo acontece se tivermos implementada a melhor manutenção preventiva, mas o PM está mal estruturado, os resultados vão continuar a ser negativos.

5 O CASO FAP

Desde 2007 que está implementado o *lean* na Força Aérea. Inicialmente foram decorrentes das necessidades verificadas na designada “Doca 4”, local onde se efetua a modificação de F-16 para o programa *Mid Life Upgrade* (MLU), após os bons resultados verificados decorreu-se à implementação de *lean* noutra área de manutenção, como é o caso da IF.

Os constrangimentos associados à IF correspondiam a tempos de paragem da aeronave, para este tipo de inspeção ultrapassavam negativamente todas as expectativas, visto que outros países têm uma duração da IF bastante inferior.

Averiguou-se, segundo Gouveia (2010), que os principais constrangimentos que faziam derrapar o tempo de execução do processo, prendiam-se com a “falta de objetivos, a má gestão das várias tarefas a executar que levavam à repetição de operações, bem como de conflitos de recursos e acesso à aeronave das várias áreas da manutenção”.

Segundo Santos e Carneiro (2009) “os recursos humanos alocados apenas permitiam constituir 2/3 equipas, o que representava um máximo de duas inspeções de fase a decorrer em simultâneo”. Existência de uma equipa permanente composta por sete elementos, onde os restantes elementos de cada uma das áreas de trabalho só se deslocavam ao avião, quando solicitados e mediante a sua disponibilidade.

Assim, neste capítulo focaliza-se em como e onde surge o *lean* na FAP e no estudo da Inspeção de Fase. Este estudo de caso tem por base a análise de duas situações distintas e são:

- O processamento da recolha de dados para a reunião preliminar da Inspeção, mais concretamente na área de Documentação Planeamento e Controle, visto que esta reunião é fundamental para a boa execução dos trabalhos da IF e a mesma não era realizada atempadamente;

- A análise dos dados de manutenção introduzidos no SIAGFA das quatro aeronaves iniciais que sofreram a manutenção logo após a implementação de *lean*, verificando-se áreas de trabalho críticas nas várias cartas de trabalho e análise de tempos de paragem para cada uma das aeronaves.

5.1 O início

O programa F-16 MLU, de acordo com Leite (2009), tem como intuito o melhoramento “das aeronaves existentes de forma a integrarem as mais avançadas tecnologias e ao mesmo tempo permitir a interoperabilidade com os nossos aliados oriunda da uniformização dos sistemas resultando ao mesmo tempo numa redução dos custos de manutenção e aumentando a sua mobilidade.”. O que é executado é a montagem de componentes, superfícies de controlo de voo, canhões, *canopy* e realização dos testes finais, instalação de equipamentos, testes e voo de experiência.

O objetivo era de seis aeronaves por ano e o que tinham obtido até 2004 foram duas aeronaves.

Como o processo executado em Portugal estava a decorrer de forma que defraudava as expectativas, foi assim solicitado o apoio da USAF, a fim de alcançar os objetivos pretendidos.

Foi o *background* da equipa americana que introduziu o conceito e a metodologia *in locus* de *lean* na FAP. Estes elementos externos concluíram que os constrangimentos se verificavam, segundo Leite (2009) em: falta de pessoal técnico qualificado tendo ainda que se socorrer da disponibilidade de elementos de outras áreas de trabalho; verificando-se também um planeamento inadequado.

Com esta análise foi realizado o mapeamento da cadeia de valor do *current* e do *future state* através da identificação dos desperdícios existentes, com vista à sua eliminação.

Procedeu-se, então, à criação de quatro células de trabalho, à normalização dos trabalhos por célula, à melhoria de planeamento com uma preparação antecipada e rigorosa do material necessário para cada dia de trabalho. Permitindo grandes reduções de inventário e o uso de gestão visual, através de quadros de estado de progresso dos trabalhos, permitindo adequar os trabalhos face ao planeado.

Segundo Gouveia (2010) com a implementação de *lean* verificou-se que a nível do tempo médio existe um progresso, comprovado através da **Fig. 5-1**:

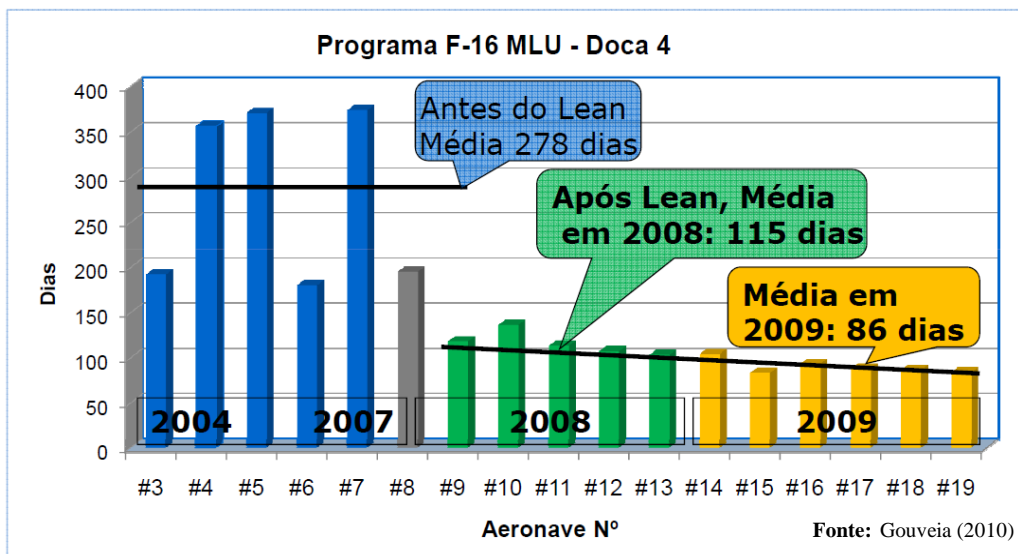


Figura 5-1. Duração do processo de transformação MLU na Doca 4

O que está representado na figura anterior demonstra que em 2008, após a implementação de *lean*, já foi efetuado o upgrade a cinco aeronaves, com o tempo médio de 115 dias e em 2009 apresenta seis aeronaves com uma média de oitenta e seis dias, sem se socorrer a um reforço de recursos.

Com tão bons resultados, em que temos um decréscimo de tempo em mais de um terço de duração dos anos iniciais, levou a que o *lean* se expandisse na manutenção da FAP, tanto em Monte Real como em outras bases aéreas, mas sem auxílio de consultores externos. Recorrendo, simplesmente, a recursos internos que primam pela experiência e formação na implementação dos conceitos de *lean*. E como surge a necessidade da aplicabilidade de *lean* na IF? Isso é o que será verificado a seguir, bem como os constrangimentos verificados logo após a sua implementação.

5.2 A Inspeção da Fase

Em Novembro de 2008 foi demonstrado, pela **Fig. 5-2**, os tempos decorridos, em dias úteis, durante as IF realizadas durante o período de Outubro 2005 a Agosto de 2008.

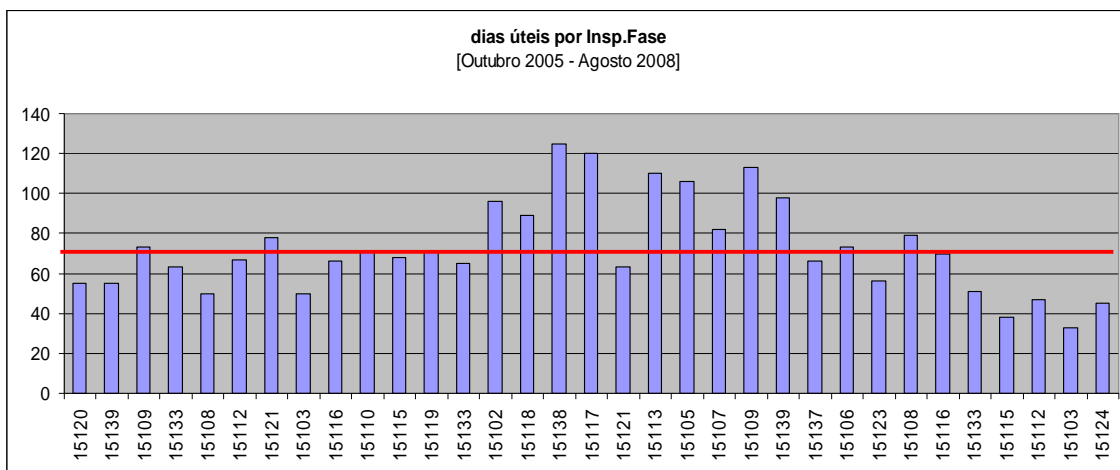


Figura 5-2. Tempo médio da inspeção de fase

Fonte: FAP em 06NOV08

Nele identifica-se, a vermelho, a média de duração de uma IF durante este período, correspondendo a 72,48 dias úteis, mas com uma variabilidade atroz, o desperdício MURA aqui bem visível, visto que temos aeronaves que realizam a inspeção com valores abaixo dos 40 dias (15115 e 15124) e outras acima de 120 dias.

Tendo em conta que em outros países os tempos praticados são bastante inferiores, segundo Baltazar (2006), temos a Holanda com 44 dias, Bélgica 32 dias e USAF 34 dias, surgindo a necessidade de realizar uma análise para apurar esta problemática.

Também foi possível auferir a tipologias das tarefas desenvolvidas durante a IF, estas correspondiam ao verificado na Fig. 5-3, que se segue.

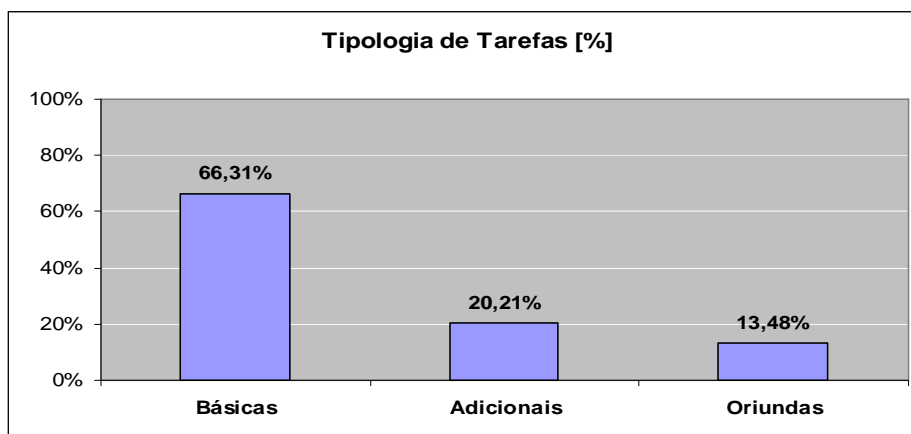


Figura 5-3. Cartas de trabalho executadas durante a IF

Fonte: FAP em 06NOV08

Na figura anterior verifica-se a percentagem das cartas de trabalho realizadas em média numa inspeção de Fase, sendo:

- 66,31% ações de manutenção específicas do cumprimento de tarefas definidas pelo fabricante, ou seja, cartas básicas de trabalho.

- 20,21% correspondem ao cumprimento das cartas de trabalho adicionais, referentes, maioritariamente, a cumprimento de Ordens técnicas do fabricante, inspeções estruturais, substituição de consumíveis e intervenções para a resolução de anomalias detetadas durante a operação normal da aeronave, as quais não foram resolvidas na altura da sua deteção, mas foram registadas no livro do avião²³.

-13,48% referem-se a cartas de trabalho oriundas, ou seja, anomalias detetadas no decorrer das várias ações de manutenção (sendo estas as mais complicadas de gerir a nível de planeamento das atividades a realizar visto a mesmas serem inopinadas).

Após a percepção do estado da IF foi traçado o mapeamento da situação atual, para deteção dos desperdícios existentes e foi planificado o mapeamento da situação futura, este mapeamento é visível na **Fig 3-1**.

Os dados obtidos estão explanados na **Tabela 5-1** que se segue, verificando as horasxhomem necessárias nas treze áreas de trabalho que intervêm durante a IF.

CURRENT STATE	FUTURE STATE	ÁREAS DE TRABALHO	
164,5	140,5	MFW	Linha da Frente F16 Crewchiefs
108,6	135,6	MFD	Pneudraulicos F16
32,5	45	MFF	Combustível Hidrazina F16
57,8	51,4	MFB	Motores F16
17,5	9,5	MFL	Armamento F-16
100	100	MCC	Controlo de corrosão
32,85	31,25	MFK	Electricidade de Avião F16
7,4	7,7	MFT	Navegação e tiro F16
6	9	MFJ	Comunicações Radio Ajuda G Elect F1
38	47	MFV	Instrumentos-Comandos Voo F16
29,3	54	M6X	Sistema de Ejecção
67	63	M1R	NDI SOAP
20,25	20,25	MFC	Controlo Ambiental F16
681,7	714,2		

Tabela 5-1. Horasxhomem por área de trabalho

Verifica-se inclusive que temos um total de mais horasxhomem no estado futuro, pois por análise estatística do SIAGFA já se contempla no planeamento de uma IF os

²³ Também designado por *Aircraft Maintenance Handbook*

trabalhos extras que têm mais probabilidade de ocorrer, assim desta análise foram favorecidas as áreas onde essas ações incidem, ou seja, a Secção dos Pneudraulicos (MFA), Sistemas de Ejecção (M6X) e Secção de Instrumentos e Comandos de voo (MFV).

Tal como já relatado no capítulo 3 no ponto das ferramentas *lean* utilizadas, a FAP ministrou formação *lean* aos intervenientes e ocorreu uma renovação baseada em 6S do espaço de trabalho. Iniciou-se com a limpeza total dos hangares onde iriam ocorrer a colocação das células de trabalho; estudou-se o *layout* adequado para a colocação das aeronaves, com marcações específicas no chão; foi repostado o material necessário em local adequado, ver **Fig 3-2**; foram criadas estruturas para acesso da aeronave; todo o material que existia no hangar e do qual não havia necessidade foi enviado para o lixo, junto da aeronave só está disponível a o que é realmente necessário durante a manutenção, com a colocação de kit de ferramentas e material junto de aeronave em cada uma das fases da mesma.

Após a definição do *Takt Time* e a criação das quatro células de trabalho, ver capítulo 3, ponto 3.8, foi designado que cada célula iria realizar as atividades em dez, dias sendo garantido a inexistência de conflito para as áreas de trabalho e com uniformização de tarefas em cada uma das células. A primeira IF iniciou-se a 05JAN09, só após essa aeronave avançar para célula 3, (com a duração total de vinte dias) é que outra aeronave avança para a célula 1 para realizar a IF, ver **Fig 3-4** com um esquema da lógica de andamento das células. Desta forma a primeira aeronave acabaria a IF quando a segunda estivesse a iniciar a célula 3 e assim sucessivamente, para as outras aeronaves.

Numa etapa final foram implementados painéis de gestão visual para controlo do processo, através da indicação da percentagem de trabalho efetuado, complementado com colocação de uma bandeira colorida, ver **Fig 3-6**, garantindo assim que as áreas de trabalho têm conhecimento do andamento dos trabalhos e ajustam-se a atrasos ou antecipações que ocorram.

5.3 Após a implementação lean

Como já foi indicado, a implementação de *lean* ocorreu a partir de Janeiro de 2009, ao longo desse ano e no decorrer das IF reconheceu-se a necessidade de analisar o processamento da informação para a reunião de IF, centrando o seu objetivo preliminar na definição das ações de manutenção a executar, com a paragem da aeronave.

Tendo em conta os atrasos verificados na ocorrência desta reunião, uma vez que a mesma ocorreu uma semana após a aeronave estar parada para realizar a IF, segundo Kinnison (2004) esta deve realizar-se uma ou duas semanas antes da paragem das aeronaves para a inspeção. Foi analisada assim, de que forma a Secção de Documentação Planeamento e Programação (DPP), responsável pela compilação de informação que é transmitida na reunião da IF, realiza a recolha de dados. Deste modo, pretende-se detetar as fragilidades desse procedimento com vista à sua melhoria.

Também neste ponto serão compilados os dados obtidos pelo SIAGFA, sobre as quatro aeronaves que inauguraram a IF com a implementação de *lean*.

É na aplicação informática SIAGFA que é registada toda a informação da Inspeção, tanto as áreas de trabalho que estiveram envolvidas, horas homem despendidas, tipo de anomalias existentes, dia da ação da manutenção, entre muitos outros dados em tempo real, diminuindo o tempo utilizado nessas ações e tornou mais fiável a análise dos dados recolhidos. Considera-se importante ter uma perspetiva do decorrer da implementação de *lean*, com dados concretos fornecidos por este sistema informático.

5.3.1 Planeamento das ações a executar na IF

Definida a aeronave que vai entrar em IF, avança-se, pelo DPP, para a recolha de todas as ações de manutenção a executar. Terminada a compilação desses dados realiza-se uma reunião preparatória, para fornecimento dessa listagem a todas as áreas de trabalho que executam tarefas na IF.

De referir que na reunião estão presentes: o supervisor da manutenção; um elemento de cada uma das áreas de trabalho; um elemento do gabinete de qualidade (GQ) e um elemento do setor de Documentação Planeamento e Programação (DPP), este último é quem fornece a listagem de todas as ações de manutenção a realizar durante a IF.

Nos contatos realizados na Unidade, foi identificado que a reunião preparatória da IF não ocorre com a devida antecedência. Esta reunião deve-se realizar antes da aeronave estar parada no hangar para IF, pois é nesta que se definem as intervenções que a mesma estará sujeita, a nível de todas as cartas de trabalho. No entanto, só com uma antecedência adequada é que se consegue uma conveniente preparação dos recursos necessários na IF.

Esta circunstância gera dificuldades às áreas que vão realizar as ações de manutenção, tanto na gestão adequada de pessoal como de material, mais ainda quando as mesmas não estão restritas só à IF, tendo de executar todas as restantes ações de manutenção, para manter a operacionalidade das outras aeronaves F-16.

Após um estudo, ver **Anexo B**, realizado junto do DPP verificou-se que os ficheiros utilizados para a recolha dos dados eram excessivos, os mesmos constam da seguinte tabela:

FICHEIROS UTILIZADOS:
1. SIAGFA
2. AICC²⁴
3. Ficheiro Mestre (Excel)
4. Situação Diária (Excel)
5. Ficheiro da IF (Excel)
6. Registos de Dados do DPP (Word)
7. Documento da DMSA (Word)

Tabela 5-2. Ficheiros utilizados para o planeamento de uma inspeção, pelo DPP

Tendo em conta a lista de ficheiros que o DPP tem de controlar, **Tabela 5-2**, a compilação dos dados verifica-se ser um processo bastante complexo e moroso, tendo que analisar por vezes mais de quatrocentas linhas de artigo de uma folha de Excel.

Verificou-se junto do DPP que o SIAGFA neste processo de recolha de informação torna-se numa mera ferramenta de apoio, pois socorre-se dos restantes ficheiros, para a realização dos trabalhos, uma vez que as folhas de Excel são de fácil consulta e resume-se aos dados essenciais, visto que foram os elementos do DPP que

²⁴ AICC – Aplicação Informática de Controlo de Configuração da aeronave

criaram os ficheiros em questão. As folhas de Excel também são uma garantia para quando não há falha na aplicação e problemas de acesso à rede informática na Unidade.

Segue-se uma tabela resumo, **Tabela 5-3**, associando a informação necessária pelo DPP com os ficheiros utilizados.

AÇÃO DO DPP	DADOS ANALISADOS	FICHEIROS UTILIZADOS
Registo de Dados após voo	Dados referentes ao voo	Registo de dados para DPP (Word) SIAGFA
Definição da Aeronave que entra em IF	Potencial disponível da Aeronave	SIAGFA Ficheiro Situação Diária (Excel)
Pesquisa de dados para a reunião de IF	TCTO'S	SIAGFA AICC
	Anomalias detetadas após voo	SIAGFA
	Componentes com potencial	SIAGFA Ficheiro Mestre (Excel)
	ASIP ²⁵	SIAGFA Ficheiro Mestre (Excel) Documento da DMSA (Word)
Ações de Manutenção	Listagem das ações de Manutenção a desenvolver na IF	SIAGFA Ficheiro IF (Excel)

Tabela 5-3. Ficheiros utilizados pelo DPP

A existência de vários ficheiros paralelos, criados para colmatar necessidades que foram verificadas ao longo do tempo, inclusive devido ao SIAGFA, não corresponde a todas as solicitações. Equivale a uma duplicação dos dados, quer a nível de registo, quer posteriormente a nível de pesquisa da informação, o que não permite rentabilizar ao máximo a mão de obra disponível no DPP. O *lean* identifica claramente

²⁵ Aircraft Structural Integrity Program- inspeções de Integridade Estrutural da aeronave (inspeções visuais e/ou Inspeções de Ensaios Não destrutivos).

o desperdício apresentado, correspondendo ao “Extra-Processamento”, ou o seu equivalente na manutenção “Ineficaz Gestão de Dados”.

De uma forma geral é necessário que o SIAGFA facilite o trabalho do DPP, como tal, e para que seja possível a realização da IF, com a devida antecedência são necessárias algumas melhorias no sistema.

Já Baltazar (2006) indica que há “falta de formação das pessoas ao nível das ferramentas informáticas disponíveis e da consciencialização das mesmas para a importância desta atividade. Enquanto não for possível as pessoas acreditarem que se ganha tempo planeando, então dificilmente se implementam melhorias, pois este serve precisamente para pensar nos imprevistos e ter situações alternativas. Os recursos humanos são preciosos e o fator tempo não se compadece de erros.”

5.3.2 A Inspeção de Fase

A IF está prevista a cada 300 horas de voo do F-16, tem as suas ações de manutenção bem identificadas na Ordem Técnica (T.O.) definida pelo fabricante. Quando uma aeronave vai realizar a IF, por conveniência dos meios envolvidos, não só realiza os trabalhos específicos da T.O, mas sofre outros tipos de intervenções, tal como, ações de manutenção que são programadas para se executarem nesse período, ou anomalias detetadas durante a própria realização da IF.

Para obtenção de informação no SIAGFA foi de extrema importância a definição dos termos da pesquisa, ver **Anexo C**, garantindo-se assim uma uniformização na recolha dos dados comparativos das aeronaves envolvidas.

De salientar que essa recolha no SIAGFA foi colossal, foram exportados os dados definidos como pertinentes para folhas de Excel, para posterior tratamento, sendo os quantitativos dos dados a tratar visíveis na **Tabela 5-4** que se segue, mas que perfaz o total de **4555** linhas do Excel. Linhas estas que foram estudadas para no final ser possível a exposição de informação nas tabelas exibidas ao longo deste ponto.

Aeronave	Nr. de linhas do Excel		
	Cartas Básicas	Cartas Oriundas	Cartas Adicionais
15123	187	62	722
15119	122	70	1031
15139	185	99	545
15122	139	55	1338

Tabela 5-4. Número de linhas de Excel pesquisadas para a IF

Com a recolha realizada foi possível obter uma perspetiva dos tempos médios totais das quatro aeronaves, associando as cartas de trabalho e a mão de obra necessária, para a realização da mesma em quarenta dias, que se reflete na **Tabela 5-5** seguinte.

	Valores médios referentes às quatro aeronaves	
	Horas Totais	Homens/dia
Cartas Básicas	496,8	1,8
Cartas Básicas e Oriundas	621,9	2,2
Todas as cartas	1855,8	6,6

Tabela 5-5. Tempos médios Totais da IF e homens dia necessários para a realização da mesma em 40 dias

Torna-se assim visível que o grande consumo de horas de trabalho está presente nas Cartas Adicionais, onde se verificam valores triplicados, de horas totais gastas na IF, aos da junção das cartas básicas com as oriundas. Mais ainda analisando que no mapeamento do estado futuro só se previa 714,2 horas/homem. A coluna dos homens por dia indica o número de homens necessários para o cumprimento das horas totais, tendo em conta que uma IF deve ser executada em quarenta dias (com sete horas de trabalho diárias). Assim para o cumprimento de todas as cartas, a IF só aconteceria se a FAP disponibilizasse por volta, entre seis a sete elementos por dia. Tendo em conta a escassez de recursos humanos, tal situação seria inoportável para a FAP.

Tal como verificado anteriormente, as cartas adicionais são as que comportam mais peso na manutenção, a Figura que se segue, **Fig. 5-4**, vai mais uma vez refletir isso mesmo, que a percentagem de ações de manutenção executadas nas cartas adicionais corresponde ao maior consumo de horas. Centrando-se especialmente em cada aeronave e diferenciando cada uma das cartas de trabalho.

