



Implementação de Automatismo na Transferência e Análise de Dados de Monitorização do Helicóptero EH101

Marco André Lourenço Nunes

135432-K

Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em
**Aeronáutica Militar na Especialidade de Engenharia
Electrotécnica**

Júri

Presidente: MGen/EngAer/020829-K Pedro Miguel de Palhares Veloso da Silva
Orientador: Professor Doutor Filipe Szolnoky Ramos Pinto Cunha
Co-orientador: Cap/EngAer/128671-E Marco Filipe Morais Pinto
Vogais: TCor/EngAer/100874-K Ana Rita Duarte Gomes Simões Baltazar

Sintra, Fevereiro de 2014

Este trabalho foi elaborado com finalidade essencialmente escolar, durante a frequência do Curso de Engenharia Eletrotécnica cumulativamente com a atividade escolar normal. As opiniões do autor, expressas com total liberdade académica, reportam-se ao período em que foram escritas, mas podem não representar doutrina sustentada pela Força Aérea.

Dedicado aos meus pais e irmão

Agradecimentos

Gostaria de deixar aqui os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que diretamente ou indiretamente contribuíram e ajudaram na elaboração desta dissertação.

Quero agradecer:

Ao Professor Doutor Filipe Cunha a disponibilidade e interesse em orientar a presente dissertação.

Ao Capitão Marco Pinto por me ter sugerido este tema, pelo apoio, pelas dúvidas esclarecidas, pelas discussões de ideias, pelas críticas e acima de tudo pela confiança que depositou no meu trabalho.

A todos os elementos da Repartição de Sistemas de Informação (RSI) que interrompiam os seus trabalhos para ouvir as minhas dúvidas e ajudavam sempre que pedia. Agradeço todo o apoio, a camaradagem, o acolhimento e o carinho que deram ao vosso "Engelinf".

Ao Major Mendes pela ajuda na requisição de um computador, das autorizações de trabalho pós-laboral e de fins-de-semana e pelo acompanhamento enquanto estive presente na RSI.

Aos meus Camaradas e Amigos que ao longo dos anos deste curso não só me aturaram mas tiveram sempre prontos para ajudar nos momentos menos bons e prontos para descontrair nos momentos bons.

À minha família, e em especial aos meus Pais e Irmão, por todo o apoio demonstrado durante toda a minha vida. O meu sucesso académico deve-se a vocês e por isso vos dedico este trabalho.

À Filipa que esteve ao longo deste percurso e dos últimos anos ao meu lado, sempre compreensiva e disponível para me apoiar com o seu carinho e amor.

Resumo

O sistema de armas AugustaWestand EH101 "Merlin" é considerado um dos mais modernos e tecnológicos existentes no mundo face aos sistemas avançados que o constituem. O helicóptero integra o *Health and Usage Monitoring System* (HUMS) que permite monitorizar e acompanhar automaticamente a condição e o desgaste dos componentes a bordo e alertar a tripulação em tempo real para eventuais anomalias de componentes em voo. Os dados HUMS gravados em voo podem ser descarregados após cada voo para a *Portuguese Ground Station* (PGS) onde serão analisados e processados.

A PGS consiste num *software* de gestão e manutenção do helicóptero que faz o registo de atividades de manutenção e o processamento dos dados recolhidos pelos sistemas de monitorização entre outras funções. É um *software* proprietário de código fechado destinado a correr em ambientes com sistemas operativos Microsoft Windows XP cujo suporte será descontinuado em abril de 2014 segundo anunciou a Microsoft. Este fato pode comprometer a curto-médio prazo a continuação da utilização da PGS caso a Força Aérea Portuguesa (FAP) deixe de utilizar o sistema operativo Windows XP, em virtude da atualização do seu sistema operativo base.

Além do referido a PGS é um *software* de código fechado implicando com isso que não é possível à FAP adaptá-lo às necessidades institucionais emergentes, ficando este num futuro próximo obsoleto. Contudo contém algoritmos de processamento de métricas e de dados de monitorização que são fulcrais para tratar os dados recolhidos no helicóptero.

Uma vez que não existe um *software* alternativo à PGS que opere em qualquer plataforma informática e como a sua utilização é necessária para a atualização e processamento dos dados do helicóptero a solução que se apresenta é a criação de uma *web application* que não substituirá na íntegra a PGS mas que faça o *download* da informação da base de dados.