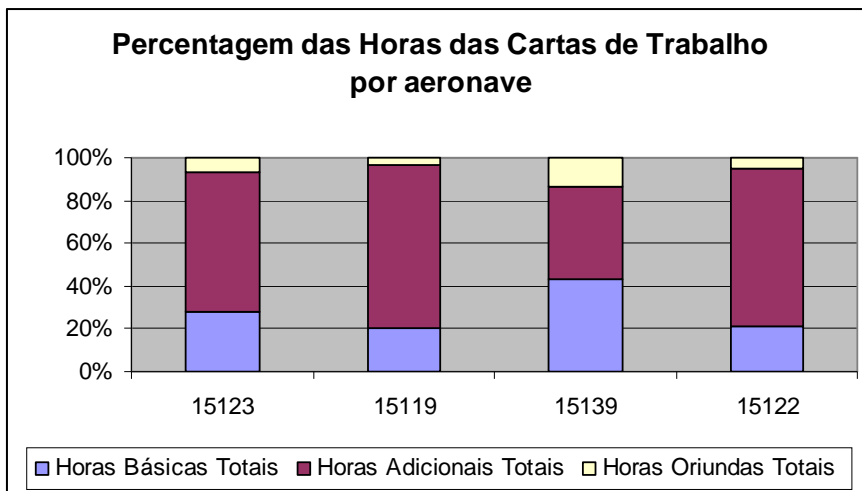


Figura 5-4. Percentagem das Horas das cartas de trabalho, por aeronave

Só na aeronave 15139 é que a percentagem dos trabalhos das cartas adicionais é de 43,6%, correspondendo ao valor mais baixo, nas restantes aeronaves rondam os 70%, bem acima dos 20,21% dos dados fornecidos pela FAP, antes da implementação de *lean*, ver ponto 5.2.

Com os dados recolhidos do SIAGFA foi possível definir algumas áreas de trabalho críticas, recorrendo à média total de horas de trabalho, nas quatro aeronaves, e todas as áreas de trabalho que realizaram intervenção no processo da inspeção.

Onde nos deparamos que as áreas críticas e transversais às quatro aeronaves, tanto para as cartas básicas como adicionando as cartas oriundas, ver **Tabela 5-6**, são as 4 (quatro) áreas refletidas na tabela que segue, onde se diferenciam os valores para as cartas básicas em comparação com as cartas oriundas.

Áreas de trabalho		Média de Horas das quatro aeronaves	
		Cartas Básicas	Cartas Básicas e Oriundas
Pneudraulicos F16	MFD	74,0	122,9
Combustível hidrazina F16	MFF	102,9	105,6
Inspeção Aviões F16	MFI	97,7	109,6
Electricidade de Avião F16	MFK	65,8	67,8

Tabela 5-6. Tabela comparativa de áreas de trabalho críticas para as cartas de trabalho básicas e oriundas

De referir que os valores críticos definidos para se detetarem as áreas críticas foram **31** horas para as Cartas Básicas e **37** horas quando lhes adicionamos as Cartas Oriundas. E como observamos, os valores médios obtidos nestas áreas transversais às aeronaves são bastantes superiores aos valores críticos, **ver Anexo C**.

Ao se analisar todas as cartas, ver **Tabela 5-7**, as áreas comuns nas aeronaves já não são as mesmas, das quatro áreas anteriores a **MFF** já não é comum, porque o valor crítico definido é de **81** horas, e a 15139 já tem um valor inferior a esse, de **72** horas. Assim as áreas críticas e transversais e o seu tempo médio de trabalho é o verificado na tabela que se segue.

Áreas de trabalho		Média de Horas das quatro aeronaves
		Todas as cartas
NDI SOAP	M1R	142,6
Controlo de corrosão	MCC	126
Pneudraulicos F16	MFD	226,8
Inspecção Aviões F16	MFI	218,9
Electricidade de Avião F16	MFK	185

Tabela 5-7. Tabela comparativa de áreas de trabalho críticas para todas as cartas de trabalho

Mais uma vez é visível que estas áreas de trabalho, definidas como críticas, têm valores médios significativamente acima do valor considerado crítico.

Analisadas as áreas e horas de trabalho envolvidas na inspeção, definidas algumas áreas críticas, debruçamo-nos sobre a duração da IF para cada uma das aeronaves, fazendo uma salvaguarda que os dados apresentados são referentes a informação registada no SIAGFA, desde a abertura de obra para a IF e fecho da mesma.

Dos dados obtidos pelo SIAGFA verificou-se que as aeronaves 15123 e 15119 realizaram a IF, executando todas as cartas, dentro dos quarenta dias estipulados pela implementação do *lean*. As restantes aeronaves, a 15139 e 15122, ultrapassaram esse limite em 31 e 129 dias, respetivamente. Mas também para estas duas aeronaves verificaram-se situações inopinadas, tal como: falta de equipamentos, danos estruturais, fuga de combustível, entre outros, o que obrigou ao deslize do período previsto.

Na **Tabela 5-8** que se segue, analisando a **Figura 5-5** (pontos pretos - Cartas Básicas; pontos vermelhos - Cartas Oriundas; pontos amarelos – Cartas Adicionais), para visualizar melhor ver **Anexo C** (esta figura consta lá como Anexo 1), foram

contabilizados tanto os dias em que não se realizou nenhuma intervenção, os dias em que as ações ocorreram em feriados e fins de semana, como o período total de inspeção, obtendo-se o seguinte:

Aeronave	Nr. de dias sem intervenção (dias uteis)	Nr. de dias de intervenção no fim de semana ou feriado	Período total inspeção (dias uteis)
15123	2	1	37
15119	0	2	38
15139	10	3	71
15122	30	4	169

Tabela 5-8. Dias de inspeção

Desta tabela averigua-se que ocorreram trabalhos no fim de semana e feriados que compensaram alguns dias em que não se realizou nenhuma ação de manutenção, e só na 15139 e 15122 é que se depara com dias de paragem significativos, 7 e 26 dias (retirando os dias de trabalho nos feriados e fim de semana) respetivamente, onde se passaria de um período de 71 e 169 dias para 64 e 143 dias, de qualquer forma muito acima dos 40 dias preconizados.



Figura 5-5. Calendarização das ações de Manutenção da IF

Para uma melhor compreensão verificamos que se nas aeronaves que realizaram a IF em 40 dias executaram mais horas de trabalho ou não, foi criada a **Tabela 5-8** que se segue, para ser possível realizar uma analogia das horas totais, do somatório de todas as cartas de trabalho, em cada aeronave, com o período de duração da inspeção.

Cartas Básicas + Oriundas + Adicionais		
Aeronaves	Horas Totais	Homens /Dia
15123	1569,5	5,6
15119	1927,1	6,9
15139	1524,6	5,4
15122	2402,1	8,6
Média Total	1855,8	6,6

Tabela 5-9. Horas totais dispendidas na realização de todas as cartas de trabalho na IF e homens por dia necessários para a realização da mesma em 40 dias

As aeronaves 15123 e 15119 realizaram a IF em menos de quarenta dias, ver **Tabela 5-8**, tendo em conta que a 15139 caso não tivesse ocorrido o dano estrutural da mesma obrigando a uma paragem, realizaria a IF num período inferior aos quarenta dias, visto que tem um quantitativo de horas dispendidas inferior ao das quatro aeronaves, ou seja, 1524,6 horas de trabalho, onde por exemplo, a 15119 com um acréscimo de mais 402,5 horas conseguiu realizar no período pretendido.

Já a 15122 com as suas 2402,1 horas de trabalho (contabilizadas todas as cartas), independentemente de todos os seus percalços, possivelmente iria necessitar de um período mais prolongado, que o predefinido com o *lean*.

6 OUTROS CASOS DE *LEAN* NA MANUTENÇÃO

Os casos, que a seguir se apresentam, permitem-nos aferir com segurança que desde 2004 se realizam manutenções de aeronaves com a metodologia *lean*.

Não obstante, a obtenção de dados para este capítulo nem sempre foi fácil, pois a informação disponível, quer em sítios da internet, quer ao nível da bibliografia, era vaga, pouco atualizada e até escassa. Excetuam-se os dados da *Shannon Aerospace* (SAL) e da Indústria Aeronáutica de Portugal, SA. No entanto, a informação angariada permitiu-nos ter uma noção das ferramentas utilizadas e melhorias verificadas, após implementação da metodologia *lean*.

Os dados colhidos foram, na sua maior parte, relativos a aeronaves militares, pois as Forças Armadas disponibilizam mais informação que as empresas civis. Possivelmente porque as primeiras não têm fins lucrativos e as organizações civis não desejam identificar aos seus adversários as estratégias utilizadas. Porém, se a Toyota ocultasse a sua metodologia, o *lean* não teria surgido. No entanto, esta recolha de informação permitiu uma comparação mais cabal com a FAP.

Com a análise obtida das organizações, verificou-se que a implementação ocorre, acima de tudo, da necessidade de encurtar, o máximo possível, os tempos de paragem das aeronaves, pois se uma aeronave está parada para manutenção, não estará, à partida, a ser rentabilizada na sua função nuclear.

A implementação inicia-se, de uma forma geral, com o estado atual do processo de manutenção, através do mapeamento da cadeia de valor. Após a identificação dos desperdícios é idealizado o estado que se pretende alcançar no futuro.

Maioritariamente, são utilizadas ferramentas como o 6 S e a criação de células de trabalho, permitindo assim que o fluxo das aeronaves seja determinado pelo cliente.

A disponibilização de kits de material, ferramentas e equipamentos alocados às células, facilitam o desenrolar dos trabalhos e a sua gestão adequada diminui os custos de inventário.

Neste âmbito, as organizações que a seguir se analisam são a *Boeing*, a *Defence Aviation and Repair Agency* (DARA) *Rotary*, *Royal Air Force*, *Royal Navy*, a *Shannon Aerospace* (SAL) e a Indústria Aeronáutica de Portugal, SA.

6.1 Boeing^{26 27}

A USAF entregou a revisão geral ou terceiro escalão (designação FAP), da aeronave de reabastecimento aéreo *Boeing KC 135*, à própria *Boeing*, que realiza esta intervenção a cada cinco anos, onde estão previstas 3300 tarefas a executar, com cerca de 1100 tarefas de anomalias inopinado, ou seja, ações de manutenção não programadas.

O cenário existente em 2005 correspondia a uma paragem média de 214 dias; em 2007, após a implementação de *lean*, a previsão de paragem era de 175 dias.

Do ponto de vista da *Boeing*, e após a implementação de *lean*, só foram executadas atividades de manutenção que adicionassem valor; assim o processo foi criado para que a qualidade, calendarização de tarefas e os custos associados estivessem focados nas necessidades e na satisfação do cliente.

Com a implementação de *lean* obraram-se células de trabalho, sendo o período de permanência nas células variável, entre 12 a 14 dias; cada célula é complementada com o material ou ferramenta necessário para a realização das respetivas tarefas; cada peça está devidamente identificada e é colocada no lugar definido para o efeito.

Obviamente, na ótica do cliente, tempos de paragem mais reduzidos são benéficos. Paralelamente, e quanto aos executantes, houve uma melhoria da performance; pelo facto de terem acesso imediato ao material/equipamento de que necessitam no momento da execução da ação de manutenção, já se verifica uma maior motivação, uma vez que todo o processo sairá otimizado.

6.2 Defence Aviation and Repair Agency (DARA) Rotary²⁸

Desde 2004 que esta empresa efetua a revisão geral de helicópteros militares, como o *Chinook*, *Lynx* e *Sea King*, da Força Aérea do Reino Unido. Já desde esse período que esta organização implementou medidas *lean* ao processo, em que a necessidade do cliente é que ditava o decorrer da manutenção, sendo o processo sempre acompanhado com o inventário de material necessário, para as tarefas designadas.

²⁶ Obtido na página da *Boeing* em http://www.boeing.com/news/frontiers/archive/2006/april/i_ids.html

²⁷ Obtido na página da *Boeing* em http://www.boeing.com/news/frontiers/archive/2006/august/8.06_Frontiers.pdf.

²⁸ Documentação fornecida pelo Sr. Tcor Salvada, ver anexo D.

No primeiro ano de implementação de *lean*, a DARA Rotary obteve um aumento de 25% na eficiência verificada, tendo sempre como objectivo uma melhoria da percentagem nos anos seguintes. Não obstante, não foi possível confirmar essa expectativa nos anos posteriores.

A implementação da filosofia *lean* iniciou-se com a participação de todos os colaboradores no mapeamento da cadeia de valor. Deste modo, foram detetados e removidos os desperdícios verificados, permanecendo as atividades que adicionavam valor ao processo.

Os objetivos decorrentes da aplicação de *lean* foram:

- redução de número de dias de paragem da aeronave;
- aumento da produtividade;
- redução do espaço ocupado no hangar;
- aumento do rendimento por aeronave;
- satisfação do cliente.

O propósito desta empresa passou a ser a flexibilidade e adaptabilidade aos requisitos do cliente, tendo como objetivo-chave manter a sua satisfação.

6.3 Royal Air Force^{29 30 31}

A Força Aérea do Reino Unido tem implementado as ferramentas de *lean* na manutenção de algumas aeronaves. É esta a estratégia que em seguida analisaremos.

Em 2004, a manutenção da aeronave de transporte C-130 já auferia vantagens da implementação de *lean* no processo de revisão geral, pois após a implementação verificou-se uma redução no período de paragem da aeronave em cinco dias.

Para que esta redução ocorresse foi necessário que em, aproximadamente, 3000 ações realizadas, houvesse um corte para 450, levando a crer que as ações, que já não se realizam, não acrescentavam valor ao processo e, como tal, a sua eliminação não trouxe qualquer impropriedade à aeronavegabilidade do C-130.

²⁹ Documentação fornecida pelo Sr. Tcor Salvada, ver anexo D.

³⁰ Obtidos dados do sítio da Internet com o seguinte endereço, <http://www.mod.uk/NR/rdonlyres/6BC3D45B-28B9-4F3B-A3B3-CBED340DCB59/0/dc0606.pdf>, pág 6 e <http://www.mod.uk/NR/rdonlyres/6692EA31-9C5C-4911-A65A-EF0984EC283F/0/200609DrivingChangeU.pdf> pág 2

³¹ Retirado informação do sítio da Internet da *Lean Production System*, através do seguinte endereço http://www.leanproductionsystems.co.uk/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=44

Uma das mais-valias verificadas, através do processo de melhoria contínua, foi a criação de um veículo específico, contendo todo o material e equipamentos necessários, para que a manutenção tivesse lugar, assim que a aeronave aterrasse. Para que isto fosse possível, os mecânicos eram alertados para avarias existentes e tomavam as devidas precauções para a sua reparação, ainda com a aeronave em voo. Logo que a aeronave aterrasse, a viatura já se encontrava na pista, com os recursos considerados necessários, para as respetivas tarefas a desempenhar.

Em 2005, a organização avançou para a manutenção do helicóptero *CHINOOK*.

A abordagem realizada foi com o mapeamento da cadeia de valor, tendo em vista a existência de uma visão panorâmica da localização de desperdícios do processo. Duas das três esquadras de manutenção foram agregadas numa só, permitindo, desta forma, uma melhor gestão dos recursos disponíveis.

Antes da implementação de *lean*, a média de aeronaves, que se encontravam fora de serviço, era de três a quatro. Com a filosofia de *lean*, esta média passou a ser de apenas duas aeronaves paradas para manutenção, levando a que as esquadras de voo tivessem mais uma aeronave disponível, para as missões operacionais a desempenhar.

No final de 2006, verificou-se um aumento das taxas de prontidão das aeronaves em cerca de 22% e foi atingido o objetivo de redução dos custos previstos, em cerca de metade. Em 2008, a redução de custos obtidos foi de 2.12 milhões de libras, sem que abdicassem de nenhum dos objetivos operacionais previstos.

De uma forma geral, operou-se uma mudança na mentalidade dos recursos humanos envolvidos, o que, inevitavelmente, conduziu a melhorias contínuas nas mais diversas áreas.

Em 2006, devido ao esforço exigido ao helicóptero *APACHE*, para se manter no teatro de guerra que era o Afeganistão, foi impreterível que 77 aeronaves entrassem em manutenção uma vez por ano, a fim de realizarem uma revisão geral.

Foi com a implementação de *lean* que esta ação foi possível: após um mapeamento da cadeia de valor, foi produzido um fluxo contínuo, na manutenção, mais eficiente e eficaz. Com esta medida, deu-se uma diminuição em 30% das horas previstas em ações de manutenção e uma redução de custos em cerca de 3.5 milhões de libras, apenas através da gestão do equipamento e material necessário para as ações a executar.

Antes da filosofia *lean*, a aeronave realizava uma paragem de aproximadamente 55 dias; após a eliminação dos desperdícios do processo, passou a ter uma paragem de 42 dias. As alterações realizadas levaram à criação de seis células com um fluxo contínuo da aeronave, o que permitiu haver seis aeronaves em manutenção ao mesmo tempo. Deste modo, a cada 7 dias existia mais uma aeronave operacional para voo. Os elementos envolvidos, por célula, são cerca de oito, entre pessoal militar e civil, sendo que os elementos militares não ficam dedicados a nenhuma célula em particular, alternando pelas células. Consequentemente, os vários elementos adquirem experiência em todas as fases do processo.

Na calendarização desta revisão geral estão contemplados tempos em aberto, para situações imprevistas que surjam.

Neste sentido, prevê-se que futuramente ocorra um aumento de seis para dez células de trabalho, com reorganização das cargas de trabalho, possibilitando que a cada 3/5 dias uma aeronave tenha a revisão realizada.

Relativamente à aeronave *HARRIER*, que permite a aterragem e descolagem verticalmente, a informação obtida não indica o momento em que a metodologia de *lean* foi implementada. No entanto, foi considerado que a informação disponível no endereço consultado é relevante.

Os conceitos de *lean* vieram alterar radicalmente a disponibilidade e fiabilidade da aeronave. Uma revisão geral era morosa, com paragens não previstas por uso de métodos diferenciados, e dependia do executante (apesar dos elementos envolvidos serem altamente especializados); a desorganização era geral e existia falta de visibilidade do material disponível.

Com a implementação de *lean* foram aplicadas ferramentas 6 S, procedendo-se à limpeza das áreas de trabalho, para a criação de um fluxo contínuo das aeronaves, com um *takt time* definido pelo cliente. As células de trabalho continham tempos definidos equitativamente, havendo uma uniformização de tarefas, independentemente do executante.

Assim, conseguiu-se uma redução dos 120 dias (antes de *lean*) para 75 dias (depois do *lean*), nas paragens para revisão geral; a revisão ao motor passou de 80 para 28 dias e a nível de custos, verificou-se uma poupança de 300 milhões de libras.

6.4 Royal Navy³²

Em 2004, a manutenção do helicóptero *EH101 MERLIN* da Armada do Reino Unido iniciou um programa tendo por base a metodologia de *lean*.

Em termos práticos, e a fim de reduzir os tempos de paragem para manutenção daquela aeronave, verificou-se a necessidade de eliminar a burocracia do seu processo. Ocorreu a implementação de 6 S com um aumento, em mais de um terço, do espaço disponível para manutenção no hangar, permitindo a criação de nove células de trabalho. Para cada célula foram definidos 6 dias de trabalho, estas permitiram um fluxo contínuo das aeronaves.

Para tornar todo o processo de manutenção mais eficiente, foi colocado, ao dispor dos executantes, todo o material e equipamento necessários para a realização das tarefas. Só através de uma gestão eficaz do material e equipamento utilizados, durante a manutenção, é que foi possível uma redução de custos em cerca de 5 milhões de libras.

6.5 Shannon Aerospace (SAL)³³

Esta empresa Irlandesa, de manutenção aeronáutica, tem sofrido alguma instabilidade a nível financeiro, o que se agrava ainda mais quando os tempos entre os *checks* do *Airbus A320* são estendidos, os *C checks* passaram de 5 para cada 6 anos e os *D checks* de 10 para 12 anos.

Em 2011, após a implementação de *lean*, no que respeita aos *D Checks* da *Airbus A321* da *Lufthansa*, verificou-se que a criação de seis células de trabalho de fluxo contínuo, bem como a uniformização dos trabalhos desenvolvidos resultou em tempos de 22 dias de paragem da aeronave, em alternativa aos 30 dias de paragem anteriores. Esta empresa antevê que no futuro se consigam obter apenas 14 dias de inoperabilidade.

Verificou-se, também, que 50% das ações de manutenção realizadas não eram programadas, sendo que 30% apresentavam indicadores de grande probabilidade de

³² Documentação fornecida pelo Sr. Tcor Salvada, ver anexo D.

³³ Informação obtida através do endereço <http://www.articlesbase.com/management-articles/irish-mros-lean-maintenance-798543.html>

ocorrência, como tal, eram contempladas no planeamento. A principal questão prendia-se com os 20% de constrangimentos inopinados, que não eram planeados.

As células de trabalho, na SAL, não estão localizadas no mesmo espaço, tal como a FAP, as mesmas distribuem-se por mais que um hangar. Os trabalhos iniciam-se em dias específicos da semana. Assim, quando ocorrem ações imprevistas, e caso se verifiquem no decorrer da manutenção, as mesmas são realizadas no fim de semana, para que não haja alteração no planeamento.

Com a entrada de uma aeronave para inspeção, esta vai para o primeiro hangar, onde são executadas todas as ações decorrentes da primeira célula de trabalho. Estes trabalhos iniciam-se à quarta feira, sendo removidos os componentes para revisão, exceto o trem de aterragem que se mantém, para a aeronave avançar na segunda feira, em direção ao segundo hangar. Neste decorrem os trabalhos da célula 2 e 3 - aqui outra equipa remove o trem de aterragem para revisão, sendo posteriormente reinstalado. Posto isto, os defeitos existentes são retificados e as modificações solicitadas pelo cliente são efetuadas.

Na segunda-feira seguinte, a aeronave avança para o terceiro hangar a fim de realizar as atividades da célula 4. Os componentes são reinstalados, pela equipa inicial que os removeu, e 3 dias depois vão para a célula 5, ou seja, o hangar de pintura, onde é realizada a pintura da aeronave. Finalmente, na quarta feira seguinte, na célula 6, realizam-se os testes finais e finaliza-se o processo. Esta implementação conduziu a uma diminuição dos turnos de 15 para 9 dias, com cerca de doze horas cada.

Todo o material e ferramentas estão acessíveis e disponíveis junto da respetiva célula, com marcações específicas no chão. Desta forma, a gestão pode controlar eficazmente o andamento dos trabalhos.

O momento seguinte consistiu na uniformização de tarefas nas células. Com esta ação verificou-se que durante a revisão do trem de aterragem era detetada, constantemente, uma anomalia que obrigava uma equipa de especialistas da *AIRBUS* a deslocar-se para a reparar, incrementando os custos e desorganizando o planeamento. Com a cooperação da *AIRBUS* foi possível uma revisão aos procedimentos dos fabricantes para a resolução daquele problema, deixando o mesmo de ocorrer.

6.6 Indústria Aeronáutica de Portugal (OGMA)^{34 35}

Na OGMA, as aeronaves que têm implementado *lean* na sua manutenção são os F-16 (desde setembro de 2009) e o C130 (desde maio de 2010). A manutenção realizada corresponde no F-16 ao MLU (Doca 3), sendo que este programa antecede a atividade desenvolvida na FAP a (Doca 4); no C-130 refere-se ao “C” *Checks*, de referir que nesta revisão está contemplada ações de manutenção que totalizam entre 8.000 a 15.000 horasxhomem.

Os tempos de paragem preconizados, antes de *lean*, correspondiam a quinze meses para o F-16 e 220 dias para o C-130; com as medidas de *lean* implementadas reduziram-se os tempos de paragem para 7 meses e 160 dias, respetivamente.

Com a análise do mapeamento da cadeia de valor do estado atual, concluiu-se que os desperdícios mais significativos eram: tempos de espera por cartas de trabalho, devido à procura de materiais, ou componentes de apoio de engenharia, e de ferramentas; trabalhos repetidos por falta de uniformização das tarefas a desenvolverem.

As ferramentas utilizadas por esta organização vão desde a uniformização dos processos à gestão visual para o acompanhamento do andamento dos trabalhos; implementação de 6 S com alteração do *layout* do hangar, permitindo a criação de células de trabalho para obtenção de um fluxo contínuo; construção de carrinhos para armazenamento do material/equipamento a utilizar na ação de manutenção, em que os mesmos se deslocam para o local de paragem da aeronave. Evitam-se, com esta medida, perdas de tempo na procura do material correto, ou da ferramenta para aquela atividade específica. Aquando da remoção de componentes e painéis, os mesmos são armazenados em locais próprios, fáceis de transportar e de aceder.

Segundo o Professor Loureiro, verificaram-se alguns constrangimentos no início da implementação de *lean* na OGMA, bem como fatores-chave de sucesso, que de seguida se enumeram:

³⁴ A informação fornecida é decorrente do seminário de Manutenção Aeronáutica que se realizou no ISEL, através da disciplina de Manutenção Aeronáutica, sendo o palestrante o Professor Fernando Loureiro, diretor da área de Manutenção da OGMA.

³⁵ Informação obtida do endereço

http://www.lockheedmartin.com/data/assets/hoc/2010_HOC_Presentations/Mon_1600_OGMA-Lean_C130_Maintenance-Marco_Espanhol.pdf

Constrangimentos iniciais:

- Envolvimento de equipas não motivadas;
- Excesso de vontade;
- Líderes com fraco potencial;
- Cultura vigente não favorável;
- Não medir (inexistência de métricas);
- Realização de eventos “no gabinete” e não no local onde seriam implementados (o que nos leva ao constrangimento seguinte);
- Não ouvir quem tem o conhecimento.