A aplicação designada Sistema de Apoio à Gestão do EH101 (SAGEH) foi desenvolvida em OutSystems, que consiste numa ferramenta atual, flexível e de simples utilização. A SAGEH acede à PGS através de um explorador de internet e assim pode ser utilizada em qualquer sistema operativo além de que permite à FAP ter a total liberdade no controlo das suas funcionalidades.

Para tal é feito um estudo dos sistemas a bordo do helicóptero e da PGS, dos dados de entrada e saída dos sistemas assim como da forma e da estrutura em que estes são guardados.

No final é apresentado o SAGEH juntamente com as suas funcionalidades de visualização de dados e um módulo de análise inteligente de anomalias nos sistemas de transmissão e vibração tornando-a numa ferramenta de grande importância para o apoio e a tomada de decisões na gestão do helicóptero EH101.

Palavras-chave: HUMS, PGS, *Web Application*, SAGEH, OutSystems

Abstract

The AugustaWestand EH101 "Merlin" weapons system is known as one of the most modern e technological advanced in the world thanks to its advanced systems. The helicopter integrates the Health and Usage Monitoring System (HUMS) that allows to automatically monitor the current condition and usage of its components, alerts the crew in real time to eventual anomalies of the helicopter components. The HUMS data that is recorded during flight can be later downloaded to the Portuguese Ground Station (PGS) where the data will be analysed and processed.

The PGS consists of a helicopter management and maintenance software that does the registry of maintenance activities and the processing of the data collected by the monitoring systems between other functions. It is a closed proprietary software destined to run in Microsoft Windows XP operative systems environments, whose support will be discontinued in April of 2014 like Microsoft announced. This information compromises the continuation of use of the PGS in case the Portuguese Air Force (FAP) stops using the Windows XP operative system due to the updating of its systems.

Apart from the above, PGS is a closed source software, which implies that it is not possible to the FAP to adapt it to its emerging institutional needs, lying in this moment obsolete and out of place. However it contains the metric processing algorithm and data monitoring that are essential to process the collected data on the helicopter.

Since there is no similar software to the PGS that operates in any computer platform and its operation is necessary to update and process helicopter data the solution presented is the development of a web application that will not substitute completely the PGS but download the information from the database.

The application named Sistema de Apoio à Gestão do EH101 (SAGEH) was developed in OutSystems that consists in updated and flexible tool of simple use. The SAGEH accesses the PGS trough an internet browser and that way it can be used in any operating system, furthermore it gives the FAP total freedom in the control of its functionalities.

For that it is done a study of the systems on board the helicopter, oh the input and output data as well as the way and the structure in which these are kept.

In the end, it is presented both the web application and its data visualization features alongside with the smart anomalies analysis module in the transmission and vibration systems, making it a major tool for the support and decision making in the management of the EH101 helicopter.

Keywords: HUMS, PGS, Web Application, SAGEH, OutSystems

Conteúdo

Agradecimentos	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
Lista de Tabelas	xv
Lista de Figuras	xviii
Lista de Abreviaturas e Símbolos	xx
1 Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Formulação do Problema	2
1.3 Objectivos	4
1.4 Âmbito	5
1.5 Metodologia	5
2 Revisão Bibliográfica	7
2.1 O Sistema de Armas EH101 AW na Força Aérea	7
2.2 Portuguese Ground Station	8
2.3 Health and Usage Monitoring Systems	9
2.3.1 História do HUMS	9
2.3.2 Vantagens do HUMS	9
2.4 Plataforma OutSystems	11
2.4.1 Metodologia Scrum	11
2.5 SIAGFA	13
3 Caracterização das Métricas Monitorizadas	15
3.1 Fluxo de Informação	18
3.1.1 Ficheiros da DTC	19
3.2 Transmission Vibration Monitoring	21
3.2.1 Parâmetros de vibração TVM	23
3.2.2 Aquisições	26
3.3 Motor	27
3.3.1 Engine Electronic Control Unit	28

3.3.2	Engine–HUMS	29
3.4	Monitorização da Estrutura	32
3.5	Sistema de Identificação de Códigos de Avarias	34
4	Ferramenta de Apoio à Gestão do EH101	37
4.1	Estrutura da Base de Dados	37
4.1.1	Estrutura da Base de Dados	38
4.1.2	Modelos de Informação	38
4.1.3	PGS – INGRES	40
4.2	SAGEH	41
4.2.1	Conetor	41
4.2.2	Organização das Páginas	43
4.2.3	Componente de Consulta	44
4.2.4	Componente de apoio à decisão - Smart Tool	55
5	Resultados	65
5.1	Casos Smart Tool	65
5.2	Conclusões dos Resultados	71
6	Conclusões	73
6.1	Recomendações Futuras	75
A	Algoritmos das Queries	77
B	Algoritmo da página Smart Tool	81
	Bibliografia	84