Fatores de sucesso:

- **Gestão de topo** - O seu envolvimento é crucial!
- **Pessoas** - Nada se faz sem os diretamente envolvidos!
- **Implementação** - “*O ótimo é inimigo do bom*”!
- **Celebração** - Um simples *BANZAI* é muito motivador!
- **Reconhecimento** - Quem não gosta de ser reconhecido?

Fica também a indicação de que “uma vez iniciado o processo, não mais podemos parar”.

7 CONCLUSÃO

Com a finalidade de combater a atual crise económica, as organizações socorrem-se de gestores altamente qualificados, que tenham a capacidade de converter a *gordura* existente em *músculo*. Caso contrário, perdem a sua competitividade no mercado, porque a capacidade de gerar valor desaparece.

A FAP não escapa a esta necessidade de diminuição da obesidade. Sendo uma organização que necessita de maximizar a disponibilidade das suas frotas, tem de evitar ao mínimo a paragem das aeronaves, para o cumprimento dos PM.

Uma vez que os resultados obtidos, no programa de MLU (Doca 4) do F16, ficaram aquém das expectativas, em 2007 a FAP decidiu implementar a filosofia *lean*, rompendo com todos os procedimentos que até então eram preconizados. Após esta mudança de filosofia, as melhorias foram claramente visíveis, traduzindo-se, nomeadamente, numa redução drástica dos tempos de paragem da aeronave no hangar: de uma média de 278 dias de paragem (até 2007 antes de *lean*) para uma média de 86 dias de paragem (2009), com a particularidade de realizarem o programa MLU em mais aeronaves que anteriormente, utilizando os mesmos recursos.

Tendo em conta este tipo de resultados, os gestores foram delineando a implementação de *lean* noutras áreas consideradas problemáticas, concretizando-se na IF, em janeiro de 2009.

O tempo médio de paragem para realização da IF correspondia a aproximadamente 72 dias (entre outubro de 2005 e agosto de 2008), mas a sua variabilidade era díspar, ocorrendo tempos de paragem desde 40 a 120 dias. Noutros países, verificou-se que os valores variavam entre 32 dias (Bélgica) a 44 dias (Holanda).

Com a aplicação das ferramentas *lean*, foi delineado o estado atual da manutenção e definido o estado futuro. Com um conjunto de várias ações concertadas, como a eliminação do desperdício, mantendo as ações de manutenção que acrescentam valor ao processo; a normalização das tarefas a executar; a criação de células de trabalho, e um melhor planeamento da manutenção, ficou definido que a manutenção da IF deveria ocorrer numa paragem de 40 dias do F-16, diminuindo em 32/38 dias o tempo médio de paragem.

Foi ainda possível observar que das quatro aeronaves que realizaram a IF, no ano da implementação de *lean*, só duas é que cumpriram o estabelecido de tempos de

paragem inferiores a 40 dias. O parâmetro relevante de pesquisa no SIAGFA correspondia à data de abertura da obra e ao fecho da mesma. As duas aeronaves, que não cumpriram o tempo de paragem estabelecido, sofreram constrangimentos que obrigaram à paragem das mesmas. Porém, os dados avaliados permitem-nos afirmar que uma terceira aeronave teria conseguido realizar a inspeção no tempo definido (40 dias).

Durante o estudo das 4 aeronaves, foi ainda possível analisar quais as áreas de trabalho consideradas críticas. Neste sentido, é pertinente que a FAP possa realizar o acompanhamento destas áreas, tal como se verifica para as IF, a fim de se ajustarem os recursos humanos ou planeamento dos mesmos.

A recolha e tratamento de dados no SIAGFA, apesar de ser um processo bastante moroso, permitiram apurar que as cartas adicionais são as que acarretam, no geral, mais horas de trabalho; porém, também se verificou que é possível realizar-se uma IF em 40 dias, contemplando todas as cartas de trabalho - exemplo disso é a aeronave 15123 e 15119. Neste contexto, com um melhor planeamento das inspeções programadas que ocorrem numa IF (cartas adicionais), mais garantias existem da sua realização no tempo definido com o *lean*.

No decorrer da observação do SIAGFA (aplicação informática de gestão de dados da manutenção), percebemos que é necessário tratar inúmeros dados, para que o gestor possa fazer uma análise eficiente de todas as fases de uma inspeção, através desta aplicação. No entanto, este processo é de tal forma extenso, que se torna um constrangimento, em vez de um facilitador.

Através das respostas às questões de partida, apresentamos, de seguida, as mudanças observadas após a implementação de *lean*.

Quais os contributos da implementação de *lean* na manutenção aeronáutica?

Analisando os resultados obtidos na Doca 4, e noutras organizações, a implementação de *lean* na manutenção mostra-se benéfica, pois assenta no pressuposto da eliminação de desperdícios, que não acrescentam valor ao processo. Ou seja, suprimindo as tarefas desnecessárias, há uma melhor gestão dos recursos disponíveis. Consequentemente, há uma melhoria da performance da equipa de manutenção, menos custos e uma maior satisfação do cliente.

Com a aplicação das ferramentas *lean* verifica-se que a diminuição do esforço, tempo e material, conduz a um uso adequado dos recursos humanos disponíveis, traduzindo-se em tempos de paragem, das aeronaves em manutenção, cada vez mais diminutos. As ações de formação específica, da filosofia de *lean*, motivam os colaboradores que irão realizar a IF, levando ao envolvimento de todos os elementos na criação de uma verdadeira equipa.

Para o mapeamento do estado futuro do processo deve ser realizada uma análise crítica e honesta às competências, conhecimentos técnicos e experiência dos executantes, ainda que exista um excelente planeamento de manutenção. Consideramos que basta um elemento não apresentar as competências necessárias, para a realização das tarefas, para que ponha em risco os resultados desejados. De igual forma, se não existirem os recursos corretos, não será possível atingir os objectivos propostos. Uma vez observado que o PM não está estruturado corretamente, os resultados não serão atingidos plenamente.

A criação de células de trabalho vai permitir que o andamento da aeronave na manutenção seja induzido pela necessidade do cliente (sendo caso da FAP - a organização), conduzindo a uma uniformização das tarefas, que facilitam o planeamento e gestão.

A gestão visual permite um controlo mais eficaz do processo da manutenção, possibilitando que todas as áreas de trabalho envolvidas se ajustem ao desenvolver dos trabalhos. Não obstante, impondo continuamente um empenho extra aos intervenientes, pois a motivação incita o cumprimento de metas definidas. Note-se que as áreas de trabalho facilitam o processo de gestão de recursos, uma vez que as mesmas realizam ações de manutenção em outras aeronaves.

A normalização dos trabalhos e do planeamento das aeronaves permitiu o conhecimento prévio das tarefas a executar. A normalização das células de trabalho permitiu a adaptação à localização das ferramentas e equipamentos, diminuindo os tempos de procura e acesso às mesmas.

A aplicação do 6 S disponibiliza espaço no hangar, permite a agregação de ferramentas e material específico, para cada uma das etapas das células. Desta forma, facilita a gestão do inventário, uma vez que o kit de material deve estar completo em cada uma das inspeções.

O emprego das ferramentas *lean* apresentadas vem facilitar a gestão da IF, contudo para que o seu planeamento seja eficiente, deve existir maior eficácia na compilação, e gestão, da informação das ações a desenvolver naquela IF. Uma vez que existem tarefas de cartas adicionais e oriundas, todas as IF são diferenciadas. Neste sentido, na FAP, devem ser reduzidos os ficheiros paralelos existentes, pois conduzem a trabalhos repetitivos de introdução de dados, identificando o desperdício de manutenção, correspondente a uma ineficaz gestão de dados. Somente depois de colmatar esta situação, será possível concretizar um planeamento consistente e atualizado, que possa ser facultado em tempo útil às áreas de trabalho, para que os seus recursos sejam geridos eficazmente.

Que mudanças organizacionais decorrem da implementação de *lean*, com vista a uma melhoria na manutenção aeronáutica?

O primeiro passo para a mudança é, indubitavelmente, uma transformação ao nível do pensamento. Os procedimentos existem, não obstante podem ser mudados, mantendo inalterada a finalidade de facilitar o trabalho de quem os executa. Logo, os intervenientes no processo devem estar suscetíveis a uma mudança de mentalidade, que deve perpassar todos os níveis da hierarquia, desde as chefias até aos técnicos que intervêm na manutenção.

É importante que a organização esteja consciente que a manutenção não pode ser vista como centro de custo, mas sim como um centro de lucro. Assim, todas as verbas dispendidas na manutenção serão vistas como um investimento e não como despesa. Tendo em conta a atual crise económica, será na manutenção que haverá cortes de orçamento, com vista a uma diminuição dos custos.

É fulcral que seja realizado um controlo ativo das ações de manutenção inopinadas, decorrentes da inspeção. Não importa ter um excelente planeamento da manutenção, se estas tarefas não estiverem devidamente contempladas, pois são elas que podem fazer derrapar todo o tempo de paragem de uma aeronave. As anomalias observadas, e de carácter recorrente, têm de ser incluídas no planeamento, para que este seja eficiente.

O *lean* tem como objectivo nuclear a melhoria contínua. Neste contexto, é vital que todos os intervenientes estejam seriamente envolvidos no processo, para que o

diálogo seja válido. Consequentemente, todas as sugestões que visem a obtenção dessa melhoria serão consideradas, possibilitando uma permanente busca na criação de valor e eliminação de desperdícios.

Até ao momento, os regulamentos de manutenção da FAP ainda não traduzem as mudanças que foram implementadas. Seria de considerar a revisão urgente destes documentos, uma vez que eles devem dar conta de todas as ações desenvolvidas na manutenção. A implementação da filosofia de *lean*, os seus princípios e ferramentas, é o presente da manutenção da FAP.

8 BIBLIOGRAFIA

ATA MSG 3. (2007). *Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development*. Air Transport Association

BALTAZAR, A. (2006). *Aplicação das Técnicas de Gestão de Projecto às intervenções de Manutenção Programada de Aeronaves*. Trabalho Individual de Pesquisa. IAEFA. Granja do Marquês.

BOSENBERG, D. METZEN, H. (1993). *Lean Management*. Edição CETOP

BOTAS, J (2008). *Optimização dos recursos Humanos e Materiais recorrendo à Metodologia Lean*. Trabalho Individual de Pesquisa. IAEFA. Granja do Marquês.

BOZDOGAN, K et al (2000). *Transitioning to a Lean Enterprise: A Guide for Leaders - Volume I, II, III*. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge.Massachusetts.

Circular Técnica de Informação. (2008). *Aprovação de Programas de Manutenção das Aeronaves*. INAC

FORÇA AÉREA PORTUGUESA. (1981). *RFA 401-1. Regulamento de Manutenção de Aeronaves da Força Aérea (REMAFA)*. Alfragide

FORÇA AÉREA PORTUGUESA. (1999). *RFA 305-1(B). Regulamento da Organização das Bases Aéreas*. EMFA/3ª DIV. Alfragide

FORD, H. (2007) *My Life and Work*.Edição de Cosimo. Nova York

GOUVEIA, J. (2010). *Lean Management aplicada à Regeneração de Potencial do módulo Augmentor do Motor F100-PW-220E*. Dissertação de Mestrado, Academia da Força Aérea – Instituto Superior Técnico.

GUNTER, A. (2001). *Maintenance Metrics U.S. Air Force*. Air Force Logistics Management Agency, Maxwell.AFB, United States Air Force.

JONES, C et al (1999). *The Lean enterprise*. BT Technol J, Volume 17. Nr. 4, pp 15-22.

LEITE, J. (2008). *F-16 MLU – Melhoria da Qualidade do Processo de Modificação*. Dissertação de Mestrado, Academia da Força Aérea – Instituto Superior Técnico.

KINNISON, H. (2004). *Aviation Maintenance Management*. McGraw-Hill.

KISTER, T. e HAWKINS, B. (2006) *Maintenance Planning And Scheduling: Streamline Your Organization For A Lean Environment*. Elsevier. Butterworth-Heinemann.

LIKER, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.

MOTA, M (2006). *Gestão da Configuração dos Sistemas de Armas*. Trabalho Individual de Pesquisa. IAEFA. Granja do Marquês.

NOGUEIRA, M. (2010). *Implementação da gestão da produção Lean: estudo de caso*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Norma Portuguesa 13306 (2007) *Terminologia da manutenção*. Instituto Português da Qualidade

OHNO, T. (1990). *L'esprit Toyota*. Masson. Paris.

PINTO, J. (2009). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. 3ª edição. Lidel.

SANTOS, P. (2006). *Sistemas de Armas da Força Aérea e Guerra Electrónica*. Trabalho Individual de Pesquisa. IAEFA. Granja do Marquês.

SANTOS, F e CARNEIRO, M. (2009). *Lean Manufacturing Lean Maintenance*. Pós Graduação em Tecnologia Aeronáutica , Instituto Politécnico de Setúbal – Escola Superior de Tecnologia.

SHINGO, S. e DILLON, A.P. (1989). *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Productivity Press.

SMITH, R. HAWKINS, B. (2004). *Lean Maintenance: Reduce Costs Improve Quality, and Increase market Share*. Elsevier. Oxford

WOMACK, J. e JONES, D. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.

Norma Portuguesa 15341 (2009). *Manutenção: Indicadores de desempenho da Manutenção (KPI)*. Instituto Português da Qualidade.

Norma Portuguesa 13460 (2009). *Manutenção: Documentação para a Manutenção*. Instituto Português da Qualidade.

9 WEBGRAFIA

AMARO, P e PINTO, J (2007). *Criação de valor e eliminação de desperdícios*. Comunidade Lean Thinking. Acedido a 13 de Novembro de 2010, em: http://www.leanthinkingcommunity.org/livros_recursos/netsc013.pdf

BAGADIA, K. (2008). *Asset reliability drives Lean Maintenance*. Plant Engineering Acedido a 01 de Maio de 2011, em: <http://www.plantengineering.com/search/search-single-display/asset-reliability-drives-lean-maintenance/8d3e0209c3.html>

CAMPBELL, K. (2006). *The endless Journey*. Plant Engineering Acedido a 01 de Maio de 2011, em: [http://www.plantengineering.com/index.php?id=1792&cHash=081010&tx_ttnews\[tt_news\]=29741](http://www.plantengineering.com/index.php?id=1792&cHash=081010&tx_ttnews[tt_news]=29741)

COOPER, H. *Lean Maintenance using Six Sigma DMAIC*. Industrial Training. Acedido a 05 de Fevereiro de 2011, em: http://www.bin95.com/lean_six_sigma_dmaic.htm

FINNIGAN, T. e HUMPHRIES, J. (2006). Maintenance gets Lean: Synergies for step change. Industrial Engineer. Acedido a 05 de Fevereiro de 2011, em: <http://www.allbusiness.com/finance/equity-funding-private-equity-venture-capital/3991722-1.html>

HEISLER, R. (2003) *Planning and Scheduling in a Lean Maintenance*. Environment. Life Cycle Engineering, Inc. Acedido a 05 de Fevereiro de 2011, em: http://www.reliabilityweb.com/excerpts/excerpts/lean_planning_and_scheduling.pdf

Lean Maintenance. (2007). Whitepaper. Infor EAM. Acedido a 05 de Maio de 2011, em: <http://systemspecs.com.ng/documents/Lean%20Maintenance%20Best%20Practices%20to%20Turn%20Asset%20Management%20into%20a%20Profit%20Center,%20white%20paper,%20English.pdf>

MATHER, D. (2007). *Lean vs Lean Maintenance*. Plant Service. Acedido a 26 de Maio de 2011, em: <http://www.plantservices.com/articles/2007/110.html>

MOREIRA, F. *Ferramentas e metodologias do Lean Thinking*. Acedido a 17 de Setembro de 2010, em: <http://www.portal-gestao.com/gestao/item/6005-ferramentas-e-metodologias-do-lean-thinking.html>

NIGHTINGALE, D. (2002). *Lean enterprises – A systems perspective*. Massachusetts Institute of Technology. Acedido a 05 de Janeiro de 2011, em: <http://esd.mit.edu/WPS/internal-symposium/esd-wp-2003-01.14.pdf>

Os 5 principios do Lean Thinking. Lean Institute Brasil. Acedido em 11 de Novembro de 2010, em: http://www.lean.org.br/bases.php?interno=thinking_principios

PINTO, J. *Sinais de Alerta para as organizações*. Comunidade Lean Thinking. Acedido a 12 de Fevereiro de 2011, em: <http://esd.mit.edu/WPS/internal-symposium/esd-wp-2003-01.14.pdf>

PINTO, J (2006) . *Novas oportunidades*. Revista Exame. Acedido a 05 de Janeiro de 2011, em: http://www.slideshare.net/Comunidade_Lean_Thinking/artigo-exame

PINTO, J. (2009). Glossário Lean Management. Comunidade Lean Thinking. Acedido a 12 de Fevereiro de 2011, em: http://www.leanthinkingcommunity.org/livros_recursos/clt_glossario_leanthinking.pdf

ROSS Jr.,J. (2008). *Lean´ doesn´t always mean less*. Plant Engineering. Acedido a 01 de Maio de 2011, em: [http://www.plantengineering.com/index.php?id=1792&cHash=081010&tx_ttnews\[tt_news\]=30554](http://www.plantengineering.com/index.php?id=1792&cHash=081010&tx_ttnews[tt_news]=30554)

SALVADA, P. *Metodologia A3 PDCA- Plan, Do, Check, Adjust*. Comunidade Lean Thinking. Acedido a 13 de Novembro de 2010, em: http://www.leanthinkingcommunity.org/livros_recursos/PDCA%20Metodologia%20A3%20segundo%20Pedro%20Salvada.pdf

SMITH, R. (2004). *What is Lean Maintenance?* Life cycle Engineering, Inc. Acedido em 12 de Fevereiro de 2011, em: <http://www.mt-online.com/component/content/article/116-october2004/912-what-is-lean-maintenance.html>

Toyota Production System. Toyota Company. Acedido a 11 de Novembro de 2010, em: http://www.toyota.co.jp/en/vision/production_system/index.html.

WEBER, A. (2005). *Estação de trabalho Lean: Organizada para a produtividade*. Lean Institute Brasil. Acedido a 01 de Maio de 2011, em: <http://www.construtoracastelobranco.com.br/aempresa/ps-37/files/TrabalhoLEAN.pdf>

WIREMAN, T. (2009). *Lean Maintenance offers savings, eliminates non-value activities*. Plant Engineering. Acedido a 01 de Setembro de 2010, em: <http://www.plantengineering.com/search/search-single-display/lean-maintenance-offers-savings-eliminates-non-value-activities/a88ad32d2d.html>

WOMACK, J. (2006). *Mura, Muri e Muda?*. E-letter. Acedido a 12 de Janeiro de 2011. em: http://www.leanuk.org/downloads/jim/mura_muri_muda.pdf

10 ANEXOS

Anexo A

Anexo B



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica

Dissertação para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica Ramo de Manutenção e Produção, com a temática de:

Leanness na Manutenção Aeronáutica

RELATÓRIO

Processamento da Informação do DPP para a Inspeção de Fase

Elaborado por:

Aluna do ISEL nr. 30407 Sandra Ribeiro

INDICE

1	Introdução.....	4
2	Finalidade	5
3	Registo da informação.....	6
4	Definição da aeronave que entra em IF.....	7
5	Recolha de Dados para a Reunião de IF	9
5.1	Pesquisa.....	9
5.1.1	Obras Abertas.....	9
5.1.2	Componentes com potencial	10
5.1.3	TCTO's.....	12
5.1.4	ASIP	13
5.2	Abertura de Obras	15
5.3	Acções de manutenção	15
6	Conclusão	17

FIGURAS

- **Figura 1** - Registo de dados do DPP (Word)
- **Figura 2** – Situação diária A32 (SIAGFA)
- **Figura 3** – Situação diária A04 (SIAGFA)
- **Figura 4** – Previsão de Manutenção (SIAGFA)
- **Figura 5** - Arvore de configuração (SIAGFA)

ANEXOS

- **Anexo 1** - Situação diária (Excel)
- **Anexo 2** - Processamento do DPP
- **Anexo 3** – Ficheiro Mestre (Excel)
- **Anexo 4** – Listagem ASIP
- **Anexo 5** – Processamento do DPP Final

ABREVIATURAS

- **ISEL** – Instituto Superior de Lisboa
- **IF** – Inspeção de Fase
- **GQ** - Gabinete de qualidade
- **DPP** – Sector de Documentação, Planeamento e Programação
- **DMSA** - Direcção de Manutenção e Sistemas de Armas
- **CC** - *Crew Chief*
- **SIAGFA** – Sistema Integrado de Apoio à gestão na Força Aérea
- **AICC** – Aplicação Informática de Controlo de Configuração
- **CGM** – Centro de Gestão de Manutenção
- **CLAFA** - Comando Logístico e Administrativo da Força Aérea.
- **ADAL** – Administrador de Dados Administrativos e Logísticos
- **TCTO** - *Time Compliance Technical Order*
- **CUT** – Código de Unidade de trabalho
- **CTM** – Código tipo de Manutenção
- **CQD** – Código Quando Descoberto
- **ASIP** – *Aircraft Structural Integrity Program*

1 Introdução

No decorrer da tese de mestrado de Engenharia Mecânica, do Instituto Superior de Lisboa (ISEL), com a temática “*Leanness* na Manutenção Aeronáutica”, onde se efectua o estudo da implementação do conceito *Lean Maintenance* na Inspeção de Fase (IF) do F-16, reconheceu-se a necessidade de analisar o processamento da informação para a reunião de Inspeção de Fase (IF).

A implementação de *Lean* teve o seu início em 05JAN09, tendo, até à data, sido já realizadas, com sucesso, 4 (quatro) Inspeções com esta metodologia.

O *Lean* tem como finalidade a melhoria contínua, como tal, é importante que todos os intervenientes estejam envolvidos no processo, tornando todo o diálogo válido, assim, todas as sugestões/reportes para a obtenção dessa melhoria são tidos em consideração, permitindo uma permanente busca na criação de valor e na eliminação de desperdícios.

Nos contactos realizados na Unidade, foi apurado que a reunião preparatória da IF não ocorre com a devida antecedência, tendo já acontecido uma semana após a aeronave estar parada para a IF.

Esta circunstância gera dificuldades às áreas que vão realizar as acções de manutenção, tanto na gestão adequada de pessoal como de material, mais ainda quando as mesmas não estão restritas só à IF, tendo de executar todas as restantes acções de manutenção para manter operacional as Frotas do F-16.

De referir que para a realização da mesma estão presentes: o Supervisor da manutenção; um elemento de cada uma das áreas de trabalho; um elemento do Gabinete de qualidade (GQ) e um elemento do Sector de Documentação Planeamento e Programação (DPP), este último é que fornece a listagem de todas as acções de manutenção a realizar durante a IF.

2 Finalidade

Dado os atrasos verificados na reunião da IF, foi solicitado, pela Direcção de Manutenção e Sistemas de Armas (DMSA), a análise do processamento do DPP na recolha de informação que é transmitida na reunião da IF. Deste modo, pretende-se detectar as fragilidades desse procedimento, e fornecer possíveis soluções para a resolução das mesmas.

O *Lean* identifica claramente os desperdícios que se apuram nos processos, apurando-se o Extra-Processamento de ficheiros como sendo o desperdício mais comum verificado no DPP.

A existência de vários ficheiros paralelos, criados para colmatar necessidades que foram verificadas ao longo do tempo, inclusive devido ao SIAGFA não corresponder a todas as solicitações, equivale a uma duplicação dos dados, quer a nível de registo quer posteriormente a nível de pesquisa da informação, o que não permite rentabilizar ao máximo a mão-de-obra disponível no DPP.

Os vários ficheiros utilizados no DPP constam na seguinte lista:

FICHEIROS UTILIZADOS
1. SIAGFA
2. AICC
3. Ficheiro Mestre (Excel)
4. Situação Diária (Excel)
5. Ficheiro da IF (Excel)
6. Registos de Dados do DPP (Word)
7. Documento da DMSA (Word)

Será estudado como se processa o uso destes ficheiros para a obtenção dos dados para a reunião de Fase.

3 Registo da informação

Para um ficheiro ser mantido e actualizado é necessário efectuar o registo dos dados, tendo-se constatado que o registo se processa da seguinte forma:

- (a) O Piloto quando aterriza regista no Livro da Aeronave, horas de decolagem, Situação da aeronave, anomalias detectadas em voo, etc...
- (b) O Crew Chief (CC) mediante se verifiquem anomalias em voo, tem de aceder ao Sistema Integrado de Apoio à gestão na Força Aérea (SIAGFA) e faz a correspondente abertura de obra, para a futura execução das acções de manutenção. Também acede ao documento Word “Registo de dados para o DPP”, e coloca os dados do voo que o DPP necessita, onde contempla Horas de voo, nr. de arranques, aterragens, etc, conforme Figura 1 que se segue.

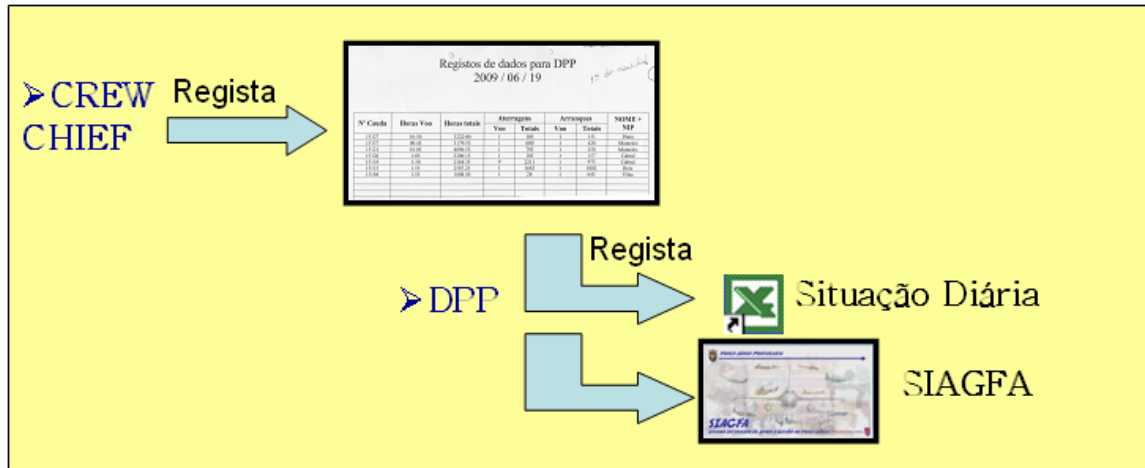
Registos de dados para DPP
2009 / 06 / 19

Nº Cauda	Horas Voo	Horas totais	Aterragens		Arranques		NOME + NIP
			Voo	Totais	Voo	Totais	
15127	01:50	3222:00	1	105	1	151	Pinto
15137	00:45	3179:55	1	600	1	428	Monteiro
15121	01:05	4096:55	1	793	1	258	Monteiro
15126	1:05	3206:15	1	103	1	157	Cabral
15118	1:30	2344:35	9	2211	1	975	Cabral
15113	1.55	2507.25	1	1642	1	1002	Reis
15104	1.55	1808.50	1	28	1	643	Vilas

Figura 1 – Registo de dados para DPP (Word)

- (c) O DPP acede ao documento Word “Registo de dados para o DPP” e actualiza tanto o SIAGFA como o ficheiro “Situação diária” em Excel, este último ficheiro dá a panorâmica geral da situação das duas frotas, ver anexo 1.

No registo de dados já se detecta a duplicação de Informação.



4 Definição da aeronave que entra em IF

Para uma IF ocorrer tem de ser decidido qual a aeronave que entra em Inspeção, logo, é observado o universo das aeronaves das duas frotas, e dependendo da sua situação será escolhida a aeronave com menos Horas disponíveis até á próxima inspeção.

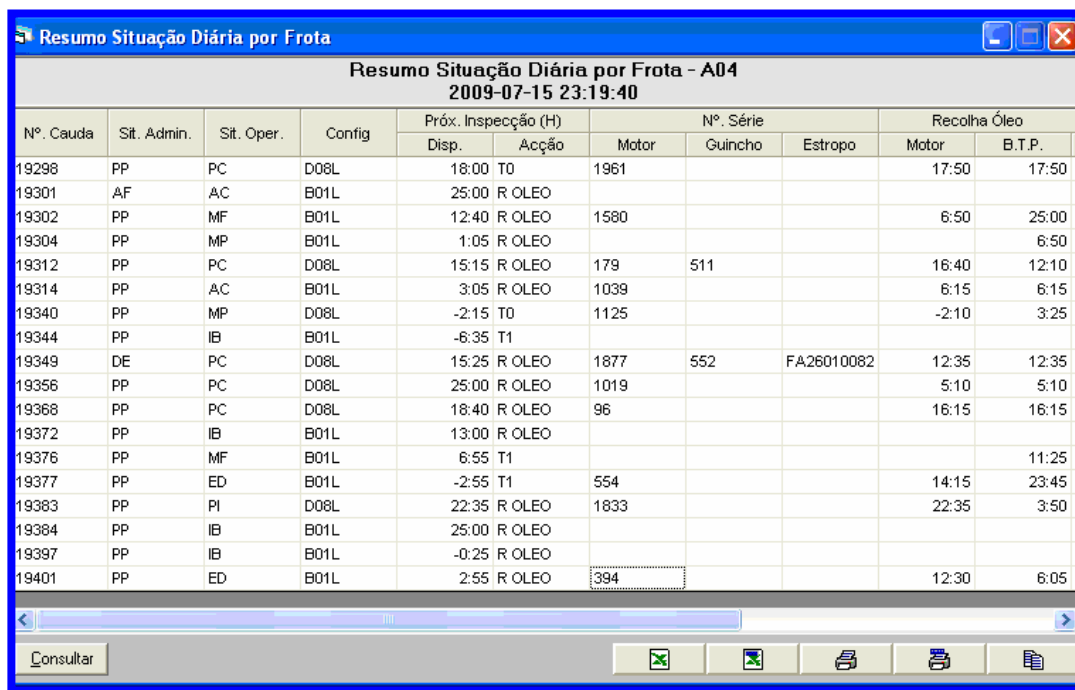
Para esta verificação os ficheiros disponíveis são o SIAGFA e o ficheiro Excel “Situação Diária”.

A informação visualizada no SIAGFA é a seguinte:

Resumo Situação Diária por Frota					
Resumo Situação Diária por Frota - A32					
2009-07-03 16:01:31					
Nº. Cauda	Sit. Oper.	Próx. Inspeção (H)		Próx. Inspeção (M)	
		Disp.	Acção	Data	Acção
15101	MF	298,40	PHASE		
15104	PC	258,30	PHASE		
15110	ED	-1783,25	ALL		
15121	PC	132,05	ALL		
15122	PC	297,00	PHASE		
15123	PI	153,35	PHASE		
15124	PC	69,30	PHASE		
15125	PC	294,15	PHASE		
15126	PC	130,40	PHASE		
15127	PC	114,55	PHASE		
15128	PC	227,05	PHASE		
15133	MP	123,25	PHASE		
15134	PC	76,40	PHASE		
15137	MI	115,40	PHASE		
15138	PI	180,05	PHASE		
15139	MI	251,55	ALL		
15140	AC	299,20	PHASE		

Figura 2 – Situação Diária da Frota A32 (SIAGFA)

Para a definição da aeronave para a IF, os dados constantes no SIAGFA são suficientes, mas o Centro de Gestão da Manutenção (CGM), do qual o DPP depende, não tem a seu cargo somente a IF, mas é da sua competência o planeamento, a programação, a organização, coordenação, o dirigir e controlar de toda a manutenção das aeronaves da Unidade. Tendo-se verificado necessário a criação do ficheiro Situação Diária (Excel), pois a informação visualizada no SIAGFA, Figura 2, não se torna suficiente para dar resposta célere a todas as solicitações do CGM, que são todos os dados constantes no Ficheiro Situação diária (Excel), ver Anexo 1, tendo em conta o que se observa na Situação Diária do Aloette III, ver Figura 3 que se segue.



Resumo Situação Diária por Frota - A04 2009-07-15 23:19:40											
Nº. Cauda	Sit. Admin.	Sit. Oper.	Config	Próx. Inspeção (H)		Motor	Nº. Série		Recocha Óleo		
				Disp.	Ação		Guincho	Estropo	Motor	B.T.P.	
19298	PP	PC	D08L	18:00	T0	1961				17:50	17:50
19301	AF	AC	B01L	25:00	R OLEO						
19302	PP	MF	B01L	12:40	R OLEO	1580				6:50	25:00
19304	PP	MP	B01L	1:05	R OLEO						6:50
19312	PP	PC	D08L	15:15	R OLEO	179	511			16:40	12:10
19314	PP	AC	B01L	3:05	R OLEO	1039				6:15	6:15
19340	PP	MP	D08L	-2:15	T0	1125				-2:10	3:25
19344	PP	IB	B01L	-6:35	T1						
19349	DE	PC	D08L	15:25	R OLEO	1877	552	FA26010082		12:35	12:35
19356	PP	PC	D08L	25:00	R OLEO	1019				5:10	5:10
19368	PP	PC	D08L	18:40	R OLEO	96				16:15	16:15
19372	PP	IB	B01L	13:00	R OLEO						
19376	PP	MF	B01L	6:55	T1						11:25
19377	PP	ED	B01L	-2:55	T1	554				14:15	23:45
19383	PP	PI	D08L	22:35	R OLEO	1833				22:35	3:50
19384	PP	IB	B01L	25:00	R OLEO						
19397	PP	IB	B01L	-0:25	R OLEO						
19401	PP	ED	B01L	2:55	R OLEO	394				12:30	6:05

Figura 3 – Situação Diária da Frota A04 (SIAGFA)

O CGM já solicitou ao CLAFSA-ADAL a inclusão dos restantes dados no SIAGFA, não tendo até à data sido realizada a alteração.

Verifica-se neste processo outra duplicação de dados para a pesquisa da Situação diária.



5 Recolha de Dados para a Reunião de IF

Definida a aeronave que vai entrar em IF, é efectuada a recolha de todas as acções de manutenção a executar na IF. No final obtêm-se uma listagem de todas as obras abertas, será esse documento que será entregue pelo DPP na reunião da IF. No anexo 2 temos uma panorâmica geral do processamento do DPP. Para uma melhor percepção vai ser abordado cada um dos pontos principais definidos nesse documento.

5.1 Pesquisa

Neste ponto será referido o tipo de informação necessária para o DPP e aborda-se como a mesma é obtida.

5.1.1 Obras Abertas

A pesquisa das obras abertas, que significa acções de manutenção a realizar, será realizada no SIAGFA e inclui tanto as *Time Compliance Technical Order* (TCTO) que ainda não foram cumpridas, como as anomalias detectadas em voo que ainda não foram executadas.

A obtenção destes dados no SIAGFA será pelas:

Consultas → Consultas diversas → Gestão da manutenção → Obras

São então escolhidos os campos que tem relevância visualizar, como:

- **CUT ;**
- **Cod aplicação;**
- **Nr. cauda;**
- **Nr. obra**
- **CTM (Código Tipo Manutenção);**
- **CQD (Código Quando Descoberto);**
- **Data de abertura da obra;**
- **Data de fecho;**
- **Sector.**

Destes, realiza-se a seguinte filtragem:

Nr de cauda= aeronave que entra em inspecção;

Data de fecho=nulo, ou seja, as obras a cumprir que ainda não estão fechadas, mas que são do tipo:

→ **CTM=T**, para as obras abertas para cumprimento das TCTO's

→ **CQD=A5**, para as obras abertas devido a anomalias detectadas depois do voo

5.1.2 Componentes com potencial

O DPP socorre-se do Ficheiro Mestre em Excel em prol do SIAGFA, vamos primeiro analisar o que se obtém do SIAGFA nesta área e depois o ficheiro Excel para compreender porque tal se verifica.

Ao seleccionar no SIAGFA:

Consultas → Previsão da Manutenção (Simulação)

É colocado o Código de Aplicação e é identificada a aeronave que vai entrar em IF, o que se visualiza consta na Figura 4 seguinte:

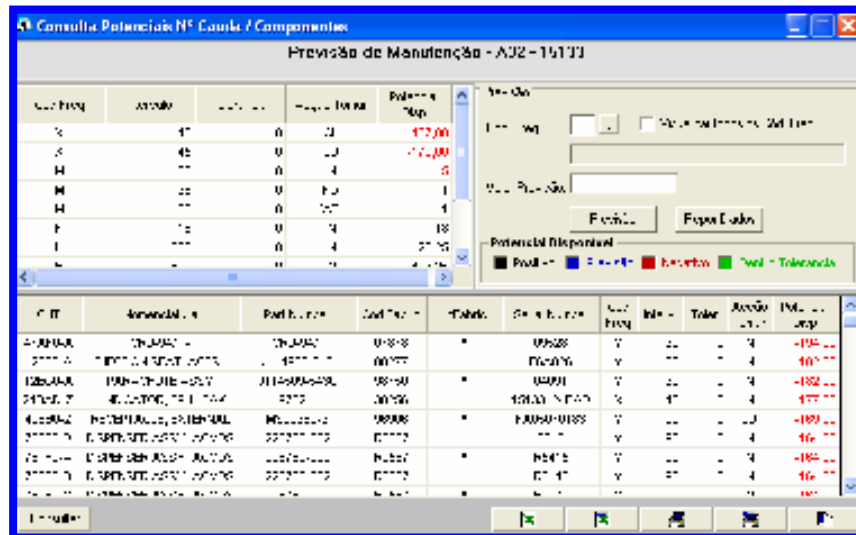


Figura 4 – Previsão da Manutenção (SIAGFA)

Na parte inferior da Figura anterior, temos identificados os potenciais dos componentes da aeronave seleccionada, mas no SIAGFA há componentes que não se conseguem controlar que são os componentes que não têm atribuído ou CUT ou têm CUT mas não têm Part Number.

Mas apesar dessas excepções, na pesquisa elaborada em 03JUL09 á aeronave 15133, verificou-se na exportação dos dados para Excel **110** linhas de componentes para controlar o potencial, onde o DPP tem de calcular, em todos os componentes, se os potenciais disponíveis encaixam no período da IF.

Esta tarefa tem ainda de ter em atenção os diferentes códigos de frequência (Horas de Voo, dias, etc).

Para a IF já temos uma aeronave definida e verifica-se que o trabalho requerido é minucioso, mas se tivermos em conta que o DPP tem de efectuar esta análise de potenciais para todas as 34 aeronaves, com regularidade, então o trabalho torna-se complexo.

Como já se observou esta funcionalidade no SIAGFA só permite uma análise por aeronave e há componentes que têm de ser controlados mas que não constam no SIAGFA, surge assim a necessidade de o DPP efectuar um controle de potenciais mais eficiente.

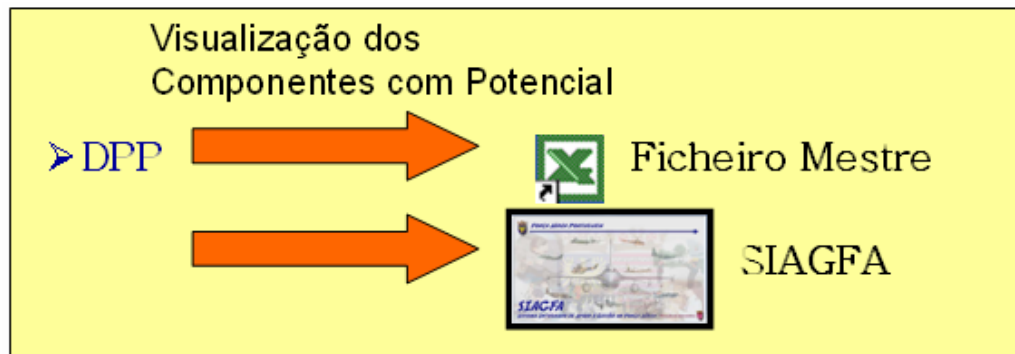
O Ficheiro Mestre o DPP tem duas visões distintas da informação, na primeira folha de Excel temos a panorâmica geral das aeronaves, ver Anexo 3,

que auxilia na gestão diária do controlo dos potenciais. Onde na primeira folha Excel temos as células programadas para só se visualizar o limite de potencial cuja previsão seja nos próximos 5 dias ou 10 HV, para os potenciais de dias ou HV respectivamente, para os restantes potenciais tem de se verificar por aeronave. Esta panorâmica permite ao DPP efectuar a respectiva de Abertura de Obra com a devida antecedência.

Outra mais valia é a programação de cores quando se atinge os potenciais anteriormente referidos ou quando o mesmo é ultrapassado, servindo assim de alerta.

A segunda visão deste ficheiro já é mais específico por aeronave, onde já se selecciona a aeronave na respectiva folha de Excel e lá consta todos os potenciais disponíveis, correspondendo à informação exportada do SIAGFA mas inclui os componentes que este não controla.

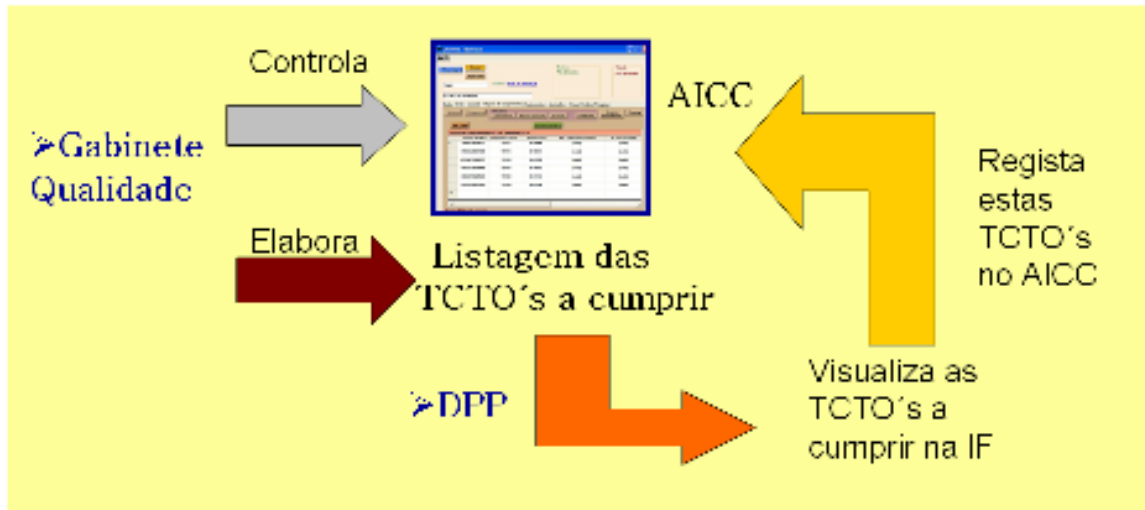
Confirma-se neste caso outra duplicação de dados.



5.1.3 TCTO's

Nesta fase já temos as obras abertas das TCTO's que até à data não foram cumpridas, do ponto 5.1.1, mas ainda falta as TCTO's que deverão ser executadas especificamente no período da IF. Essa informação é fornecida pelo GQ que depois é registada no AICC pelo DPP, este é um ficheiro de controlo das TCTO's criado pelo GQ.

O processo das TCTO's é o que se segue:



5.1.4 ASIP

Para se saber quais as inspeções de Integridade Estrutural da aeronave (ASIP) que se vão efectuar, quer as inspeções visuais quer Inspeções de Ensaio Não destrutivos (NDI), é através do SIAGFA ou de uma listagem fornecida pela DMSA.

A pesquisa das ASIP pelo SIAGFA, será por:

Configuração → Cut's – árvore de configuração → Cod. de aplicação

Então na árvore de configuração seleccionamos, por exemplo, o Código de Unidade de trabalho (CUT) 11CAE-A *Longerons, canopy sill left*, escolhendo o tabulador do *Part Number*, temos então os dados da Figura 5 que se segue:

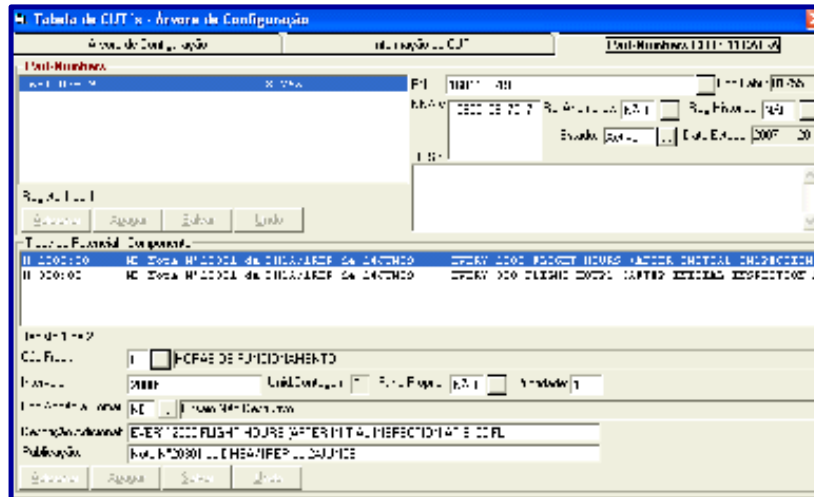


Figura 5 – Árvore de Configuração (SIAGFA)

Na Figura, analisando na área referente aos Tipos de Potencial - Componente, verifica-se que temos dois tipos de potenciais:

- 2000H mas após a inspecção inicial de 6100 HV
- 300H após a inspecção inicial de 4800HV

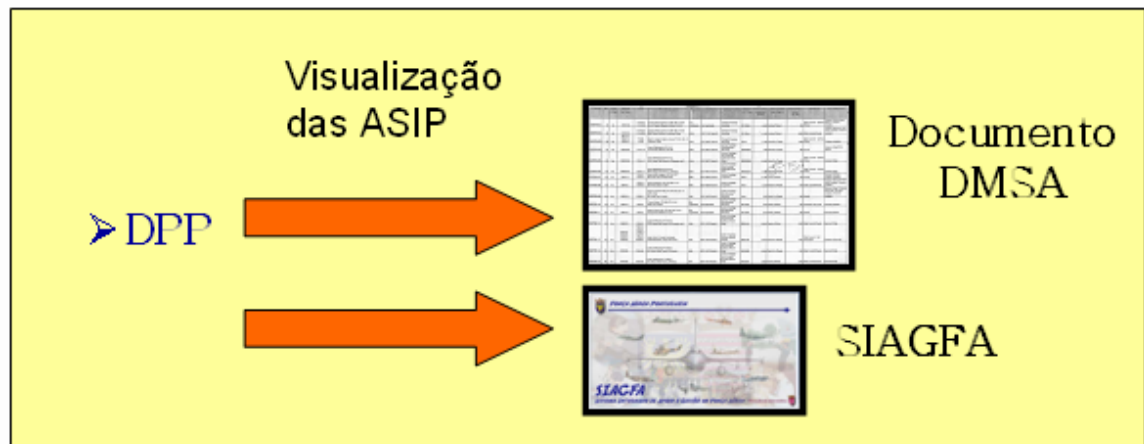
Ou seja, o DPP para todos os CUT's tem de verificar o potencial, e depois analisar mediante as Horas de voo acumuladas da aeronave que tipo de inspecção será realizada, e ainda se a mesma encaixa no período da IF. Mas se tivermos em atenção que têm de ser contabilizadas 50 Inspeções ASIP, algumas com mais de um CUT associado, e ainda, cada CUT pode ter mais de um potencial a verificar, torna este processo de controlo extremamente complicado e moroso, como se verifica a seguir em algumas ASIP, onde ainda falta indicar o tipo de Inspeção a efectuar.

NR. DA ASIP	CUT	P/N AFECTADOS	PRIMEIRA INSPECÇÃO (HV)	PRÓXIMA INSPECÇÃO (HV)
01	11CAE-A		4800	300
	11CAE-B			
02	11CAE-A	16B1103	6100	2000
	11CAE-B			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
13	16B5231, 16B524, 16B525, 16B5261	11EAJ-A	5300	1400
		11EAJ-C		
		11EAK-A		
		11EAK-B		
		11EAL-A		
	11EAM-A			

Sem nunca esquecer que esta acção não é só efectuada para a aeronave da IF, mas tem de se controlar as Inspecções ASIP para todas as aeronaves.

Por opção, a DMSA fornece um documento ao DPP com a listagem actualizada das inspecções ASIP a realizar, ver anexo 4. Para a IF o DPP mediante os potenciais acumulados da aeronave analisa a listagem e verifica quais as ASIP a executarem no período da IF.

Estamos perante mais uma duplicação de dados.



5.2 Abertura de Obras

Após as pesquisas anteriores, já temos a informação para efectuar a abertura de obras para as TCTO's a cumprir, para as Inspecções ASIP a realizar e para os componentes com potencial.

Também é aberta a Obra para a própria IF, que tem acções de manutenção específicas.

5.3 Acções de manutenção

O DPP reúne a listagem de todas as obras abertas e respectivas anomalias verificadas e coloca num ficheiro em Excel, designado por Ficheiro da IF e é esta listagem que fornece na reunião de IF.

Mas no SIAGFA é possível obter esta listagem de obras abertas, eliminando assim este ficheiro, bastando verificar nas:

Consultas → Consultas diversas → Gestão da manutenção → Obras

Onde se pode seleccionar os campos que o ficheiro em Excel fornece, que será:

- **CUT;**
- **Cod aplicação;**
- **Nr. cauda;**
- **Nr. obra**
- **CTM – código do tipo d manutenção;**
- **Data de abertura da obra;**
- **Data de fecho;**
- **Sector.**
- **Anomalia**

A filtragem necessária, será:

Nr de cauda= aeronave que entra em inspecção

Data de fecho=nulo, visualizando assim todas as obras abertas para esta aeronave.

Temos assim a informação necessária para a reunião, mas tendo como exemplo a pesquisa realizada para a aeronave 15133, em 03JUL09, onde se verifica uma listagem de **456** linhas com obras abertas e identificadas as anomalias a serem executadas.

6 Conclusão

O controle que o DPP actualmente tem de realizar é bastante complexo e moroso, no exemplo da aeronave 15133 verificou-se que o resultado final dos dados para a IF corresponde a um nr. significativo de obras abertas com 456 anomalias detectadas, e de 300 em 300HV realiza-se uma IF.