Lista de Tabelas

3.1	Tabela de informação transferida	20
3.2	Tabela de informação estrutural	33
4.1	Condição das aeronaves por número de cauda	45
4.2	Downloads de uma determinada aeronave	46
4.3	Descrição sumária do voo	47
4.4	Métricas guardadas em voo	49
4.5	Métricas dos componentes do voo	50
4.6	Informação TVM	51
4.7	Caixa Usage Summary	52
4.8	Tabela Engine Usage	53
4.9	Tabela Engine Health	53
4.10	Tabela dos dados estruturais	54
4.11	Arisings registados num determinado voo	55
4.12	Tabela dos dados da página Smart Tool	57

Lista de Figuras

1.1	Diagrama da Problemática	4
2.1	Diagrama Scrum	12
3.1	Localização dos computadores do AMS	16
3.2	Localização de alguns componentes do AMS (consola central)	17
3.3	Esquema do processo de transferência de informação para a PGS	19
3.4	Localização dos sensores num esquema do sistema de transmissão	21
3.5	Tabela com as entradas do ficheiro TVM Exceedance	23
3.6	Esquema com as aquisições associadas aos sensores	27
3.7	Esquema do motor e respetivos módulos	28
3.8	Lista hierárquica dos parâmetros presentes no ficheiro Engine Usage	30
3.9	Esquema da localização dos sensores no motor	31
3.10	Esquema dos sistemas cujas falhas são monitorizadas	35
4.1	Diagrama da ligação EH101-PGS-Web Application	37
4.2	Modelo de informação de exemplo (Mapa de autorizações de acesso na PGS)	39
4.3	Estrutura das janelas do SAGEH	44
4.4	Página de entrada do SAGEH	45
4.5	Página de transferências	46
4.6	Página das métricas de voo	47
4.7	Página das métricas de voo com o separador Part Metrics selecionado	49
4.8	Página dos dados TVM	51
4.9	Página dos dados do motor	52
4.10	Página dos dados TVM	54
4.11	Página dos dados TVM	55
4.12	Página Smart Tool	57
4.13	Gráfico exemplo de análise de condição	58
4.14	Pop-up com gráfico e resultados analíticos	59
4.15	Algoritmo da ação Arising Code Interpreter	61
4.16	Algoritmo simplificado do Smart Tool	63

5.1	Excerto da página Smart Tool com as análises de condição possíveis	66
5.2	Arising desprezáveis: 5.2a G1VMM6A17; 5.2b G1VMMFP10; 5.2b G1VMMFP05	68
5.3	Arising alarmantes: 5.3a G1VMMFP16; 5.3b G1VMMFP23; 5.3c G1VMPDVA23; 5.3d G1VMMFP14	70
B.1	Algoritmo da página Smart Tool	82

Lista de Abreviaturas e Símbolos

ACP	<i>Aircraft Control Panel.</i>
AFA	<i>Academia da Força Aérea.</i>
AFCS	<i>Automatic Flight Control System.</i>
AGB	<i>Accessory Gearbox.</i>
AKU	<i>Auxiliary Keyboard Unit.</i>
AMS	<i>Aircraft Management System.</i>
ASMC	<i>Aircraft System Management Computer.</i>
BA6	<i>Base Aérea N°6.</i>
BIT	<i>Built-In-Test.</i>
CAA	<i>Civil Aviation Authority.</i>
CCU	<i>Common Control Unit.</i>
DBMS	<i>Data Base Management System.</i>
DTC	<i>Data Transfer Card.</i>
DTD	<i>Data Transfer Device.</i>
EECU	<i>Engine Electronic Control Unit.</i>
FAP	<i>Força Aérea Portuguesa.</i>
FIFO	<i>First In First Out.</i>
HARP	<i>Helicopter Airworthiness Requirements Panel.</i>
HUMS	<i>Health and Usage Monitoring System.</i>
IAS	<i>Indicated Air Speed.</i>
IBCOS	<i>In-Built Check-Out System.</i>
IDS	<i>Integrated Display System.</i>
IDU	<i>Integrated Display Unit.</i>
IGB	<i>Intermediate Gearbox.</i>
IGE	<i>In Ground Effect.</i>
INGRES	<i>Interactive Graphics and Retrieval System.</i>