O SIAGFA neste processo de recolha de informação torna-se numa mera ferramenta de apoio, pois socorrem-se dos restantes ficheiros para a realização dos trabalhos, pois têm plena confiança que o mesmo está actualizado, é de fácil consulta e tem os dados essenciais, também se verifica a garantia que se acede aos dados quando não há rede na Unidade.

Segue-se um quadro resumo com os dados e os ficheiros utilizados actualmente pelo DPP.

ACÇÃO DO DPP	DADOS ANALISADOS	FICHEIROS UTILIZADOS
Registo de Dados após voo	Dados referentes ao voo	Registo de dados para DPP (Word) SIAGFA
Definição da Aeronave que entra em IF	Potencial disponível da Aeronave	SIAGFA Ficheiro Situação Diária (Excel)
Pesquisa de dados para a reunião de IF	TCTO'S	SIAGFA AICC
	Anomalias detectadas após voo	SIAGFA
	Componentes com potencial	SIAGFA Ficheiro Mestre (Excel)
	ASIP	SIAGFA Ficheiro Mestre (Excel) Documento da DMSA (Word)
Acções de Manutenção	Listagem das acções de Manutenção a desenvolver na IF	SIAGFA Ficheiro IF (Excel)

De uma forma geral é necessário que o SIAGFA facilite o trabalho do DPP, como tal, e para que seja possível a realização da IF com a devida antecedência é necessário algumas melhorias no sistema, eliminando assim a duplicação de dados que se visualiza no quadro anterior.

No registo dos dados o CC não deveria registar os dados de voo na folha de Word, mas efectuar directamente o seu registo no SIAGFA, mantendo a abertura de obras para as anomalias detectadas em voo.

Para a definição da aeronave que entra em IF, e inclusive para uma gestão diária de todas as aeronaves, o SIAGFA na sua situação diária deveria conter os dados já solicitados pelo CGM, e que se verificam no anexo 2.

Ressalva-se que os ficheiros em Excel do DPP estão interligados e que neste momento não é possível eliminar o ficheiro Situação Diária, pois este actualiza o ficheiro mestre com a listagem dos componentes com potencial. Caso o ficheiro mestre não seja possível eliminar a situação diária em Excel terá que continuar a ser “alimentada”.

O SIAGFA já fornece uma listagem dos componentes com potenciais, por aeronave, mas para ter uma visão tão abrangente por Frota, seria permitindo que nas:

Consultas → Previsão da Manutenção (Simulação)

No campo nr. de cauda, fosse possível que o mesmo fosse nulo, conseguindo-se desta forma a visualização dos componentes por Frota, muito em conta do que é possível na *datasheet* inicial do Ficheiro Mestre. Com esta funcionalidade então já se conseguiria eliminar ambos os ficheiros em Excel, a Situação Diária e o Ficheiro Mestre.

Tendo em conta que a primeira entidade, na Unidade, que recebe as TCTO's e que controla o seu ficheiro AICC é o GQ, deveria ser esse gabinete o responsável pela abertura das obras para cumprimento das TCTO's.

Tal como nas TCTO's a entidade que fornece a listagem actualizada das inspecções ASIP é a DMSA, deveria ser essa Direcção a responsável pela abertura das respectivas obras, ou promover uma solução que simplifique todo esse processo.

Para se ter a percepção do que o DPP teria de realizar mediante as recomendações efectuadas, foi elaborado o documento Processamento do DPP Final, constante no anexo 6. O que significaria que o DPP teria meramente que

pesquisar as obras abertas, quer as TCTO's, Anomalias detectadas em voo e as inspecções ASIP. Verificando-se que as Obras quer das TCTO's quer das ASIP já foram abertas pelas entidades responsáveis pela gestão das mesmas, gabinete da Qualidade e DMSA.

A pesquisa dos potenciais mantém-se no ficheiro mestre (Excel) devido à possibilidade de no SIAGFA não ser permitido uma gestão por Frota.

Mediante à pesquisa efectuada, o DPP atribui os nrs de obra aos componentes com potencial e à própria IF. Seguindo-se a obtenção no SIAGFA da listagem de todas as acções de manutenção a realizar na IF, decorrendo a reunião com a antecedência desejada, suprimindo os ficheiros paralelos existentes e rentabilizando a mão-de-obra disponível do DPP.

No decorrer da tese será efectuada o acompanhamento de qualquer acção desenvolvida para a melhoria deste processo, à corrente data já há uma previsão, a curto prazo, para a introdução das Inspecções ASIP no SIAGFA pelo gestor na DMSA e analisa-se a possibilidade de o Gabinete da Qualidade ter uma maior intervenção nas TCTO's.

Anexo 1- Situação diária (Excel)

NÚMERO DE CAUDA	CÉLULA				ATR		JFS		TIROS		SITUAÇÃO DAS AERONAVES
	HR. VÔO DIA	HR. DISP. PRÓX. INSP.	HR. TOTAIS AVIÃO	HR. VÔO MÊS	Nº de Série	TOTAL	ARRANQUES DISP.	AVIÃO TOTAL	CAINHÃO	Nº de sERIE TOTAL	
15101		-6,5	1906,5		1833	1833	690	1060			DOCA 4
15102	3,15	42,46	2357,15	25,1	1510	1510	C3431 1358	392			PI LED REP FREQ. LED SMS+RDR+LUZ RA DIO UHF
15103		232,55	2167,05	12,25	1398	1398	C4602 281	1469			MI FUEL+RDR
15104		30,3	1769,3		1330	1330	C1863 152	598			DOCA 4
15105		63,15	2336,45		2136	2136	C1209 1210	540			OGMAK(230UT08)
15106		107	2293		1684	1684	C3478 813	937			FP A/G MOTOR+EXPLO SIVO S+RDR ALT
15107		285,5	2114,1	1,1	1497	1497	C4687 398	1352			MP BORESTIGHT
15108		49,5	2350,1		1669	1669	C4511 352	1398			OGMAK(26JAN09)
15109		189,55	2410,05	14,35	1662	1662	C3569 1628	122			PC
15110		16,35	2383,25		1900	1900	C4617 253	1497			OGMA (18MA IO 08)
15112		287,25	2112,35		1483	1483	C4825 421	1329			FP A/G MOTOR
15113		189,4	2410,2	9,15	1575	1575	C4609 825	925			PI RWR
15114	3,1	-2,25	2102,25		1668	1668	C4619 454	1296			DOCA 3(OGMA)
15115		296,35	2303,25		1704	1704	C4433 801	949			FP A/G MOTOR
15116		295,5	2104,1		1506	1506	C4670 429	1321			FP A/G MOTOR (HA 2)
15117		135,39	2264,2		1718	1718	C3569 770	980			PI ALERT A+ALTO-PIL-REQ+DOT SMS
15118		295,35	2304,25	1	2143	2143	C4735 834	916			MI FOD
15119		-3,5	2403,5		2694	2694	C1624 1221	529			MP INSP. FASE
15120		611,5	2238,45		2596	2596					FP RDR TX+TVELU+G.MOTOR+SUBST. GUN+RWR+LED FCNP
15121	2	236,3	4017,25	21,45	745	745	C2586 1555	195			PI MF DF BATT FA IL+EMU+MF DESQ NÃO GRAVO UHDM+CX SEGURANÇA
15122	3,35	33,5	3306,2	26,55	182	182	8	163			PI FCR
15123		-1,1	3732,05		418	418	877	1216			MP INSP FASE
15124		203,05	3517,5	3,3	243	243	C4697 1413	337			PI ALERT A+GPS
15125		-3061,35	3061,35					1750			DOCA 4
15126	3,35	256,1	3082,35	18,35	32	32	C1864 1681	69			MI SFS 1000+MFL GPS 005+SISTEMA HID B
15127	2	254,54	3093,1	13,2	29	29	C4708 1693	57			PI CURSORES+THMS+CHAFT
15128		294,25	3038,55	3,5	7	7	C3478 1727	23			MI SUBST. QUADRANTE+CTRL
15133		123,25	3958,3		959	959	C4680 593	1157			MP MOD M6+INST. MOTOR+TCTO ABC+PINTURA
15134		172,3	3179,05		84	84	C1122 1647	103			MI RWR+CA DC LIGHT+VHF+UHF
15137	3,35	253,55	3046,15	19,25	504	504	631	1432			MP MOD A TD+GUN
15138		244,3	3435,45	1,15	546	546	C1387 1728	22			PI TGP+EC+S+SWITCH LASER ARMA+VTR
15139	3,35	2,4	3797,2	25,1	671	671	1884	1485			

Anexo 3 - Ficheiro Mestre (Excel)

Visão geral da Frota

Componentes

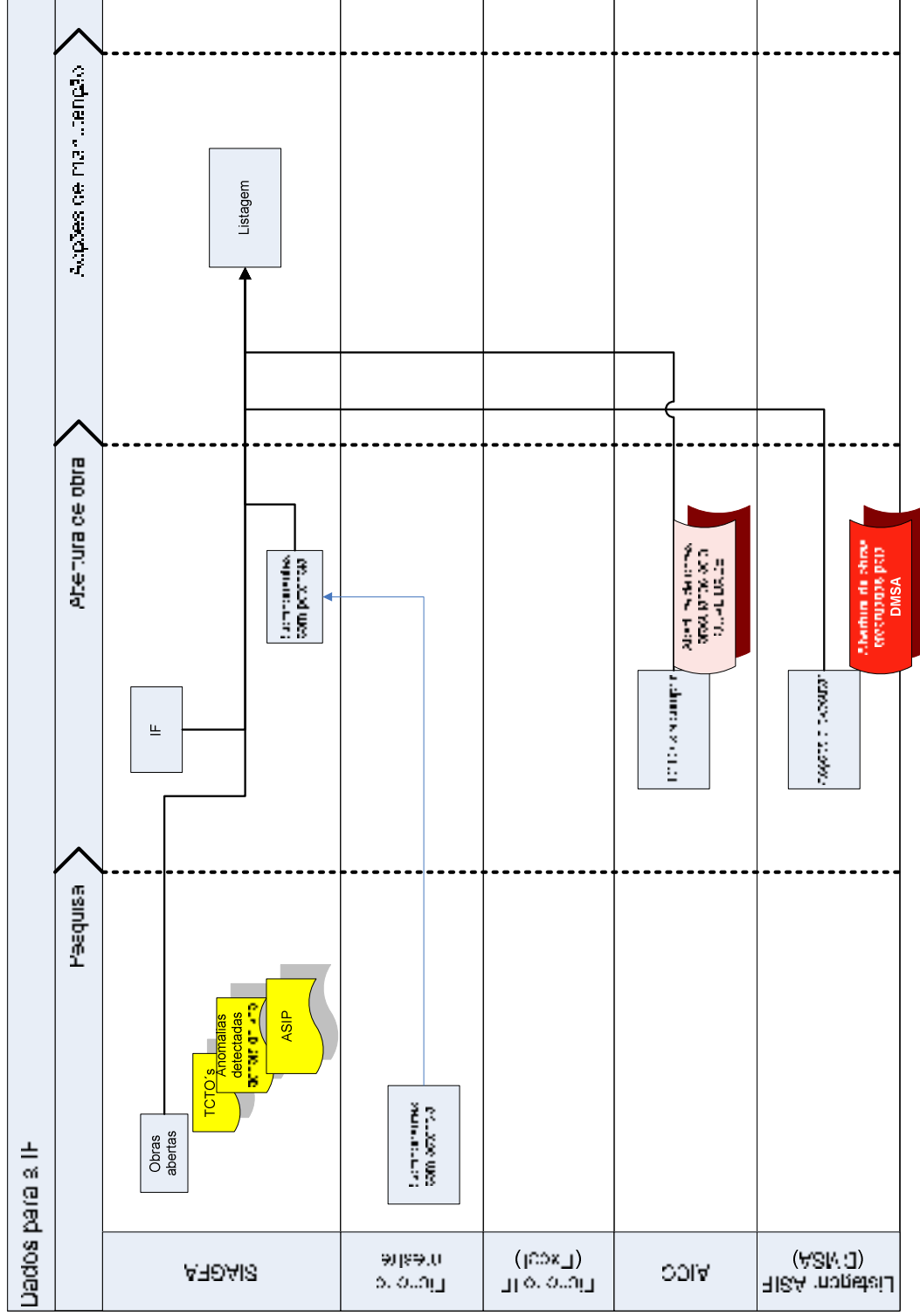
Até: 19-Mar-09		ou		20		horas		a		20-Mar-09	
Manutenção Programada no período de 01-Jan-94											
Sector	CUT	Interv.	Descrição	Nº Cauda	15101	15102	15103	15104	15105	15106	15107
				Horas Avião	1907	2359	2169	1769	2336	2293	2116
MFWD	24BAD	45 D	Substituir Detector de Fugas de EPU	DOCA 4		PI	PI	DOCA 4	OGMA	FP	PC
M1E		45 D	Efectuar Lavagem e Lubrificação do Avião			20-Fev-09	23-Jan-09	07-Jan-09	26-Out-08	06-Fev-09	14-Mar-09
MFL	0412K	2 M	Insp. Funcional 60 dias ao Sistema do Caudão M61A1 (PT1F-16A-33-1-2)			02-Mar-09	10-Jan-09	24-Fev-09	14-Abr-08	20-Out-08	14-Mar-09
MFL		1M	Lubricate Gun Assembly (JG94-50-11)			15-Mar-09					17-Fev-09
MFL	0412L	2 M	Insp. Funcional 60 dias-Est. #1(PT1F-16A-33-1-2)			18-Nov-07	27-Dez-07			07-Nov-08	22-Mai-08
MFL	0412L	2 M	Insp. Funcional 60 dias-Est. #2(PT1F-16A-33-1-2)			15-Mar-09					17-Fev-09
MFL	0412L	2 M	Insp. Funcional 60 dias-Est. #3(PT1F-16A-33-1-2)							23-Jan-09	
MFL	0412L	2 M	Insp. Funcional 60 dias-Est. #4(PT1F-16A-33-1-2)			15-Mar-09					
MFL	0412L	2 M	Insp. Funcional 60 dias-Est. #5(PT1F-16A-33-1-2)			15-Mar-09					
MFL	0412L	2 M	Insp. Funcional 60 dias-Est. #6(PT1F-16A-33-1-2)			15-Mar-09					
MFL	0412L	2 M	Insp. Funcional 60 dias-Est. #7(PT1F-16A-33-1-2)							23-Jan-09	
MFL	0412L	2 M	Insp. Funcional 60 dias-Est. #8(PT1F-16A-33-1-2)								
MFL	0412L	2 M	Insp. Funcional 60 dias-Est. #9(PT1F-16A-33-1-2)			15-Mar-09					
MFL	0412L	2 M	Inspecção de 90 dias LAU - Est. #1 (JG94-37-13/14)								17-Fev-09
MFL			Inspecção de 90 dias LAU - Est. #2 (JG94-37-13/14)								19-Mar-09
MFL			Inspecção de 90 dias LAU - Est. #3 (JG94-37-13/14)								
MFL			Inspecção de 90 dias LAU - Est. #4 (JG94-37-13/14)								
MFL			Insp. 180 dias MAU-12 - Est. #5 (JG94-34-11)								
MFL			Insp. 180 dias MAU-12 - Est. #6 (JG94-34-11)								
MFL			Remover LAU p/ Insp. 18M - Est. #1								
MFL			Remover Adapter p/ Insp. 18M - Est. #2								
MFL			Remover LAU p/ Insp. 18M - Est. #2								
MFL			Remover Prefom p/ Insp. 18M - Est. #3								
MFL			Prev. Geral A24 / 01 / 02 / 03 / 04 / 05 / 06 / 07 / 08 / 09 / 10 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17 / 18 / 19 / 20 / 21 / 22 / 23 / 24								

Aeronaves da Frota

A 15106 e a 15107 têm de efectuar a inspecção de 90 dias ao LAU, a mudança de cor dá alerta para as aeronaves cuja data está mais próxima.

Acesso à listagem dos componentes por aeronave

Anexo 5 – Processamento do DPP Final



Anexo C



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica

Dissertação para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica Ramo de Manutenção e Produção, com a temática de:

Leanness na Manutenção Aeronáutica

RELATÓRIO

Lean na Inspeção de Fase:

Perspectiva actual com dados do SIAGFA

Elaborado por:

Aluna do ISEL nr. 30407 Sandra Ribeiro

INDICE

1	Introdução	4
2	Pesquisa no SIAGFA	5
3	Cartas de Trabalho	9
3.1	Cartas Básicas.....	9
3.2	Adicionando as Cartas Oriundas	11
3.3	Adicionando todas as Cartas de Trabalho	12
4	Áreas de Trabalho críticas	14
4.1	Cartas Básicas.....	14
4.2	Adicionando as Cartas Oriundas	15
4.3	Adicionando todas as cartas	17
5	Duração da Inspeção	19
6	Conclusões	21

Imagens

- **Imagem 1** - Alguns dos dados recolhidos no SIAGFA
- **Imagem 2** - Obtenção de dados da IF (SIAGFA)

Tabelas

- **Tabela 1** – Horas Homem das Cartas Básicas, por área de trabalho
- **Tabela 2** – Horas Homem das cartas básicas e Oriundas, por área de trabalho
- **Tabela 3** – Horas Homem de todas as Cartas de Trabalho, por área de trabalho
- **Tabela 4** – Áreas críticas das Cartas Básicas
- **Tabela 5** – Áreas críticas das Cartas Básicas e Oriundas
- **Tabela 6** – Áreas críticas das Cartas Básicas, Oriundas e Adicionais

ANEXOS

- **Anexo 1** – Calendarização de acções de manutenção

ABREVIATURAS

- **SIAGFA** – Sistema Integrado de Apoio à gestão na Força Aérea
- **IF** – Inspeção de Fase
- **ISEL** – Instituto Superior de Lisboa
- **T.O.** – *Technical Order*
- **CUT** – Código de Unidade de trabalho
- **ASIP** – *Aircraft Structural Integrity Program*
- **TCTO** – *Time Compliance Technical Order*
- **CQD** – código Quando Descoberto

1 Introdução

O relatório aqui apresentado advém de pesquisas efectuadas no Sistema Integrado de Apoio à Gestão na Força Aérea (SIAGFA), para o estudo de caso sobre a implementação de *Lean* na Inspeção de Fase (IF) das aeronaves F-16, a decorrer para tese de Mestrado de Engenharia Mecânica, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), com a temática “*Leanness* na Manutenção Aeronáutica”.

A IF está prevista a cada 300 Horas de Voo do F-16, tem as suas acções de manutenção bem identificadas na Ordem Técnica (T.O.) definida pelo Fabricante. Quando uma aeronave vai realizar a IF, por conveniência dos meios envolvidos não só realiza os trabalhos específicos da T.O, mas sofre outros tipos de intervenções, tal como, acções de manutenção que são programadas para se executarem nesse período, ou anomalias detectadas durante a própria realização da IF.

É na aplicação informática SIAGFA que é registada toda a informação da Inspeção, tanto as áreas de trabalho que estiveram envolvidas, horas por homem despendidas, tipo de anomalias existentes, dia da acção da manutenção, entre muitos outros dados.

Assim, considera-se importante ter uma perspectiva do decorrer da implementação de *Lean*, visto que a mesma se iniciou em 05JAN09, com dados concretos fornecidos por este sistema informático.

O estudo incidiu nas quatro aeronaves em que, até à recolha final dos dados, todas as acções se encontravam registadas no SIAGFA, e são as aeronaves com os números de cauda: 15123, 15119, 15139 e 15122.

O relatório incide na forma como se obtiveram os dados na aplicação informática, nas Horas por homem gastas por cada área de trabalho durante a Inspeção de Fase, na identificação de áreas de trabalho críticas e, para finalizar, a quantificação de dias de trabalho despendidos para a realização da inspeção, de cada aeronave.

Todos os valores obtidos foram arredondados à décima.

2 Pesquisa no SIAGFA

Para obtenção de informação no SIAGFA foi de extrema importância a definição dos termos da pesquisa, garantindo-se assim uma uniformização na recolha dos dados comparativos das aeronaves envolvidas.

As acções de manutenção a executar numa aeronave são identificadas pelas Cartas de Trabalho, que são de 3 (três) tipos e de uma forma genérica temos as:

Cartas Básicas - Para execução de manutenções programadas, onde se inclui a IF;

Cartas Oriundas – Acções que decorrem da detecção de anomalias após o início de uma manutenção;

Cartas Adicionais – Corresponde às restantes intervenções realizadas na aeronave (ex. cumprimento de T.O's, anomalias detectadas em voo, entre outras).

Associadas às Cartas de Trabalho temos as áreas que executaram intervenções na aeronave, as Horas/Homem gastas, o tipo de intervenção efectuado, a especialidade dos elementos envolvidos, datas de abertura e fecho da Obra, dia em que a intervenção foi efectuada, etc. Será esta a informação registada no SIAGFA sempre que ocorre uma intervenção numa aeronave.

Na obtenção dos dados no SIAGFA, para a elaboração deste relatório, tiveram ser bem identificadas os tipos de cartas de trabalho, assim para cada uma delas temos agregadas as Horas de trabalho, o nr. de elementos e as áreas de trabalho envolvidas e o dia da sua execução. Para tal acontecer foram seguidas as seguintes premissas na pesquisa:

Carta Básica, vai corresponder às acções de manutenção com o Código de Unidade de Trabalho (CUT) da IF, com o nr. **0341G-Z**, identificado na T.O. e que corresponde a um único nr. de Obra, a **Imagem 1** ilustra alguns dos dados obtidos na pesquisa para uma melhor compreensão.

Intervenção	C U T	Nr. Obra	Nr. Obra		Espec	Data Execução	T Ext (min)	TNor (min)	Sector
			Fecho	Abertura					
Efectuar Inspeção de Fase de 300H	0341G-Z	16521	2010-01-14	2009-09-30	MMA	2009-11-02	0	240	MFF
			2010-01-14	2009-09-30	MMA	2009-12-23	10	360	MFF
			2010-01-08	2009-09-30	MELIAV	2009-12-28	0	420	MFV
			2010-01-14	2009-09-30	MARME	2009-11-19	20	120	MFI
			2010-01-14	2009-09-30	MARME	2009-12-18	0	10	MFL
			2009-12-03	2009-09-30	MMA	2009-11-03	0	300	MCC

Imagem 1 – Alguns dos dados recolhidos no SIAGFA

Da informação recolhida temos, nas primeiras 3 (três) colunas, a descrição do tipo de intervenção que a aeronave está sujeita, o CUT associado à mesma e o nr. de obra atribuída a essa inspeção. Os dados subsequentes estão associados ao Nr. de Obra, onde temos quando é que foram iniciados e posteriormente encerrados os trabalhos para os vários sectores; as especialidades dos militares envolvidos na intervenção; a data de execução de uma tarefa e o a duração da mesma, onde neste último caso é registado o tempo determinado pelo fabricante, na T.O., para a execução da tarefa (visível na coluna 9), caso seja necessário mais tempo que o descrito na T.O. então regista-se esse extra (visível na coluna 8).

Cartas Adicionais, são as acções de manutenção que estão associadas ao nr de obra da IF, mas vão ter CUT's diferentes de 0341G-Z, sendo exemplo destas intervenções as *Aircraft Structural Integrity Program*¹ (ASIP), cumprimento das *Time Compliance Technical Order*² (TCTO), ensaios não destrutivos, etc. Também podem corresponder a obras abertas para aquela aeronave, mas com uma data anterior à obra da IF, sendo neste caso acções que não foram executadas quando detectadas, mas que o são no período da paragem para a realização da IF.

Cartas oriundas, são anomalias imprevistas detectadas durante a IF, podendo as mesmas ser associadas ao nr. de obra da IF ou não, mas que têm uma data posterior à aberta da IF, e o código quando descoberto (CQD) = P2 (durante a Inspeção periódica, básica ou por Fase).

¹ Inspeções à integridade estrutural da aeronave

² Acções executadas no tempo definido pelo fabricante

Os dados foram pesquisados no SIAGFA, da seguinte forma:

Consultas → Consultas diversas → Gestão da manutenção → Obras

O que se vai obter é a janela da **Imagem 2** que se segue.