IPS	<i>Inlet Particle Separator.</i>
IT	<i>Information Technology.</i>
JHSAT	<i>US Joint Helicopter Safety Analysis Team.</i>
MGB	<i>Main GearBox.</i>
MGM	Módulo de Gestão de Manutenção.
OEI	<i>One Engine Inoperative.</i>
OGE	<i>Out of Ground Effect.</i>
OOA	<i>Object Oriented Analysis.</i>
OOP	<i>Object Oriented Programming.</i>
PGS	<i>Portuguese Ground Station.</i>
SAGEH	Sistema de Apoio à Gestão do EH101.
SFN	<i>Sequence Flight Number.</i>
SIAGFA	Sistema de Informação de Apoio à Gestão da Força Aérea.
SQL	<i>Standard Query Language.</i>
TAS	<i>True Air Speed.</i>
TGB	<i>Tail Rotor Gearbox.</i>
TVM	<i>Transmission Vibration Monitoring.</i>
VDAM	<i>Vibration and Data Acquisition Module.</i>
WOW	<i>Weight-on-Wheels.</i>
WP	<i>Central Warning Panel.</i>

Capítulo 1

Introdução

A Academia da Força Aérea (AFA) é um estabelecimento de ensino superior público universitário militar, que tem como missão essencial formar oficiais para o quadro permanente da Força Aérea Portuguesa (FAP) e ministrar cursos que se revelem de interesse para o desenvolvimento dos conhecimentos aeronáuticos, a nível nacional. Este trabalho representa o último passo para o término da formação e consequentemente a realização de um objetivo pessoal que é tornar-me num futuro Oficial da FAP.

A seguinte dissertação visa apresentar conhecimentos adquiridos ao longo do curso e que serão necessários na execução das funções dos Oficiais Engenheiros Eletrotécnicos. Nomeadamente no que diz respeito à realização de estudos no âmbito do desenvolvimento de sistemas computacionais de aquisição, modificação, apoio e sustentação de um sistema de armas, interpretação de redes informáticas e ainda na área da definição, planeamento e controlo de atividades de manutenção, logística e gestão de componentes de um sistema de armas.

1.1 Motivação

Nas últimas seis décadas o helicóptero evoluiu de um engenho vibratório instável, com graves deficiências na descolagem e com dificuldade em suportar o peso do próprio piloto, para a máquina sofisticada e de capacidades extraordinárias que é atualmente.

Os helicópteros possuem capacidades únicas quando comparados com as aeronaves de asa fixa. Nomeadamente o voo estacionário, os vários graus de liberdade de manobrabilidade e a capacidade de aterrar e descolar verticalmente, com a principal vantagem de não necessitarem de uma pista de aterragem. Por estas razões estes são utilizados em aplicações específicas destacando-se por exemplo a sua operação em áreas de difícil acesso [1].

No início do novo milénio existiam mais de 50000 helicópteros em circulação pelo mundo inteiro [2][3]. As suas aplicações no mundo civil são vastas, como por exemplo ambulância aérea, elevação de carga e combate a incêndios [4]. Contudo é mais extensa a sua utilização no meio militar [5] onde é operado para o transporte de tropas, missões no teatro de operações, vigilância marítima, busca e salvamento entre mais operações [6].

Ao longo dos últimos 40 anos foi possível através de sustentada investigação e desenvolvimento científico em várias aéreas aeronáuticas obter um aumento significativo do desempenho do helicóptero, das capacidades de sustentação do rotor principal, da eficiência em altas velocidades e da fiabilidade mecânica. No entanto, a partir de 1980 deu-se um aumento acelerado na evolução científica ao haver um esforço acentuado na compreensão e resolução de muitos problemas técnicos associados ao voo do helicóptero, particularmente no que diz respeito às limitações aerodinâmicas impostas pelo rotor principal [7].

As constantes melhorias no *design* de novos helicópteros e a crescente viabilidade dos sistemas são resultado da revolução computacional e da introdução de matérias compósitos mais vantajosos no processo de fabrico [8].

A evolução computacional levou ao aumento dos componentes aviónicos a bordo e a sua integração tem no momento um impacto tão significativo que alterou a forma como os helicópteros são operados em voo. As mudanças fazem-se sentir no controlo da aeronave mas também na área da manutenção ao redefinir as filosofias de manutenção e gestão [9].

O crescente desenvolvimento dos sistemas aviónicos permitiu obter mais autonomia e clareza em determinados procedimentos e técnicas aeronáuticas, mudando por completo o paradigma da aviação.

Hoje em dia o helicóptero é seguro e versátil desempenhando um papel importante e único na aviação moderna.

1.2 Formulação do Problema

Na aquisição dos helicópteros EH101 – Merlin por parte do Estado Português, em 2001, foi acordado que fizesse parte deste processo também um *software* de gestão e monitorização deste sistema de armas. Este *software*, designado por *Portuguese Ground Station* (PGS), fazia parte do programa de aquisição porém não foi desenvolvido segundo requisitos da FAP, foi fornecido como um produto definitivo. O *software* centraliza em si funcionalidades de extrema importância para a sustentação/manutenção e gestão do sistema de armas.

A PGS foi criada para correr apenas em ambientes Microsoft Windows, mais concretamente em sistemas operativos XP/ME [10]. O código de desenvolvimento deste *software* é reservado pela empresa que o desenvolveu – Aerosystems International Limited® e portanto não permite que este sistema seja modificado por terceiros. Este fato implica que o *software* desenvolvido seja estanque no sentido em que não há possibilidade de evoluir não permite correções e além disso não permite acompanhar a evolução tecnológica.

A tecnologia tem evoluído de forma exponencial nos últimos anos e os paradigmas de há dez anos atrás encontram-se muito afastados dos atuais. O rumo que os sistemas tecnológicos tomam é um que não deixa espaço para os antigos coexistirem. Isso faz com que os programas tenham obrigatoriamente de acompanhar a evolução sob risco de se tornarem desenquadrados e obsoletos, ao ponto de não se justificar a sua utilização.

No caso da PGS sendo este um *software* que não é atualizado desde a sua introdução na FAP

encontra no momento uma adversidade grande na continuação da sua operação. Isto deve-se ao facto de a Microsoft ter anunciado que em abril de 2014 terminará o suporte ao sistema operativo XP [11]. Esta notícia tem um impacto grande na FAP na medida em que esta tem de tomar medidas uma vez que a grande maioria dos seus sistemas têm por base o sistema operativo XP.

Uma primeira solução possível consistiria em atualizar toda a base informática para um sistema operativo que tenha suporte atualmente, o que invalida a utilização da PGS. Embora existisse uma hipótese de correr o *software* numa máquina virtual que permite simular o Windows XP em outras plataformas, isto acarretaria consigo o uso de computadores com capacidades de processamento superiores para além de eventuais custos com este tipo de *software* e complicações advindas.

A segunda solução passa por a FAP manter o Windows XP o que implica que esta seja responsável pela manutenção do mesmo. Também seria necessário certificar-se que o sistema seja mantido seguro de ameaças que surjam, por desenvolver condições que permitam o uso deste sistema com ferramentas modernas sendo estes apenas os problemas principais.

Ao atualizar o sistema operativo em uso na FAP a PGS deixa de ser operável o que significa que é necessário um *software* novo que tenha as mesmas funções mas que seja compatível com o novo sistema operativo. A requisição de um *software* similar à gIsPGS tem associado um custo elevado. A própria FAP possui conhecimentos para desenvolver uma ferramenta similar à PGS contudo, uma vez que esta executa algoritmos de processamento que são desconhecidos e essenciais. O desenvolvimento de uma ferramenta semelhante requer um esforço grande de *reverse-engineering* cujos resultados são incertos.

A solução proposta que foi implementada nesta dissertação pretende encontrar um meio-termo entre as soluções apresentadas e criar desta forma uma opção para ser possível continuar a operação da PGS e se poder atualizar a “base” informática da FAP para um sistema operativo diferente.

Não abdicando da PGS pois esta contém, como referido, algoritmos que processam parâmetros que são essenciais para a monitorização e gestão do helicóptero, foi desenvolvida uma ferramenta que permite à instituição aceder à informação processada pela PGS sem que o utilizador que a esteja a consultar necessite de ter a PGS instalada na sua máquina ou qualquer outro *software* extra.