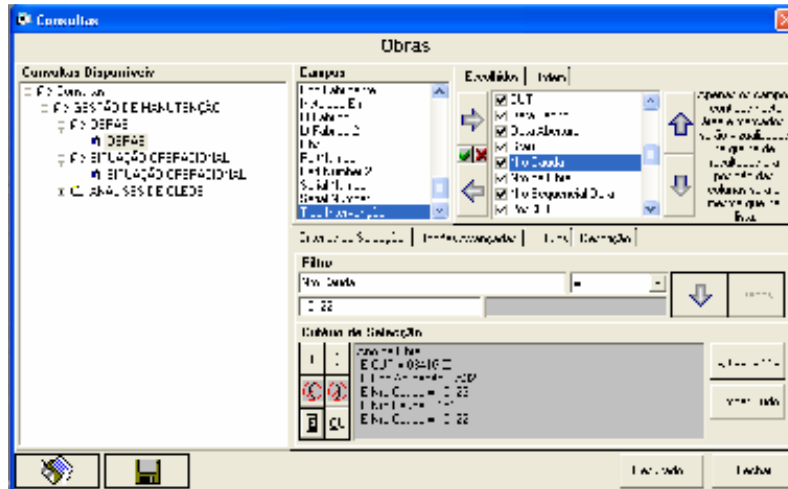


Imagem 2- Obtenção de dados da IF (SIAGFA)

A selecção dos campos a visualizar são:

- **Ano da obra** – Ano de execução da Obra;
- **Anomalia** – Tipo de Intervenção efectuada;
- **CQD** – Código Quando Descoberto a anomalia;
- **CTM** - Código Tipo Manutenção;
- **CUT** – Código de Unidade de Trabalho;
- **Fecho** – Data e hora do fecho da Obra de IF;
- **Abertura** – Data e Hora de abertura do Nr. de Obra;
- **Nr. Cauda**- Nr. Identificativo da aeronave intervencionada;
- **Nr. Obra Principal** – Nr de Obra associada á intervenção realizada;
- **Nr. Obras associadas** – Para a IF, as acções de manutenção que cada área de trabalho tem de executar ficam associadas ao nr. de obra principal, exemplo a Obra principal tem o nr. 15123 e corresponde a efectuar a IF de 300H ; a associada tem 15123/6 a realizar pela área/sector de Pneudraulicos;

- **Especialidade** – Especialidade do militar que executa a acção de manutenção
- **Data de acção** – data em que foi registada no SIAGFA a acção de manutenção, pode não corresponder ao dia em que foi executado.
- **Tempo Normal (min)** – são os tempos que o fabricante define como necessários para a execução de determinada tarefa, em minutos.
- **Tempo Extraordinário (min)**– Tempo para além do **Tempo Normal**, tempo extra para além do determinado pelo fabricante, em minutos.
- **Sector** – Área de trabalho que executou uma acção de manutenção.

Para além da selecção dos campos de pesquisa, temos de definir os critérios de selecção para as cartas Básicas, sendo os mesmo através de:

Nr. cauda = da aeronave a entrar em IF

CUT= 0341G-Z, corresponde ao CUT da IF.

Os dados obtidos foram importados para Excel, para serem trabalhados.

Para a selecção das restantes cartas de Trabalho, obtemos da Carta Básica a data de início e fim da obra da IF, e então aplica-se os seguintes critérios:

Nr. cauda = da aeronave a entrar em IF

Data de acção <= data de fim da obra da IF

E **Data de acção**>= data de inicio de obra

E **CUT** <> 0341G-Z (com o CUT diferente da IF, pois isso corresponde às Cartas Básicas)

Esta selecção fornece a listagem total das cartas Adicionais e oriundas dentro do período de execução da IF. Estes dados são também importados para Excel.

Desta última listagem, filtro as Cartas Oriundas através do campo.

CQD=P2 (durante a Inspeção periódica, básica ou por Fase).

As restantes serão as Cartas Adicionais.

3 Cartas de Trabalho

Nesta fase já se obteve do SIAGFA os resultados da pesquisa, estes correspondem às Cartas de Trabalho das aeronaves que já realizaram IF com a implementação *Lean*, ou seja, que iniciaram a IF a partir de 05JAN09. As aeronaves envolvidas são os F-16 com o nr. de cauda 15123, 15119, 15139, 15122, 15124, 15134 e 15137, sendo esta a ordem de entrada em inspeção. As aeronaves que vão ser contempladas neste estudo serão só as 4 primeiras, visto serem, até à data de recolha de dados, as aeronaves com a IF totalmente fechada no SIAGFA.

Segue-se o resumo das Horas por Homem gastas, nas áreas de trabalho, por aeronave, mas sempre focando nas cartas de trabalho. Assim, temos a percepção tanto das Horas, como das áreas envolvidas numa inspeção. E mais, tendo em conta que uma IF com a implementação de *Lean* deveria ser realizada em 40 dias, com 7 (sete) horas de trabalho diário, também conseguimos verificar quanto homens diários são necessários para a realização da mesma nesse período.

Os tempos registados no SIAGFA e depois reflectidos nas várias tabelas deste relatório, dizem respeito ao somatório das Horas Normais (tempos definidos na T.O, não sendo necessariamente os tempos reais de trabalho) e a Horas Extraordinárias (quando as acções demoram mais tempo que o definido na T.O, este valor será só referente a esse tempo extra).

3.1 Cartas Básicas

Vamos então analisar, para as aeronaves intervencionadas, quais as áreas de trabalho³ envolvidas na inspeção definida por T.O. para a IF. Os tempos calculados referem-se a horas totais, que incluem tanto as horas normais como as horas extraordinárias, os resultados são visíveis na **Tabela 1** que se segue.

³ No SIAGFA vem referenciados como sectores de trabalho, ao longo deste relatório surge como áreas de trabalho

Cartas Básicas (HorasTotais/Homem)					
Áreas de trabalho		15123	15119	15139	15122
Área de planeamento e Controlo	APC	2,5	2,0	3,0	
Doca 4 Pneudraulicos	D4D	4,0			
Sistema de Ejeção	M6X	4,2	4,7	4,7	6,0
Controlo de corrosão	MCC	28,0	42,5	95	65,0
Motores F16	MFB	55,0	16,5	5,7	20,8
Controlo Ambiental F16	MFC	31,0	13,0	45	11,0
Pneudraulicos F16	MFD	78,0	52,0	116	50,0
Combustivel hidrazina F16	MFF	73,0	103,0	72	163,5
Inspeção Aviões F16	MFI	54,2	71,0	192,5	73,0
Comunicações Radio Ajuda G Elect F1	MFJ	8,2	8,0	5,3	10,3
Electricidade de Avião F16	MFK	49,0	48,0	89,0	77,0
Armamento F-16	MFL		1,2	1,5	0,5
Navegação e tiro F16	MFT	6,3	8,0	7,1	4,3
Instrumentos-Comandos Voo F16	MFV	22,5	17,0	16,5	21,0
Linha da Frente F16 Crewchiefs	MFW				7,0
Qualidade Manutenção Aeronave	QMA	17,3		3,7	0,5
HORAS TOTAIS		433,2	386,9	657,0	509,9

Tabela 1- Horas Homem das Cartas Básicas, por área de trabalho

Da tabela anterior verifica-se que são no total **16** as áreas de trabalho envolvidas na Inspeção de Fase das 4 aeronaves, dessas as áreas que não são comuns a todas as aeronaves, são a: **APC; D4D; MFL; MFW e QMA.**

Da **Tabela 1** vamos retirar o valor das Horas Homem totais de cada aeronave, dando assim perspectiva dos homens por dia necessários para a realização das acções de manutenção das Cartas Básicas.

Cartas Básicas		
Aeronaves	Horas Totais	Homens /Dia
15123	433,2	1,5
15119	386,9	1,4
15139	657,0	2,3
15122	509,9	1,8
Média Total	496,8	1,8

Assim verifica-se que para as 4 (quatro) aeronaves temos uma média de **496,8** Horas Totais de trabalho, para a realização das acções de manutenção da IF, em 40 dias com 7 Horas diárias, são necessários em média **1,8** Homens por dia. Conseguindo-se verificar que só no caso da 15139 é que se ultrapassa esse valor diário.

3.2 Adicionando as Cartas Oriundas

É normal, decorrente de uma IF, que se detecte outras anomalias que não se previam e as mesmas serem executadas nesse período. Tendo em conta essas acções inopinadas, vamos então adicionar as Horas por Homem gastas nas Cartas Oriundas às Cartas Básicas anteriormente identificadas, conforme **Tabela 2** que se segue.

Cartas Básicas e Oriundas (HorasTotais/Homem)					
Áreas de trabalho		15123	15119	15139	15122
Área de planeamento e Controlo	APC	4,2	4,5	4,5	
Doca 4 Pneudraulicos	D4D	5,0			2,3
Estruturas Aeronaves	M1E	26,0	21,0	57,0	8,0
Sistema de Ejecção	M6X	4,2	4,7	12,7	6,0
Controlo de corrosão	MCC	28,0	42,5	95,0	65,0
Motores F16	MFB	55,0	16,5	34,2	71,3
Controlo Ambiental F16	MFC	31,0	13,0	57,0	11,0
Pneudraulicos F16	MFD	128,4	77,1	176,3	109,8
Combustivel hidrazina F16	MFF	84,0	103,0	72,0	163,5
Inspecção Aviões F16	MFI	64,5	84,3	212,9	76,5
Comunicações Radio Ajuda G Elect F1	MFJ	8,2	8,0	9,6	10,3
Electricidade de Avião F16	MFK	49,0	48,0	97,0	77,0
Armamento F-16	MFL	0,7	1,2	1,5	0,5
Navegação e tiro F16	MFT	6,3	17,3	7,1	4,3
Instrumentos-Comandos Voo F16	MFV	22,5	17,0	18,8	21,0
Linha da Frente F16 Crewchiefs	MFW				8,5
Qualidade Manutenção Aeronave	QMA	17,3		3,9	0,5
HORAS TOTAIS		534,3	458,1	859,5	635,5

Tabela 2 – Horas Homem das cartas básicas e Oriundas, por área de trabalho

Neste caso temos o acréscimo de uma área de trabalho o sector de Estruturas (**M1E**), que absorveu mão de obra em todas as aeronaves. As áreas que não se reflectiram

por todas as aeronaves são 4 (quatro): **APC**; **D4D**; **MFW** e **QMA**, sendo também áreas mencionadas, como não comuns, nas Cartas Básicas.

Analisando as Horas Homem totais da **Tabela 2**, para cada aeronave, temos então os seguintes valores para os homens por dia necessários para realizar as acções de manutenção das cartas básicas e oriundas, no período da IF.

Cartas Básicas + Oriundas		
Aeronaves	Horas Totais	Homens /Dia
15123	534,3	1,9
15119	458,1	1,6
15139	859,5	3,1
15122	635,5	2,3
Média Total	621,9	2,2

Com a junção das Cartas Oriundas às Cartas Básicas, temos um acréscimo na média total das 4 aeronaves de cerca de 125 Horas de trabalho. Esse aumento significa que necessitamos neste momento, para os 40 dias da IF, de **2,2** Homens por dia e não os 1,8 Homens referenciados para as Cartas Básicas. Nesta situação para além da 15139 também a 15122 ultrapassa este valor diário.

3.3 Adicionando todas as Cartas de Trabalho

Vamos agora à análise das horas totais gastas durante o período de IF, ou seja, decorrente de todas as Cartas de Trabalho.

Convém lembrar que as Cartas Adicionais são acções planeadas para execução, mas é efectuado o aproveitamento da paragem da aeronave para IF para o seu cumprimento, e corresponde a acções como: controlo do potencial dos componentes; inspecção da integridade estrutural da aeronave; cumprimento de TCTO's e anomalias detectadas em voo que aguardam oportunidade para serem executadas.

Do SIAGFA temos então os dados vertidos na **Tabela 3** que se segue:

Cartas Básicas, Oriundas e Adicionais (HorasTotais/Homem)					
Áreas de trabalho		15123	15119	15139	15122
Área de planeamento e Controlo	APC	25,5	38,0	12,9	1,7
Doca 4 Pneudraulicos	D4D	9,0	5,0		6,3
Doca 4 Instrumentos e comandos de voo	D4V			5,0	
Doca 4 Electricidade	D4K				5,5
Estruturas Aeronaves	M1E	28,0	215,0	87,0	68,0
Sistemas de Pneudraulicos	M1P				40,2
NDI SOAP	M1R	136,5	168,5	104,0	161,5
Oficina de Armamento	M5L		2,0		
Equipam de voo e sobrevivência	M6M	5,0	2,3	6,7	1,2
Sistema de Ejecção	M6X	44,7	87,8	32,8	23,8
Controlo de corrosão	MCC	85,0	178,5	114,5	126,0
Motores F16	MFB	146,0	67,2	104,7	143,0
Controlo Ambiental F16	MFC	93,0	73,0	103,5	110,3
Pneudraulicos F16	MFD	251,3	255,3	226,7	173,9
Combustivel Hidrazina F16	MFF	169,5	233,0	72,0	370,0
Inspeção Aviões F16	MFI	162,2	261,5	261,8	190,2
Comunicações Radio Ajuda G Elect F1	MFJ	55,8	41,5	52,8	104,1
Electricidade de Avião F16	MFK	163,5	188,5	155,5	232,5
Armamento F-16	MFL	3,8	33,7	43,3	148,8
Navegação e tiro F16	MFT	68,2	34,5	55,4	85,4
Instrumentos-Comandos Voo F16	MFV	80,5	37,0	74,3	101,0
Linha da Frente F16 Crewchiefs	MFW	3,0	4,5	7,4	308,2
Qualidade Manutenção Aeronave	QMA	39,0	0,3	4,3	0,5
HORAS TOTAIS		1569,5	1927,1	1524,6	2402,1

Tabela 3- Horas Homem de todas as Cartas de Trabalho, por área de trabalho

São **23** as áreas de trabalho envolvidas, são **5** (cinco) as áreas não comuns entre as aeronaves: **D4D**; **D4V**; **D4K**; **M1P** e **M5L**, as últimas 4 (quatro) áreas específicas das Cartas Adicionais, a primeira é uma das áreas que é referenciada em todos os pontos anteriores.

Cartas Básicas + Oriundas + Adicionais		
Aeronaves	Horas Totais	Homens /Dia
15123	1569,5	5,6
15119	1927,1	6,9
15139	1524,6	5,4
15122	2402,1	8,6
Média Total	1855,8	6,6

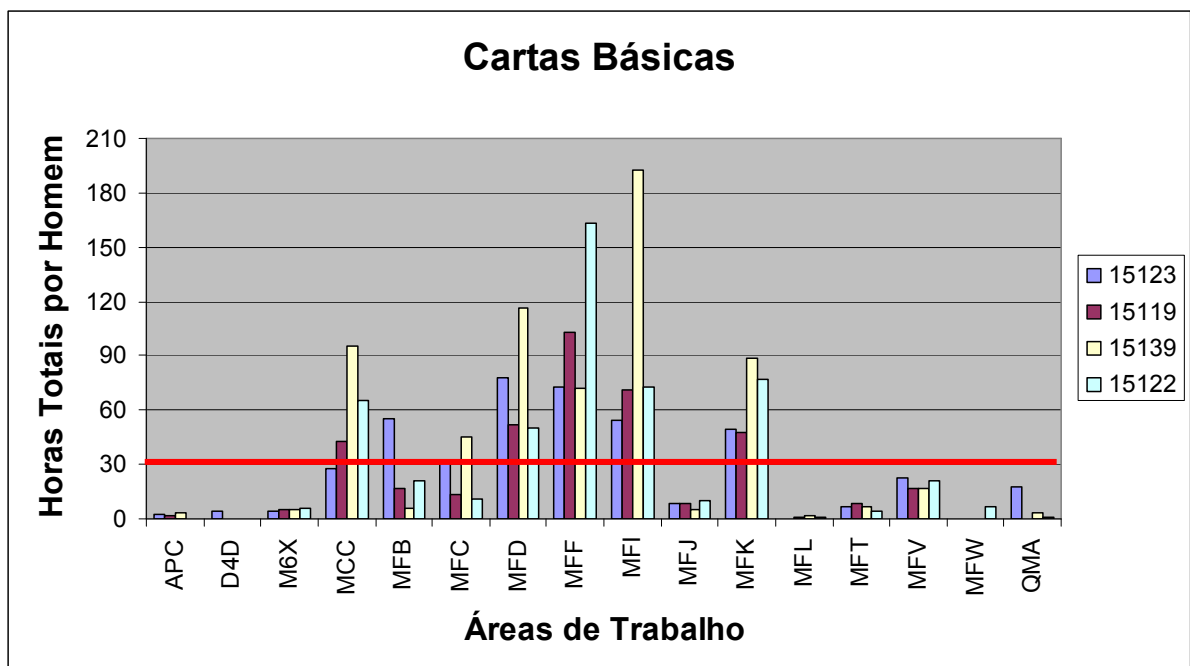
Analisando as Horas totais da **Tabela 3**, verifica-se que temos cerca do triplo de valores para as acções que foram verificadas no ponto 3.2, e dos homens necessários para a execução da Inspeção em 40 dias. Mas neste ponto as aeronaves que ultrapassaram os valores diários foram a 15122 e a 15119.

4 Áreas de Trabalho críticas

Analisando as horas de trabalho, do ponto 3, executadas para cada aeronave, vamos ter a percepção das áreas críticas associadas a cada uma das cartas.

4.1 Cartas Básicas

Considerando que a média total das Horas de trabalho por Homem é de **496,6** e que abrange **16** áreas que vão intervir neste tipo de Cartas, consegue-se obter um valor médio de ≈ 31 Horas de trabalho por área. Através do gráfico seguinte vão ser visíveis as áreas com valores iguais ou superiores a esse valor médio (acima da linha vermelha), correspondendo assim a todas as áreas críticas das Cartas Básica.



Na **Tabela 4**, que se segue, **só** ficaram representadas as áreas, de cada uma das aeronaves, com valores iguais ou superiores a esse valor crítico.

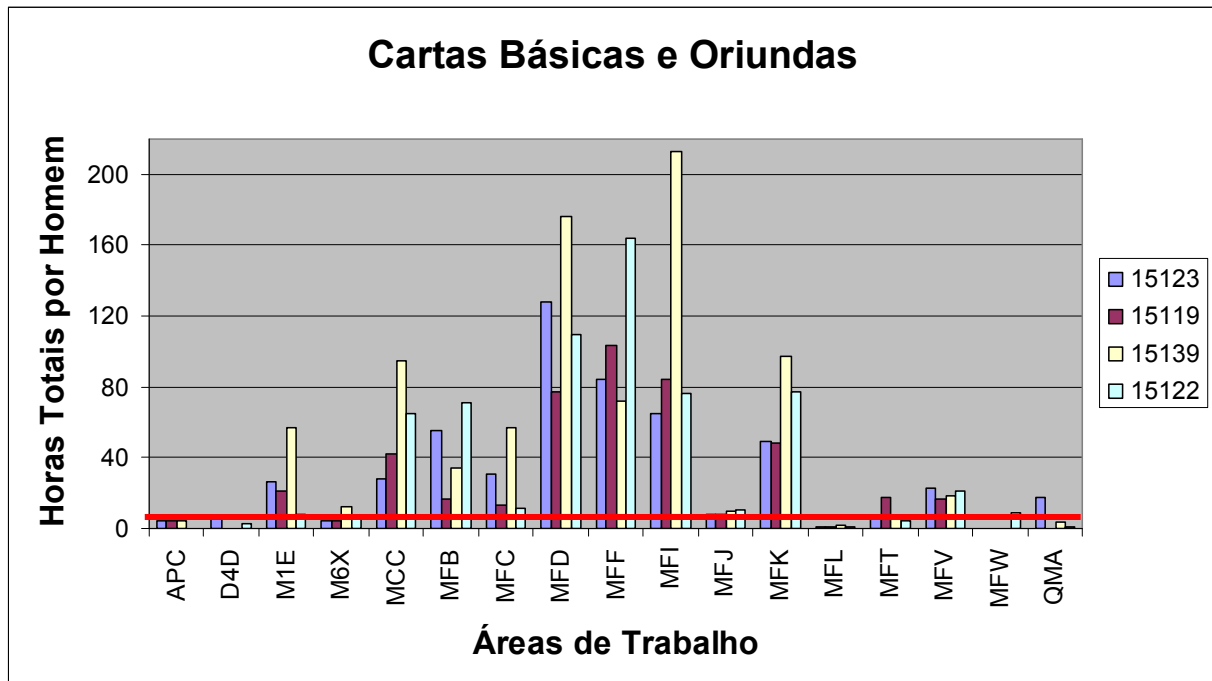
Cartas Básicas (Áreas Críticas)					
Áreas de trabalho		15123	15119	15139	15122
Controlo de corrosão	MCC		42,5	95	65,0
Motores F16	MFB	55,0			
Controlo Ambiental F16	MFC	31,0		45	
Pneudraulicos F16	MFD	78,0	52,0	116	50,0
Combustivel hidrazina F16	MFF	73,0	103,0	72	163,5
Inspeção Aviões F16	MFI	54,2	71,0	192,5	73,0
Electricidade de Avião F16	MFK	49,0	48,0	89	77,0

Tabela 4 – Áreas críticas das Cartas Básicas

Das 16 áreas de trabalho, temos 7 áreas com valores de Horas de trabalho considerados críticos. Mas destas, só 4 áreas são comuns a todas as aeronaves, e são: **MFD; MFF; MFI e MFK**. Tendo algumas delas valores significativamente acima das 31 Horas por Homem definido como valor crítico.

4.2 Adicionando as Cartas Oriundas

Agora temos a média total das Horas de trabalho de **621,9** e temos **17** áreas que intervêm nas Cartas Básicas e Oriundas, obtém-se então o valor de \approx **37** Horas Homem por área. As áreas com valores iguais ou superiores a este indicador de área crítica (linha Vermelha) são identificadas no gráfico seguinte.



Na **Tabela 5**, só ficaram representadas as áreas de trabalho, com valor igual ou superior a esse indicador de valor crítico.

Cartas Básicas e Oriundas (Áreas Críticas)					
Áreas de trabalho		15123	15119	15139	15122
Estruturas Aeronaves	M1E			57	
Controlo de corrosão	MCC		42,5	95	65,0
Motores F16	MFB	55,0			71,3
Controlo Ambiental F16	MFC			57	
Pneudraulicos F16	MFD	128,4	77,1	176,3	109,8
Combustivel hidrazina F16	MFF	84,0	103,0	72	163,5
Inspeção Aviões F16	MFI	64,5	84,3	212,9	76,5
Electricidade de Avião F16	MFK	49,0	48,0	97	77,0

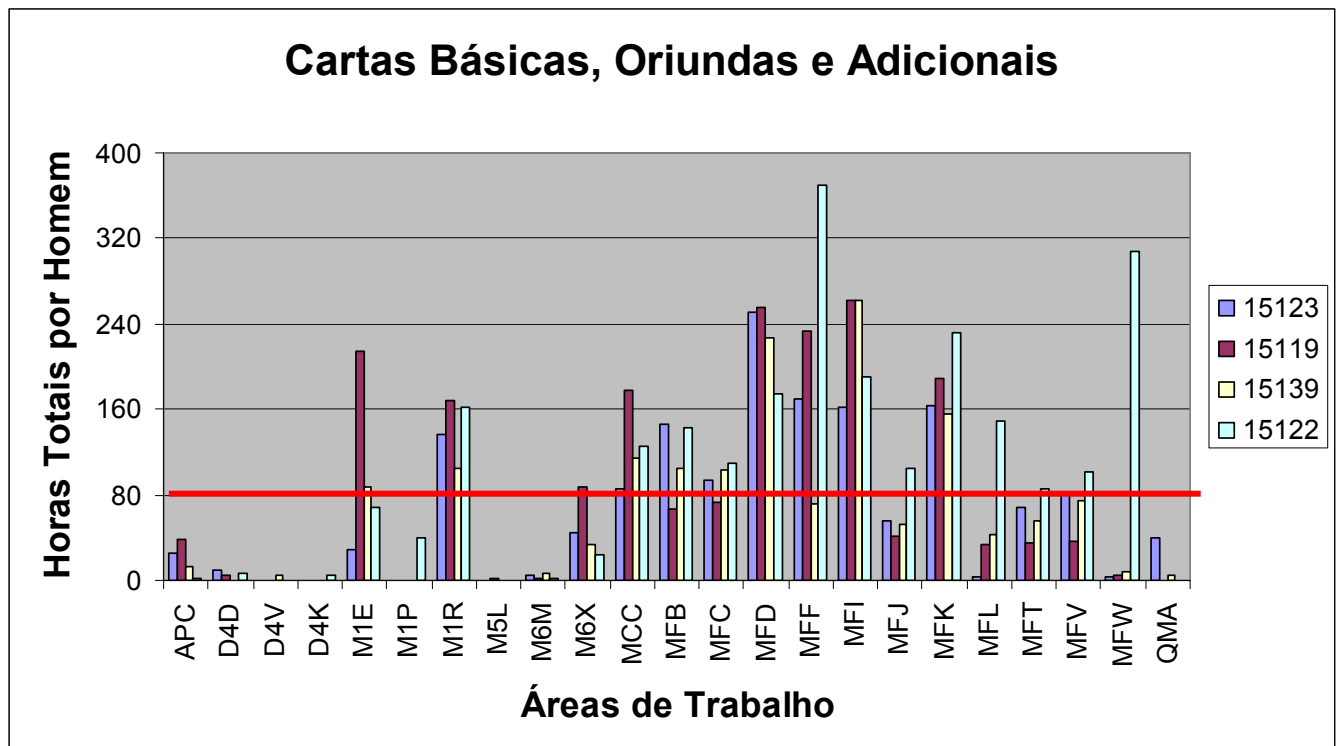
Tabela 5 – Áreas críticas das Cartas Básicas e Oriundas

Das 17 áreas de trabalho, temos 8 áreas com valores considerados críticos de Horas Homem, às áreas identificadas no ponto 4.1 foi acrescida a área **M1E**, mantendo-se as restante.

Constata-se que as áreas com valores críticos comuns a todas as aeronaves, são as mesmas das cartas Básicas, e são: **MFD; MFF; MFI e MFK**. Destas 4 áreas pode-se dizer que a **MFD** foi a que sofreu mais alterações, ocorrendo um aumento significativo de horas de trabalho em todas as aeronaves, comparativamente com a **Tabela 4** das Cartas Básicas. Mas todas as áreas têm valores bastante acima das 37 Horas críticas.

4.3 Adicionando todas as cartas

Neste caso temos uma média total das Horas de trabalho de **1855,8** e temos **23** áreas, alcança-se então o valor de \approx **81** Horas Homem por área, será este o valor definido como crítico, a linha vermelha do gráfico que segue. Todas as áreas com valores iguais ou superiores a este serão consideradas críticas.



A **Tabela 6**, tal como as tabelas anteriores vai somente identificar as áreas de cada aeronave com valores iguais ou superiores ao valor crítico.

Cartas Básicas, Oriundas e Adicionais (Áreas Críticas)					
Áreas de trabalho		15123	15119	15139	15122
Estruturas Aeronaves	M1E		215,0	87,0	
NDI SOAP	M1R	136,5	168,5	104,0	161,5
Sistema de Ejeção	M6X		87,8		
Controlo de corrosão	MCC	85,0	178,5	114,5	126,0
Motores F16	MFB	146,0		104,7	143,0
Controlo Ambiental F16	MFC	93,0		103,5	110,3
Pneudraulicos F16	MFD	251,3	255,3	226,7	173,9
Combustível Hidrazina F16	MFF	169,5	233,0		370,0
Inspeção Aviões F16	MFI	162,2	261,5	261,8	190,2
Comunicações Radio Ajuda G Elect F1	MFJ				104,1
Electricidade de Avião F16	MFK	163,5	188,5	155,5	232,5
Armamento F-16	MFL				148,8
Navegação e tiro F16	MFT				85,4
Instrumentos-Comandos Voo F16	MFV	80,5			101,0
Linha da Frente F16 Crewchiefs	MFW				308,2

Tabela 6 – Áreas críticas das Cartas Básicas, Oriundas e Adicionais

Neste caso já temos **15** áreas de trabalho com valores considerados críticos, bastante diferente dos casos anteriores, mas no geral os valores registados são bastante acima do valor considerado crítico. De todas as aeronaves a 15122 foi a que abrangeu mais áreas críticas, **13** delas.

Em comparação com as tabelas anteriores, já não temos a área **MFF** comum apesar de os valores registados serem muito superiores ao valor crítico. Das áreas comuns às 4 aeronaves temos agora: **M1R; MCC; MFD; MFI e MFK**.

5 Duração da Inspeção

Até esta fase já obtivemos as áreas de intervenção ao longo da Inspeção de Fase, com as respectivas horas de trabalho associadas, inclusive ficaram definidas as áreas críticas, para uma perspectiva geral só falta ter a percepção dos dias de trabalho envolvidos para cada uma das cartas, das aeronaves sujeitas à IF.

No **Anexo 1** são identificados, visualmente, os dias de intervenção nas cartas de trabalho. Esta calendarização corresponde aos dias registados no SIAGFA como “Data de Acção”, que em resumo será o seguinte:

	Dias de acção por aeronave (contabilizados feriados e fins de semana)			
	15123	15119	15139	15122
Cartas Básicas	32	24	37	34
Cartas Oriundas	14	14	18	12
Cartas Adicionais	35	40	53	133

Os valores apresentados são os dias em que ocorreu uma acção de manutenção na aeronave, sendo diferenciado por Carta de trabalho. Tal como indicado, foi inclusive contabilizado sempre que ocorreu uma intervenção num feriado ou dia de fim de semana.

Daqui se retira que as Cartas básicas, cartas específicas da Inspeção de Fase, conseguem ser realizadas em períodos inferiores a 40 dias, tal como previsto com a implementação do *Lean*.

As cartas Oriundas têm uma média de 14,5 dias de intervenção, podendo acontecer em paralelo com as Cartas Básicas.

Verifica-se que as Cartas Adicionais são as que consomem, nitidamente, mais dias de trabalho.

Se analisarmos o período de duração da Inspeção para cada uma das aeronaves, tendo em conta os dados introduzidos no SIAGFA referentes à data de abertura da obra da IF (Obra com o CUT 0341G-Z) e o encerramento dessa mesma obra, temos o seguinte:

		15123	15119	15139	15122
Datas da inspeção	Início	05-Jan-09	02-Fev-09	06-Mar-09	31-Mar-09
	Fim	20-Fev-09	27-Mar-09	16-Jun-09	26-Nov-09
Período total de inspeção (Dias uteis)		37	38	71	169

Tendo em conta que a IF com a implementação de *Lean* deveria ocorrer em 40 dias, o que verifica é que para a 15123 e 15139 esse período foi o suficiente para realizar as acções de manutenção de todas as Cartas de Trabalho, mas o mesmo não aconteceu para as outras duas aeronaves. Relativamente à 15139 e à 15122 existiram 18 e 36 dias onde não ocorreu nenhuma intervenção, considerando a diferença entre as Cartas adicionais, com mais dias de trabalho associado, e o período total de dias úteis da inspeção.

Em relação à 15139 o incidente mais significativo que prolongou o período de inspeção foi um dano estrutural que ocorreu acidentalmente, obrigando a contactos com o fabricante. Durante a análise desta ocorrência foi possível realizar outras acções mas a sequência de trabalhos da Carta básica foi interrompida prejudicando o tempo previsto para a execução da IF, pois teve de se remover o painel danificado, aguardar pelos componentes substitutos para a sua montagem e foi efectuada a sua pintura.

Na 15122 apurou-se uma série de atrasos por conjunturas que não se previam, como: fugas de Hidrazina, fugas de combustível, equipamento do teste hidráulico indisponível, a indefinição das inspeções de integridade estrutural a realizar, falha da indicação do nozzle position e a substituição da sua matrix associada, entre outras.

6 Conclusões

Tendo em conta que a Inspeção de Fase, com a implementação de *Lean*, já decorre desde o início do ano transacto, foi considerado importante obter uma panorâmica do trabalho já desenvolvido, sendo esta realizada através da recolha de informação da aplicação informática onde se registam todos os dados de inspeção.

De salientar que essa recolha no SIAGFA foi colossal, foram exportados os dados definidos como pertinentes para folhas de Excel para posterior tratamento, sendo os quantitativos dos dados a tratar visíveis na tabela que se segue, mas que perfaz o total de **4555** linhas do Excel que foram estudadas, para no final ser possível essa informação ser exposta nas tabelas exibidas ao longo deste relatório.

Aeronave	Nr. de linhas do Excel		
	Cartas Básicas	Cartas Oriundas	Cartas Adicionais
15123	187	62	722
15119	122	70	1031
15139	185	99	545
15122	139	55	1338

Tendo a recolha sido conseguida, foi possível verificar que nas Cartas Básicas, para as quatro aeronaves estudadas, temos **11** áreas/sectores de trabalho que são comuns às mesmas. Também se verifica que as áreas de trabalho que o não são, são a **APC; D4D; MFL; MFW** e **QMA**, onde os consumos de mãos de obra destas não são significativos tendo em conta os restantes tempos preconizados.

Quando às Cartas Básicas adicionamos os trabalhos das Cartas Oriundas (acções inopinadas), já temos um incremento de mais duas áreas comuns às quatro aeronaves, ou seja, **13** áreas/sectores de trabalho. As áreas não comuns são só neste caso **APC; D4D; MFW** e **QMA**, ou seja, das Cartas Básicas só a **MFL** é que passa a ser transversal às quatro aeronaves. Mais uma vez os tempos verificados para estas áreas não são valores significativos.

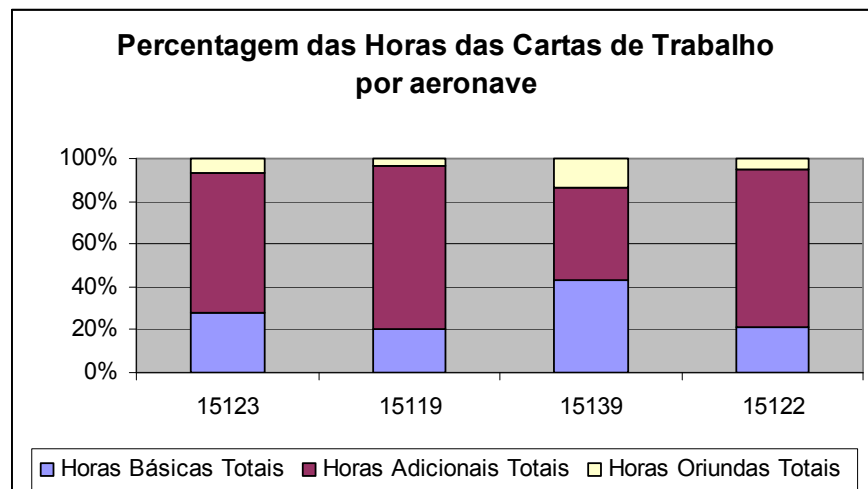
Abrangendo todas as Cartas de Trabalho já temos **18** áreas comuns a todas as aeronaves, os sectores que não o são, são a **D4D; D4V; D4K; M1P e M5L**, as últimas quatro áreas são específicas de trabalhos realizados nas Cartas Adicionais. Mais uma vez os valores reflectidos nas áreas não comuns não são valores tão elevados como os visíveis nas restantes áreas.

Também se obteve uma perspectiva dos tempos médios totais para cada uma das Cartas de trabalho pelas quatro aeronaves, e a mão de obra que seria necessária para a realização da mesma (tendo em conta que uma IF, devido à implementação de *Lean*, corresponderia a 40 dias com 7 Horas de Trabalho), que se reflecte na tabela seguinte.

	Valores médios referentes às quatro aeronaves	
	Horas Totais	Homens/dia
Cartas Básicas	496,8	1,8
Cartas Básicas e Oriundas	621,9	2,2
Todas as cartas	1855,8	6,6

Torna-se assim visível que o grande consumo de horas de trabalho é nas Cartas Adicionais, onde se passa para valores triplicados aos da junção das Cartas Básicas com as Oriundas.

O gráfico seguinte vai reflectir isso mesmo, que a percentagem de acções de manutenção executadas nas Cartas Adicionais correspondem ao maior consumo de Horas, mas agora visualizando para cada aeronave e diferenciando cada uma das Cartas de Trabalho.



Só na aeronave 15139 é que a percentagem dos trabalhos das Cartas Adicionais é de 43,6%, correspondendo ao valor mais baixo, nas restantes aeronaves rondam os 70%.

Deste trabalho também foi possível definir algumas áreas de trabalho críticas, recorrendo à média total de horas de trabalho, nas quatro aeronaves, e todas as áreas de trabalho que realizaram intervenção no processo da inspeção.

Onde nos deparamos que as áreas críticas e transversais às quatro aeronaves, tanto para as Cartas Básicas como adicionando as Cartas Oriundas, são as 4 (quatro) áreas reflectidas na tabela que segue, onde se diferencia os valores para as Cartas Básicas e quando adicionamos as Cartas Oriundas.

Áreas de trabalho		Média de Horas das quatro aeronaves	
		Cartas Básicas	Cartas Básicas e Oriundas
Pneudraulicos F16	MFD	74,0	122,9
Combustível hidrazina F16	MFF	102,9	105,6
Inspeção Aviões F16	MFI	97,7	109,6
Electricidade de Avião F16	MFK	65,8	67,8

De referir que os valores críticos definidos para se detectar as áreas críticas foram **31** Horas para as Cartas Básicas e **37** Horas quando lhes adicionamos as Cartas Oriundas. E como observamos os valores médios obtidos nestas áreas transversais às aeronaves são bastantes superiores aos valores críticos.

Ao se analisar todas as cartas, as áreas comuns nas aeronaves já não são as mesmas, das quatro áreas anteriores a **MFF** já não é comum, porque o valor crítico definido é de **81** Horas, e a 15139 já tem um valor inferior a esse, de 72 Horas. Assim as áreas críticas e transversais e o seu tempo médio de trabalho é o verificado na tabela que se segue.

Áreas de trabalho		Média de Horas das quatro aeronaves
		Todas as cartas
NDI SOAP	M1R	142,6
Controlo de corrosão	MCC	126
Pneudraulicos F16	MFD	226,8
Inspeção Aviões F16	MFI	218,9
Electricidade de Avião F16	MFK	185

Mais uma vez é visível que estas áreas de trabalho definidas como críticas têm valores médios significativamente acima do valor considerado crítico.

Analisadas as áreas e horas de trabalho envolvidas na inspeção, definidas algumas áreas críticas, vamos reflectir sobre a duração da IF para cada aeronave.

Verificou-se que as aeronaves 15123 e 15119 realizaram a IF, executando todas as cartas, dentro dos 40 dias estipulados pela implementação do *Lean*. As restantes aeronaves, a 15139 e 15122, ultrapassaram esse limite em 31 e 129 dias respectivamente. Mas também para estas duas aeronaves verificaram-se situações inopinadas que obrigou ao deslize do período previsto.

Na tabela que se segue, analisando o **Anexo 1**, foram contabilizados tanto os dias em que não se realizou nenhuma intervenção, os dias em que as acções ocorreram em feriados e fins de semana, como o período total de inspeção (referente à data de abertura e fecho do nr. de Obra da IF – com o CUT 0341G-Z), obtendo-se o seguinte:

Aeronave	Nr. de dias sem intervenção (dias uteis)	Nr. de dias de intervenção no fim de semana ou feriado	Período total inspeção (dias uteis)
15123	2	1	37
15119	0	2	38
15139	10	3	71
15122	30	4	169

Desta tabela averigua-se que ocorreram dias no fim de semana e feriados que compensaram alguns dias em que não se realizou nenhuma acção de manutenção, e só na 15139 e 15122 é que se depara com dias de paragem significativos, 7 e 26 dias (retirando

os dias de trabalho nos feriados e fim de semana) respectivamente, onde se passaria de um período de 71 e 169 dias para 64 e 143 dias, de qualquer forma muito acima dos 40 dias preconizados.

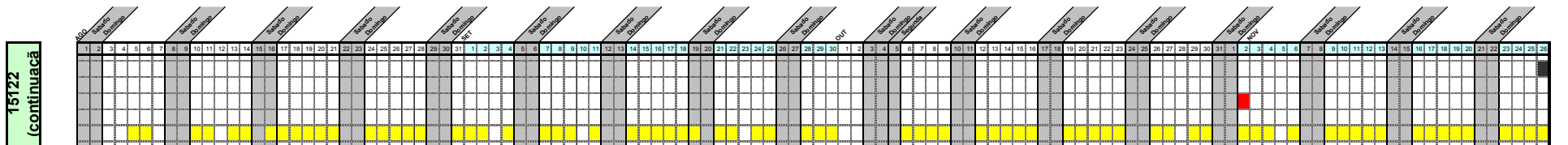
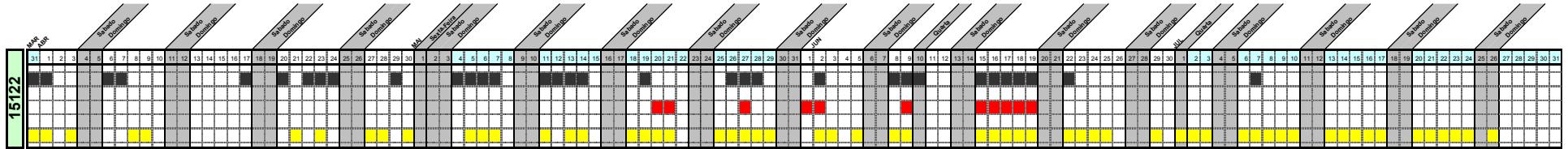
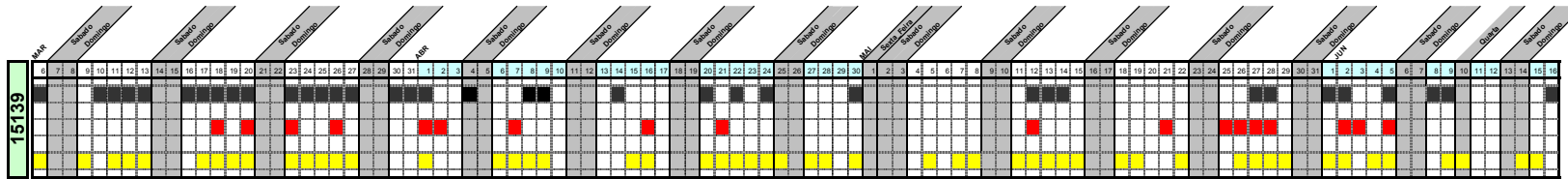
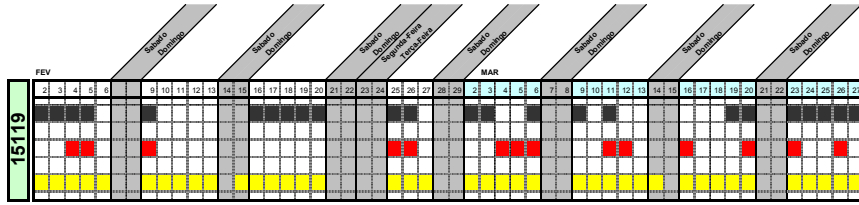
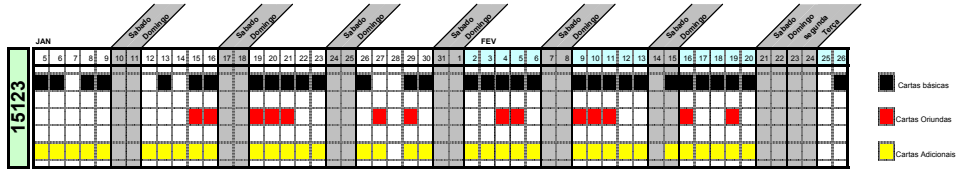
Agora efectuando a analogia das Horas totais, do somatório de todas as cartas de trabalho, em cada aeronave com o período de duração da inspeção, repara-se que nitidamente a 15139, caso não tivesse ocorrido o dano estrutural da mesma, realizaria a IF num período inferior aos 40 dias. Visto que tem o valor inferior das quatro aeronaves das, ou seja, 1524,6 Horas de trabalho, onde por exemplo, a 15119 com um acréscimo de mais 402,5 Horas conseguiu realizar no período pretendido.

Já a 15122 com as suas 2402,1 Horas de trabalho (contabilizadas todas as Cartas), independentemente de todos os seus percalços, possivelmente já iria necessitar de um período mais prolongado que o predefinido com o *Lean*.

Apesar da recolha e posterior tratamento de dados no SIAGFA ser morosa, apurou-se com este relatório que as Cartas Adicionais são as que acarretam, no geral, mais horas de trabalho, mas também se verificou que é possível realizar-se uma IF em 40 dias contemplando todas as cartas de trabalho, exemplo disso é a 15123 e 15119. Mas diminuídas as inspeções programadas de ocorrerem numa IF (cartas Adicionais), mais garantias existem da sua realização no tempo definido com o *Lean*.

Também se conseguiu definir áreas de trabalho críticas, sendo nestas onde se despende mais horas de trabalho, onde será conveniente outro tipo de análise que não foi reflectida neste relatório.

ANEXO 1 - Calendarização de ações de manutenção



Anexo D

The Simpler Solution >

Repair and Overhaul

**Articles and Case
Studies**

Lean Enterprise Transformation



Simpler®

DARA Rotary's pulse line = Less aircraft tied up = Greater effectiveness at the front line for the Customer at less cost.

Roll-Back Programme benefits

- 'Lean' pulse lines will reduce the number of days aircraft are in depth maintenance, increasing availability.
- Increased productivity.
- Reduction in hanger floor space.
- Higher throughput of aircraft.
- Customer satisfaction.

Roll-Back is not just about one platform, or introducing lean pulse lines. It is a total rotary solution that makes best use of the DARA Rotary infrastructure, together with the skills, enthusiasm and commitment of the workforce. For DARA Rotary this is an exciting prospect and a major challenge where the necessary people and resources have been installed to achieve the formulated targets. By the end of 2006 DARA Rotary are aiming to have eight separate pulse lines in place for Lynx, Chinook and Sea King at the Fleetlands site, doing the work faster, better and at a reduced cost to the Ministry of Defence.



DARA Head Office

St Athan, Barry, Vale of Glamorgan, CF62 4WA, UK
Tel: +44 (0)1446 798834 Fax: +44 (0)1446 751355

DARA Fixed Wing

St Athan, Barry, Vale of Glamorgan, CF62 4WA, UK
Tel: +44 (0)1446 798834 Fax: +44 (0)1446 751355

DARA Rotary and Engines

Fleetlands, Fareham Road, Gosport, Hampshire,
PO13 0AA, UK
Tel: +44 (0)23 9254 4428 Fax: +44 (0)23 9254 3221

DARA Electronics

Sealand, Welsh Road, Deeside, Flintshire, CH5 2LS, UK
Tel: +44 (0)1244 847745 Fax: +44 (0)1244 847393

DARA Components

Almondbank, Perth, PH1 3NQ, UK
Tel: +44 (0)1738 584301 Fax: +44 (0)1738 584311

DARA - Rotary



From the first helicopter (a Dragonfly) arriving at Fleetlands back in March 1958, DARA Rotary have continued to support the UK MOD. Following the Templer report of 1965 Fleetlands became part of the Naval Aircraft Repair Organisation (NARO) and was designated a Tri-Service helicopter repair centre. In 1999 NARO was merged with the MGDA to form DARA developing an unrivalled capability in the maintenance, repair and overhaul (MRO) of Tri-Service rotary wing aircraft including Chinook, Lynx and Sea King. Our teams of highly skilled technicians are able to undertake virtually any helicopter repair, maintenance, conversion or refurbishment ensuring that our Customers are provided with a one-stop-shop solution.

Services

DARA Rotary is able to provide an unrivalled level of maintenance support to all our Customers from Minor Servicing and MOD Embodiment through to CAT4 repairs. With such service we deliver confidence and 'peace of mind' to our Customers that the strictest quality and safety controls have been applied.

Services and facilities include:

- 25,000 sq metre dedicated hanger space.
- Experienced and highly skilled technicians.
- Plastic Media Strip (PMS) and paint refinish facility.

- On-site test pilots, 24/7 fire and crash recovery crews.
- 3,800 sq metre secure, dehumidified aircraft storage hanger where we can store up to 40 helicopters.
- Detail part manufacturing facility.
- State-of-the-art composite repair facility that includes a 2.5m x 4m autoclave to support the new generations of military rotorcraft.

DARA Rotary Roll-Back Programme

"Exceptional work from DARA and Mobile Aircraft Support Unit (MASU) has allowed the aircraft to be completed and delivered to Yeovilton on schedule."

DLO magazine

DARA Rotary specialist projects

Sea King AUP 1

The Avionic Upgrade Package (AUP) included major modifications such as Electronic Counter Surveillance (ECS) and Radar Warning Receiver (RWR). Due to reduced turnaround time provided by DARA Rotary the customers aircraft downtime was dramatically reduced and further modifications were made in the same amount of time, increasing the package of work provided.

Chinook NEP

The Chinook NEP (Night Enhancement Package) included DNVG (Display Night Vision Goggles), Moving map display package, IGI (Integrated INS/GPS computer) plus associated Ariel. In addition DARA Rotary installed the FLIR (Forward Looking Infrared Camera) plus various electrical modifications, second CDNU (Chinook Digital Navigation Display) plus mounting structure in the heating compartment and the installation of the 1553 databus, which linked everything together.

Lynx DAS

The Lynx Maintenance Facility at DARA Rotary is working closely with the Lynx Integrated Project Team (IPT), MASU and Westlands to develop the Navy Lynx Mk8 DAS (Defensive Aid Suite) NSM suite. They have carried out the Trial and Proof Installation identifying technical problems that resulted in the uplift of drawings and the technical instructions. The Lynx Maintenance Facility have also successfully carried out the installation to a further six Mk8 Lynx helicopters under an Urgent Operational Requirement (UOR) to allow Lynx aircraft to safely deploy in theatre. As a result of this success DARA Rotary will be involved in the Lynx Mk8 Fleet embodiment programme of 25 aircraft.

The Roll-Back Programme

Late in 2004, Minister (Armed Forces) announced to the house that DARA Rotary would provide all of the deep maintenance and repair needs of the Chinook, Lynx and Sea King platforms. The challenge for DARA Rotary was to double their output using existing facilities and to significantly reduce unit costs - the response is the Roll-Back Programme.

DARA Rotary selected Simpler, A Strategic Lean Transformation Consultancy - to provide external assistance in the implementation of the Roll-Back Programme. Simpler were chosen as they were a proven supplier to the DLO (Harrier and Sea King) and had considerable expertise in the aviation industry, applying the techniques originally developed inside the Toyota car manufacturing business. Simpler implement a "one piece flow" (pulse line) approach where work is only undertaken to meet the Customer's requirement. Thus work is "pulled" by the Customer's need and work in progress along with inventory is driven down providing a higher level of operational efficiency. Simpler set a 25% efficiency improvement in the first year but believe that continuous improvement needs to be maintained over a 3-5 year period resulting in further efficiency improvements.