Isto é conseguido graças a uma *web application*, que consiste numa aplicação que é executada através do explorador de internet presente em qualquer sistema operativo. Desta forma é preciso apenas manter um computador com o XP e a PGS por posto de atualização que irá recolher informação do helicóptero e transferi-la para a base de dados.

Esta solução tem a mais-valia de minimizar-se a dependência de utilização da PGS no sentido em que esta só é utilizada como ferramenta de transferência de informação para a base de dados. Desta forma o tratamento da informação do helicóptero é tratada pela FAP através de uma *web application* que permite modificar e atualizar o seu sistema podendo-se acrescentar funcionalidades que a própria PGS não possui.

O desenvolvimento do Sistema de Apoio à Gestão do EH101 (SAGEH) consiste num primeiro passo e também numa oportunidade para a integração EH101 no Sistema de Informação de Apoio à Gestão da Força Aérea (SIAGFA). Os restantes sistemas de armas da FAP têm todos os seus dados

numa plataforma transversal que é o SIAGFA que permite a gestão centralizada das aeronaves da FAP. No momento o EH101 não se encontra integrado no SIAGFA dado a sua gestão depender da utilização da PGS.

Numa perspetiva de no futuro ser possível integrar o EH101 ou qualquer outro sistema de armas no SIAGFA é preciso procurar uma forma de fazer a ponte entre o sistema da aeronave e o SIAGFA. É nesta medida que esta tese pretende dar início ao estudo que se foca numa das etapas para este objetivo. Esta etapa consiste na interligação de um sistema de gestão próprio de uma aeronave com outros sistemas que neste caso se trata de uma *web application*, o SAGEH, que poderá ser posteriormente adaptado e implementado no SIAGFA.

Na figura 1.1 podem ser vistos dois diagramas onde o superior representa o modelo atualmente em aplicação que consiste na interligação entre o helicóptero EH101 e a PGS, assente numa base de dados INGRES que é suportada pelo sistema operativo Windows XP. O diagrama inferior pretende mostrar a interligação do EH101 ao SIAGFA. Esta é feita com o modelo atualmente utilizado contudo este permite ser suportado por qualquer sistema operativo. Desta forma torna-se independente da plataforma como é o caso do SIAGFA com a particularidade de o SAGEH constituir um passo para a integração deste sistema no SIAGFA.

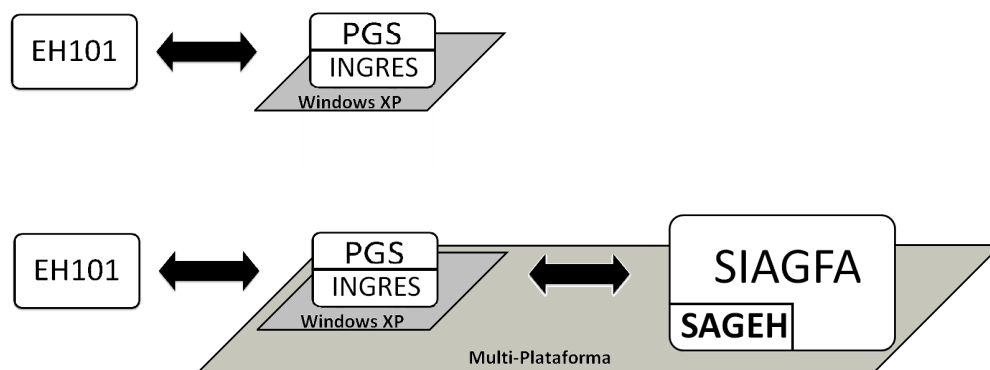


Figura 1.1: Diagrama da Problemática.

1.3 Objectivos

O principal propósito desta dissertação visa apresentar uma solução que permita a continuidade da utilização da PGS na gestão do sistema de armas EH101 ao serviço da FAP.

Além disso pretende-se:

- Identificar o fluxo de informação entre o helicóptero e a *ground station* (computador);
- Apresentar os dados dos sistemas de gestão e monitorização a bordo;
- Identificar os dados guardados pelos componentes nestes sistemas;
- Compreender a organização e a estrutura dos dados na base de dados e conceitos relacionados;

- Desenvolver automatismos de processamento de dados do *Health and Usage Monitoring System* (HUMS);
- Apoiar a tomada de decisão do gestor de frota;
- Criação de uma ferramenta multi-plataforma, flexível e atual.