Language of "lean"

To become a "lean thinking" organisation DARA Rotary needed to focus on delivering real value for the Customer. Understanding that any process contains a significant proportion of waste was the beginning of this "lean" journey for DARA Rotary. To identify where the waste was DARA Rotary needed to create a Value Stream Analysis (VSA) where key stakeholders came together to map the job as it is done today. This activity helps the leadership understand the main flows and what the configuration needs to be to achieve their strategic goals. This output will further reduce costs by optimising existing facilities and making more effective and efficient use of extant resources and infrastructure. Implementing a number of process improvement initiatives that incorporate the intensive application of 'lean' principles are central to the successful achievement of the challenging targets. The central theme to 'lean' thinking is the removal of all non-value added activity, whilst optimising the benefits deriving from a new 'pulse line' approach to deep level maintenance and repair. It is expected that the introduction of pulse lines will also help improve the availability of spares and smooth the demands on the complicated logistics supply chain.

Moving forward

DARA Rotary is experiencing some dramatic changes within the business and has installed the necessary procedures that will enable them to move to the next stage. DARA Rotary's Lean Transformation Programme (Roll-Back) reflects 'latest thinking' and combined with their heritage and experience means DARA Rotary are adaptable and flexible in meeting Customer's requirements.



"Simpler see DARA Rotary as the most aggressive "lean" programme in Europe."
Simpler Consultants



Handwritten notes: AH IPT, WWS, mod, dk, NP/R, 10/10/10

Handwritten note: 2006

Wattisham Airfield has its finger on the Pulse

The June edition of *Driving Change* highlighted the plans made to introduce a pulse line at Wattisham Airfield in Suffolk, to carry out depth maintenance to the fleet of Apache Mk1 Attack Helicopters (AH). The Apache is currently an essential part of the Joint Helicopter Force, a tri-service unit operating around Camp Bastion in Helmand Province, Afghanistan.

The transition and continuous provision of this service is the responsibility of the Apache IPT, while Lt Col Phil Davies REME commander of the Depth Support Unit at Wattisham oversees the output. The programme is a joint MOD and Industry initiative within 'Team Apache UK' and includes stakeholders from the AH IPT, the prime contractor Agusta Westland, their sub-contractor Serco, and the Joint Helicopter Command and military personnel from 16 Air Assault Brigade, all located in Wattisham.

As result of a lean value stream analysis (VSA), the pulse line introduced has enabled maintenance schedules to be undertaken more efficiently and effectively. The pulse line has to accommodate the increased demand level resulting from rising fleet operating hours and operations in Afghanistan. The current flying programme requires that each aircraft in the fleet of 67 undergoes depth maintenance approximately once a year. Planned maintenance hours have reduced by 30%, while both 300 and 600 hr services take the same pulse time. Also achieved is a saving of £3.5M on the additional support equipment needed for depth maintenance.

Lt Col Phil Davies says: "Previously, each Apache underwent overhaul from beginning to end in one of the 12 dedicated bays within the hangar, which on average took 55 working days. The team has reconfigured the overhaul work into six equal packages, one for each of the six pulses. Up to eight people will work in each pulse with a flexible mix of military and civilian personnel. The benefits of this mix are that the civilians provide long-term continuity and the military personnel bring valuable 1st line and operational experience. The combination also maintains and increases the currency and technical knowledge of the military technicians, as it is planned to rotate the staff around the six pulses to give them an opportunity to develop 'whole aircraft' skills. For military harmony reasons each of the three resident military companies will rotate every year, taking it

in turn to be responsible for depth support. This continuous rotation reinforces the planned mixed staffing."

A further success has been with work on the main rotor head (MRH). Prior to transformation, this took up to 10% of the overall servicing time when carried out alongside the aircraft in the bays. In order to make this process safer and more efficient the team created a dedicated MRH pulse line. The establishment of this mini pulse line has realised a 60% reduction in servicing hours for this assembly, reducing the overall proportion of the service to less than 5%.

Staff Sergeant Taff Aston has been working to introduce lean processes to various projects for the AH IPT since Feb 04, and has carried out the on-site lean preparation activities for the pulse line implementation. He says: "After undergoing a pulse, an Apache moves to the next pulse around the hangar layout. We have redesigned the shop floor into a sweeping 'U' curve, so there will always be six Apaches at varying stages of overhaul on the pulse line. An overhaul will now just take just 42 working days, a saving of 13 days, with an aircraft made available every seven working days. We have also built into each pulse period a number of maintenance hours available for the incorporation of both emergent work and any modifications. Plans are currently underway to increase the number of pulses from 6 to 10 by Apr next year. This means rebalancing the workload within each pulse which will eventually allow the output to be increased to one aircraft every three and a half working days."

"An overhaul will now just take just 42 working days, with an aircraft made available every seven working days"

Capt Chris Reeve, the Deputy Depth Support Manager concludes: "The first pulse went live on the 18 Sept, and we are on target for the first aircraft to be completed and come out of the sixth pulse on 14 Nov, with subsequent deliveries every seven working days."

Staff Sergeant Taff Aston ►

First Apache waiting to enter the pulse line ►



THIS MONTH

How to hit TLM target

MUCH EFFORT HAS been expended in recent years in the drive for improved Through-Life Management (TLM) culture and practice.

The setting of coherent TLM targets across the DPA for FY 04-05 is a major step forward.

However, it is all very well setting these targets, but what is TLM and where do you start?

The TLM team has launched a new website offering guidance and advice on TLM.

The team has also developed a TLM Maturity Model (MM) and Maturity Assessment Tool (MAT) to assist IPTs in conducting an evidence-based assessment of their TLM maturity level.

In addition to providing the corporate reporting process, the MM and MAT provide the primary assurance tool for the joint DLO/DPA Project Performance Review & Functional Assurance process.

For easy access to the MM and MAT visit www.wsa.dlo.r.mil.uk/tlm.

Initiatives will shave five days off repairs

Availability of C130 increased by innovations

DEFENCE LOGISTICS TRANSFORMATION PROGRAMME

THE OPERATIONAL availability of the Hercules C130 aircraft will significantly increase – thanks to a new series of support initiatives underway at RAF Lyneham.

Designed to cut the turn-around time of Hercules maintenance, the new initiatives have already shaved five days off major schedules – and there is more to come.

Innovative ways to improve Hercules support are being identified and implemented by personnel at RAF Lyneham as part of the Defence Logistics Transformation Programme (DLTP) that is being rolled out right across the MoD.

One area in which change



QUICK TURN-AROUND: Repairs to C130 Hercules transport planes comes carried out soon after landing

has already been brought about, is in the C130K Maintenance Flight area.

The number of different processes involved in the service has been reduced from 3,000 to 450, and it is this re-

duction that has enabled service schedules to be cut by five days.

Improvements in the C130K panel bay for the removal, repair, storage and panel replacement process are also being delivered. The team at Lyneham are now turning their attention to the whole C130K maintenance process, with the aim of releasing an additional aircraft from the repair loop back to the front line.

With the aim of enabling operational effectiveness, RAF Lyneham has procured and kitted out a rapid-response truck known as the Mobile Issue Centre (MIC).

Hercules crews returning from their missions radio ahead to let Lyneham know what repairs are needed.

When the aircraft lands, the MIC truck is ready and waiting on the runway with the

right technicians, spares and equipment on board to repair the aircraft.

Flight crews then brief the waiting technicians on what repairs are needed even before the aircraft is shut down.

Wing Commander Kev Groves, Officer Commanding 24 Squadron, said: "It's a welcome sight to have the support team ready and waiting to fix the aircraft as we taxi in."

"Working hand-in-hand with the rectification team on dispersal is something we do on deployment and it's a welcome move at home too."

Other processes being made faster and more efficient include the re-rolling of C130 aircraft between missions – making the load bay changes needed, for example, between carrying personnel on one flight and a batch of equipment on the next, far swifter. The

DLTP team leader Major General Tony Raper said: "Changes carried out at Lyneham are an excellent example of how we can influence effectiveness at minimal cost through the innovation and commitment of our personnel."

"These tangible improvements to logistics support, together with many others, come in the same month as a major driver for the air element of the DLTP."

"On 16 September, Minister for the Armed Forces, Adam Ingram, announced his preferred approach to air depth support. This sets the preferred framework for future air depth maintenance for both fixed and rotary wing aircraft."

"Our challenge will be to implement the recommendations and deliver effective and efficient air depth support hubs."

● Air Depth Support – Page 16

MILLBROOK SVG

Special Vehicle Group

The new force in special vehicles

Whatever your special vehicle requirement, you should visit Millbrook's new Special Vehicle Group. Developed from the highly-regarded Wethersfield special vehicles operation, Millbrook SVG combines broad service vehicle expertise with the skills and high-security resources of one of the world's most comprehensive vehicle development complexes.

- design for special requirements
- homologation to world standards
- low volume build
- refurbishment & modification
- evaluation and feasibility studies
- forensic & failure analysis
- capability demonstration & hospitality

Challenge us to solve your special vehicle requirements

svg@millbrook.co.uk
+44 (0)1525 408476

www.millbrook.co.uk



FOLLOWING HIS appointment as Controller Aircraft (CA), Air Vice-Marshal Stephen Dalton (CM(IS)) will attend meetings of the DPA's Executive Board.

This will help to further strengthen the top management of the DPA, as well as ensure the continuation of strong links with the Air Force Board and the customer, both in the Equipment Capability Customer (ECC) and the front line.

AVM Dalton started his career in the RAF flying Jaguar on three tours in the tactical reconnaissance and ground attack roles.

He then went on to command No 13 Squadron flying the Tornado GR1A, during which he was deployed on Operation Jural flying reconnaissance missions over Iraq.

For part of the period he was the Commander British Forces Jural for Operation Southern Watch in Riyadh,

Controller Aircraft will strengthen link between the DPA and customer

Saudi Arabia. AVM Dalton then commanded RAF Coltishall and the RAF's Jaguar force for two years from September 1997.

On promotion to Air Commodore, he was appointed as Director of the Eurofighter Programme Assurance Group at the MoD.

After attending the Higher Command Staff Course in 2002, he was appointed the MoD's Director of Air Operations prior to Operation Telic.

In 2003, AVM Dalton took up his current position in the MoD as the Capability Manager for Information Superiority, with specific responsibilities for Command, Control and Information



Infrastructure and for Intelligence Surveillance Target Acquisition and Reconnaissance.

Chinook Force at RAF Odiham aims to create a 'Toyota-like' organisation, by taking lean one step further

Total enterprise lean conversion

Squadron Leader Steve Beasley, station lean implementation officer explained: "Chinook Force is charged to deliver and sustain chinook operations worldwide, in order to meet UK defence missions and tasks we look after three chinook squadrons at RAF Odiham. Our role is forward support: front-line and level one servicing, repair and maintenance."

RAF Odiham had been charged with achieving ongoing savings of £2.12 million and cutting base headcount significantly by 1 April 2008. The output targets, meanwhile, have remained the same. By the end of July 2006 the base has reduced maintenance throughput time by 50 per cent, increased its flying rate by 22 per cent and achieved a half of its financial savings target, the remainder should be identified by Jan 2007.

The change process began in May 2005. Simpler began by facilitating the value stream analysis process to help the station management team and key personnel develop a lean vision for the base. Since then, Simpler and Odiham have been running rapid improvement events each month, involving activities, from the flying programme to provision of fuel and from stores to flying clothing and functional equipment have been redesigned using lean principals. Servicing of the two Chinook squadrons has been brought together into a single, flatter command structure under one squadron leader rather than two. Rapid improvement events consist of five days of team-based change activity that enable the people who know their processes best to redesign them using lean principles under the guidance of an expert 'Sensei'.



Aircraft scheduled maintenance is now carried out on a single pulse line with a 50 per cent reduction in the throughput time of an aircraft. The average number of aircraft out of service for maintenance has reduced from 3.4 to two, which has given the fleet a free helicopter for daily use. The Odiham team has also used lean principals to improve the performance of the guardroom/security operations and has reinvested these savings to help enhance fitness, training, availability and morale.

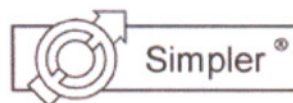
"Catering now offers better choice, longer opening hours and different ways of undertaking preparation," Beasley explained. "We're reinvesting in these areas because it is important to respect our people." This clearly demonstrates that for organisations to become 'Toyota-like', they must recognise that opportunities for improvement exist in all parts of their organisation, and only by engaging the hearts and minds of the whole organisation will they have a chance to embed these improvements as they strive to create a culture of ever-accelerating improvement. ●

Published in association with:

SIMPLER Nick Middleton, Managing Director

tel: +{44} 1427 874456 fax: +{44} 1427 874459

mob: +{44} 7946 584049 www: <http://www.simpler.com>



Merlin support overhauled at Culdrose

MERLIN HELICOPTERS should soon be spending less time being repaired and more time in the skies thanks to a number of new support and maintenance initiatives under way at Royal Naval Air Station (RNAS) Culdrose, near Helston in Cornwall.

Over the past 12 months, the Merlin maintenance team, by adopting some of the key principles of the Defence Logistics Transformation Programme, has started to drive unnecessary layers of bureaucracy from its systems, in effect "leaning" support for the Merlin platform.

As an example, over a third of the floor and hangar space has been freed up, providing a larger working area which, in turn, allows a wider range of vital spares to be stored closer to the aircraft.

Not only does this help reduce the time required to repair the helicopter, but has also minimised the amount of investment needed to collapse Merlin depth support to Culdrose, following the announcement by the Minister for the Armed Forces, Adam Ingram, on his preferred approach to Air Depth support.

With the first RAF Merlin having entered **depth** maintenance in September at Culdrose, and a second aircraft due to arrive shortly, experience is being gained that will help the team finalise servicing schedules prior to establishing the full "pulse line" in April 2005.

This new concept is a major change to current practice and will involve the aircraft being flown in and "pulsed" through nine phases every six days before flying out on completion. The self-regulating system will allow engi-

MERLIN

neers to carry out their work in a more logical and efficient order, while the logisticians have an essential role in ensuring that the necessary spares and materials are available at the aircraft.

The Navy has yet to put a Merlin Mk1 into depth maintenance but, in the case of the RAF's Merlin Mk3, the pulse line aims to reduce the time a Merlin spends in the repair loop from 78 days down to 54.

The team has also gained vital experience from introducing a pulse line for the production of rotor heads.

Required by the Merlin IPT to produce 24 rotor heads per year, Culdrose previously produced only six.

However, since the introduction of the pulse line concept, output has increased and the target easily reached. The Merlin maintenance team itself

will be a mix of Navy, RAF and SERCO staff, bringing together a wide range of experience and skills that undoubtedly has an impact on improving maintenance support.

These initiatives have generated savings in excess of £5M by making better use of spares and equipment, and ensuring that they are tracked more thoroughly throughout the repair and maintenance process.

And, with a new optimised support solution due to go live by the end of 2005, Merlin support will be further overhauled. Called Integrated Merlin Operational Support (IMOS), it will transform the aircraft repair culture and provide the right number of aircraft fit for purpose.

It will be driven forward by a unique partnership between MoD and

industry and will see industry support "rolled forward" to Culdrose to ensure that the right people will be on hand to resolve technical issues quickly.

Cdr Paul Hammond, Commander (Air Engineering) leading the team that is developing and enhancing both Depth and Operational Support at Culdrose, said: "The changes we have introduced to the way we work here at Culdrose over the past year are really starting to kick in.

"As a result, not only are we undertaking our day-to-day tasks more efficiently but, most importantly, we are improving the service we give to our front line customers.

"While Merlin has had technical problems and issues over availability of spares, with new initiatives such as the pulse line concept, combined with possibility of IMOS, I expect the support we give to the Merlin platform to continue to be transformed."



CUSTOMER CARE: From left, Flt Lt Allan Mackenzie RCAF, Cdr Tony Gray RN, Sqn Ldr Martyn Axelfen, Cdr Paul Hammond RN and Mr Polgase of SERCO

THIS MONTH

The future Royal Navy

TO ENSURE THAT it will be capable of delivering and contributing to future joint effects-based operations, the Royal Navy will develop a versatile maritime force that will be expeditionary in focus, and sufficiently agile to meet the full spectrum of future operational tasks.

Addressing MPs, Armed Forces Minister Adam Ingram said: "It must, therefore, be responsive, robust, flexible and adaptable.

"In addition to procuring the ships, submarines and equipment that will deliver a range of effects to ensure mission success, the Royal Navy will take other measures to enhance its front line capability.

"Structural improvements are also planned which will focus on the delivery of front-line military effect, in particular to take advantage of network-enabled capability."

LEANing forward...

Process offers powerful tool for improvement

By Capt. J. Scott Covode, WB-ALL-PA

Your doctor may prescribe one serving of lean meat per day, but Maj. Gen. Donald Wetekam, Warner Robins Air Logistics Center commander, recommends you fill your plate from the LEAN depot repair buffet.

The LEAN approach to productivity focuses on cutting waste to avoid cost while improving output, and the difference it can make is mouth watering. LEAN comes at a perfect time to Robins, which faces ravenous competition for choice morsels of workload in the years ahead.

In LEAN, simply — less is more. Fewer steps, or non value added motions, means less labor, less cost, faster production and happier customers. The savings in effort, time and materials leads to more effective use of the work force and more planes, parts or products going out of the Air Logistics Center.

And so far, LEAN is providing a feast of significant advances to the work areas already implementing it. The success stories range from "increased production 30 percent" to "enabled us to cut back from three shifts, seven days to two shifts, five days and gave us room for a surge capability." Introduced less than two years ago in select industrial areas here, LEAN has Robins leading the Department of Defense effort to improve depot output. Avionics Directorate engaged as the first test case, and other teams are applying lessons learned with double-digit increases in productivity. Technology and Industrial Support, C-5, C-130 and F-15 aircraft repair directorates are now infusing LEAN principles to achieve greater productivity in their respective areas.

LEAN will take time to fully implement, but the process improvements rapidly realize payoff results. Neater, well-organized work areas, clear processes, and precise output goals are allowing the work force in one shop after another to focus its efforts on quality production.

After studying LEAN at Robins up close, Wetekam declares he's committing himself and the center to embracing LEAN in all areas, including supply and administrative functions, and not just aircraft and parts production.

"Continuous improvement is the hallmark of any successful company," says Wetekam. "As Robins continues to be a world-wide leader in sustainment capabilities, we must improve our products to the customer. Products have to be delivered cheaper, faster and better or the customer will look for other providers."

Wetekam makes it clear that he is fully committed to LEAN methods to improve the success and viability of the center. "I think LEAN plays a pivotal role in where Warner Robins Air Logistics Center is headed," he says enthusiastically. "It's critical to our future. Robins Air Force Base is dedicated to providing a better product for the war fighter, and LEAN is a tool that can make that happen."

"Implementing LEAN techniques is a proven way for companies to manage their business to top performance in industry. It is rooted in simple principles such as allowing customers to decide what is best for them; organizing and understanding processes; and striving to improve the price, timeliness and quality of end products. LEAN maximizes labor efficiency of the front-line workers. It's intent is not to reduce work force, but to concentrate worker skills to greater productivity — translating to more, not less, work awarded to a company."

With the emphasis on mission-capable rates of Air Force fleets, and competing demands for precious dollars, Wetekam is convinced that the LEAN potential can satisfy the appetite of even the most demanding customer.

"Robins is the center of choice for depot repair and LEAN process management will solidify that position."

Why LEAN?

Businesses are still searching for the formula for sustainable growth and success after the downsizing and re-engineering trends of the 1980s and 1990s, according to James Womack and Daniel Jones, authors of "LEAN Thinking." LEAN provides the tools to potentially double productivity while stabilizing labor needs. Wetekam believes that "LEAN is (our) most powerful tool for process improvement."

Pioneered by Toyota, LEAN thinking made its way into business and industry throughout America, and is alive and well today at the Air Logistics Center. The aviation industry was quick to catch on, and many of Robins' partners in logistics have embraced LEAN, including Boeing, Lockheed Martin, Northrop Grumman, Pratt and Whitney, and Rolls Royce. Wetekam says Robins leads the way in sustainment of Air Force systems. "Robins is at the forefront of LEAN development in the Air Force. Other

centers are coming here to see how we're doing it." 1st Lt. Kim Kallstrom, lead change agent in C-141 directorate, notes.

"LEAN makes good sense, and as a result the LEAN concepts are being put to use in a wide variety of industries and services. For example, Taco Bell on Russell Parkway recently changed from an assembly line to a work cell that uses visual controls." Kallstrom also notes that successful implementation of LEAN could make the center more competitive for future workload.

Implementing LEAN at Robins requires significant work and planning. WR-ALC Re-Engineering, the focal point for the LEAN process, describes the process: Product directorates set up a "LEAN Team" with facilitators to identify then prioritize the processes being "LEANed." Front-line workers receive LEAN training and start working LEAN "events" to define the current, future and ideal processes. Once complete, the team implements the



changes needed by clearing and cleaning up work areas, re-organizing, and eliminating steps that otherwise bog down productivity. "It's that simple!" says Lt. Col. Calvin Butts, director of Re-Engineering. "The concept is very basic but that's why it works; it's not complicated and bureaucratic. Employees are engaged and they see the fruits of their labor." "We have had successes working LEAN into the production areas in aircraft, avionics and industrial support," Butts continues. "Positive results are consistently achieved when we follow the LEAN methodology and apply it with discipline, but it's only the beginning. We need to apply LEAN strategically, across the whole ALC, including all the supporting areas — to really tap into its potential for improving productivity and providing greater value for the war fighter." LEAN can improve performance throughout the ALC, says Wetekam. "LEAN will apply to our admin processes, supply chain management, product support, and all facets of what we do here at the depot. Clearly, we are going to focus our initial efforts on industrial areas. Then, we'll look at other issues in product support and supply chain management that will be served by LEAN deployment."

Can we implement LEAN faster?

"We'd love to," admits Wetekam. "The problem is, we only have so many resources we can dedicate to it at one time, and we need to manage the change effectively. By relative measure, we're moving with lightning speed, but we have to do it well."

How does everyone fit into implementing LEAN?

LEAN requires an initial commitment of time and resources from workers and managers. The process may

require retooling and reshaping the workplace, but also asks the worker to rethink the entire process. They get to "clean the slate and start over," at least conceptually,

according to Jimmy Beeland, Avionics lead change agent. Worker involvement and commitment are critical to the success of LEAN according to Beeland. "If employees are involved in developing the future-state process, (then) they are more receptive to the change that comes along."

LEAN can significantly change a workplace by improving the organization of work, simplifying the process and reducing waste. "Avionics has one of the most robust LEAN programs at the depot and we are seeing great success in process improvement and increased efficiency," says Beeland.

LEAN Principles

Value — Defined by the customer

Value Stream — 10 steps to create Value

Flow — Keep products and resources moving

Pull — Customer determines production schedule

Perfection — Continuous improvement

Are we getting results?

To date, \$440,000 has been saved by the F-15 production just by making special storage cabinets for parts and panels. In the C-130 flight control area, flow time was cut by 40 percent, from nearly two weeks to just a few days. C-5 pylons shop has reduced flow time from 23 days to 14. Technology and Industrial Support cut F-15 wing repairs from 37 days to around a week. And the Avionics LANTIRN team reduced flow time by 45 percent for critical war fighter equipment.

While results are sometimes difficult to quantify into dollar or time amounts, the war fighter is seeing the benefit, says the Re-Engineering Office. The overall objective is to reduce cycle-time/flow days for our F-15s, C-130s, C-141s and C-5s, which will get them back to the war fighter faster, with cost savings.

What's next?

"We have to share our success and knowledge with the rest of the center," says Wetekam. "We've improved core depot process, and improved the product to the customer. Our main focus has been to reduce flow days, beyond that — reducing cost, becoming more efficient with material use, and using less material — are our goals. Improving quality is equally important. It's not just how fast we produce something, it's at what cost. Deploying LEAN can affect all those areas, not just flow days."

Wetekam promises to share the knowledge and lessons learned with the rest of the center. "We have to systematically take the success that we've had, and we have a significant level of success — 100 percent success rate everywhere we've tried LEAN. We have to take these pocketed successes and deploy the lessons systematically throughout the center."

Wetekam believes his big challenge "is to build on the LEAN successes and get it out there to all the potential beneficiaries. I am excited about the possibility of going beyond our industrial shops."

How will LEAN help our future?

While the future may be unclear in some areas, Wetekam says the writing on the wall includes LEAN no matter what else happens. It's unmistakably clear that Wetekam sees a major role for LEAN at the ALC, and not just in the depot area.

"We have a shortage of people in the supply chain management and product support areas. We are not going to get more people for those areas," he explains. "LEAN has the potential to streamline our process and make us more efficient. This will allow us to maximize our workload with the work force we have today. It's not really more with less, but the truth is we've seen some success here."

Robins is reacting to the law of diminishing returns. Without some change, Robins can't continue to improve its productivity. "Without LEAN we'll just keep the status quo," he explains. "We'll continue to fight for workload. We will be successful in some cases and in others we will not. LEAN allows us to compete for future workload on a much stronger basis."



Simpler™