Todo o trabalho desenvolvido assim como a realização dos objetivos apresentados servem o propósito de estudar e aproximar a intenção da FAP de integrar no futuro o sistema de armas EH101 no SIAGFA, como já sucede com os outros sistemas de armas. Para além disso é também disponibilizada uma ferramenta que permita a automatização, a simplificação e o aumento da eficiência da gestão do helicóptero EH101.

1.4 Âmbito

Esta dissertação destina-se a apresentar uma forma de resolver o problema que consiste em dar continuidade à utilização de uma ferramenta de gestão do sistema de armas, a PGS, e não em criar uma ferramenta que substitua a existente ou a torne dispensável.

O que é possível verificar nesta tese é uma metodologia que foi estudada e apresentada consoante a informação que existia e foi adquirida durante o tempo que se realizou a investigação.

É de referir também que alguns termos e figuras são apresentadas na língua original (língua inglesa) em que foram concebidas por forma a manter a sua integridade semântica e com isso evitar que o seu significado seja alterado.

Todo o texto redigido encontra-se ao abrigo do novo acordo ortográfico da língua portuguesa a par com o que já é aplicado em toda a FAP.

No que diz respeito à estrutura e aspeto formal da dissertação esta foi formada segundo as regras definidas pela AFA no documento "Guia de Preparação da Dissertação/Relatório de Trabalho de Projeto" [12] baseado no "Guia De Preparação Da Dissertação" do Instituto Superior Técnico [13].

1.5 Metodologia

A metodologia foi dividida em duas etapas que culminam com a apresentação de uma solução para o problema apresentado.

Primeiramente é identificado e caracterizado o problema no que diz respeito às suas implicações, alternativas e possíveis soluções. Posteriormente é feita a análise de todo os sistemas envolvidos, das suas entradas e saídas de dados assim como as relações que existem entre eles por forma a compreender e familiarizar com o contexto técnico envolvido. Após o estudo dos sistemas é desenvolvida e implementada uma plataforma que apresenta uma solução ao problema apresentado e que possa trazer inovações para o caso estudado.

A segunda etapa trata do desenvolvimento de uma ferramenta que acede aos dados dos sistemas estudados e os apresenta num formato em função de cada *voo/download*. Esta aplicação por sua

vez engloba uma componente inteligente de caracterização de anomalias com o apoio de gráficos e algoritmos.

No final são tecidas as conclusões do método aplicado, apresentadas as suas funcionalidades e tecidas algumas considerações à operação da ferramenta e são feitas recomendações para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Este capítulo destina-se a apresentar conceitos e temas que são indispensáveis para a contextualização do problema e a sua compreensão. Na revisão bibliográfica serão introduzidos assuntos cujo intuito é fazer uma descrição sumária de determinados conceitos para que o leitor seja devidamente contextualizado nos conhecimentos técnicos e do paradigma que é tratado nesta dissertação.

Primeiramente será apresentado o sistema de armas que consiste na razão de ser do problema. Será feita uma resenha histórica do helicóptero desde a sua introdução na FAP até à sua utilização operacional.

De seguida é descrito o programa que faz a gestão e monitorização do sistema de armas a PGS. São apresentadas as suas funções, os seus modos (*Client e Server*), a base de dados e uma descrição sumária do seu funcionamento.

A seguir é tratado o sistema de monitorização e controlo de condição HUMS a bordo dos helicópteros. É descrito em que consiste o HUMS, os benefícios que traz a sua implementação e o seu surgimento.

No final é apresentada a Plataforma OutSystems que concentra um conjunto de ferramentas que vão permitir a criação da ferramenta que é apresentada no final da dissertação. São também introduzidos conceitos de programação alinhados à utilização deste tipo de plataformas, a metodologia existente e suas vantagens.

2.1 O Sistema de Armas EH101 AW na Força Aérea

O sistema de armas EH101 é indubitavelmente uma aeronave de bastante importância para a FAP, prova disso são as 10.000 horas de voo que se registaram em 9 de julho de 2010 ao serviço da Esquadra 751 que o opera desde do ano de 2005. A aquisição deste sistema de armas data de 20 de dezembro de 2001 onde foram adquiridos 12 helicópteros, para substituírem as funções dos antigos SA-330 Puma, que se encontravam em serviço desde a década de 1960.

O EH101 caracteriza-se por ser um helicóptero que se destaca pela sua performance e pelo seu equipamento. Encontra-se na vanguarda da tecnologia aeronáutica além disso possui uma capacidade

de evolução tecnológica, adequando-se assim para o emprego operacional a que se destina, primariamente operações de busca e salvamento. As suas características de alcance são um ponto fulcral tomando em conta a nossa situação geográfica e também por possuímos uma das maiores áreas de responsabilidade do mundo na prestação do serviço de Busca e Salvamento.

A Esquadra 751 que opera este sistema de armas conta com mais de 2900 pessoas salvas fazendo jus ao seu lema – “Para que outros vivam” [14].

2.2 Portuguese Ground Station

Quando foram adquiridas as aeronaves fazia parte do contrato de aquisição o fornecimento de um *software* de apoio à gestão específico à FAP que se designou por *Portuguese Ground Station* (PGS).

A PGS é composta por dois módulos, o primeiro é o *Server* e o segundo é o *Client*. Quando se enuncia apenas a PGS está-se a fazer referência ao modo *Client* caso contrário é especificado o módulo *Server* [10].

O módulo *Server* consiste numa base de dados relacional INGRES, na versão II, que é responsável pela organização e gestão de toda a informação do EH101. A sigla INGRES significa *Interactive Graphics and Retrieval System* e consiste num *Data Base Management System* (DBMS), ou seja, é um conjunto de programas utilizados para definir, administrar e processar bases de dados [15].

O *Client* é o módulo que é utilizado para visualização da informação alojada na base de dados. Efetua um conjunto de operações de gestão de frota e tem as seguintes capacidades:

- Processar os dados descarregados da aeronave;
- Indicar o nível de prontidão;
- Planeamento e registo de atividades de manutenção;
- Transferir os dados relativos à condição, à utilização e às falhas detetadas dos diversos sistemas integrados;
- Efetuar análises gráficas e estatísticas a dados;
- Registrar e monitorizar trabalhos de manutenção;
- Monitorização dos tempos de vida dos componentes;
- Gestão de configuração;
- Controlo de ordens técnicas.

É no módulo *Client* que o gestor do sistema de armas visualiza toda a informação que lhe permite gerir todo o sistema de armas e onde os elementos da manutenção consultam informação referente a componentes do helicóptero.

Esta plataforma foi desenvolvida pela *Aerosystems International Limited* e desenhada especificamente para ambientes Microsoft Windows ME/XP, datada do ano de 2004.

2.3 Health and Usage Monitoring Systems

Os sistemas HUMS foram concebidos para monitorizarem de forma automática a condição dos componentes mecânicos existentes num helicóptero, assim como do desgaste da fuselagem e de componentes dinâmicos.

2.3.1 História do HUMS

Os sistemas HUMS têm origem em aplicações na indústria petrolífera em alto-mar. No início dos anos 70 foram utilizados os primeiros sistemas que com o auxílio de sensores de vibração e luzes estroboscópicas, mediam informações de fases dos sinais. Métodos semelhantes eram também utilizados na balanceamento de maquinaria rotacional que permitam posteriormente determinar a quantidade de pesos e local onde estes teriam de ser colocados por forma a equilibrar as maquinarias.

Nos anos 80 foram desenvolvidos algoritmos baseados em modelos lineares que permitiam suavizar os movimentos dos rotores sendo que apenas em meados dessa década é que surgiu o conceito de um sistema completo de monitorização de vibrações em helicópteros.

Os primeiros helicópteros a serem equipados com HUMS foram os que operavam em plataformas petrolíferas numa tentativa de reduzir o número de acidentes.

Na sequência de um elevado número de acidentes no Mar do Norte a *Helicopter Airworthiness Requirements Panel* (HARP) da *Civil Aviation Authority* (CAA) do Reino Unido emitiu um relatório que relatava que o risco de operação de helicópteros no Mar do Norte era demasiado elevado levando a que a HARP recomendasse um conjunto de procedimentos para mitigar esta situação. Uma das recomendações consistia na instalação permanente de equipamentos de monitorização de vibrações. Com base nesta recomendação foram desenvolvidos projetos para o desenvolvimento de sistemas de monitorização de vibrações em helicópteros que foram ao longo do tempo evoluindo.

Em 1999 a CAA torna o uso do HUMS obrigatório em todos os helicópteros de categoria pesada registados no Reino Unido [9].

O HUMS partiu inicialmente de uma vontade de tornar os helicópteros mais seguros mas rapidamente demonstrou-se que estes sistemas capazes de descrever a condição atual de componentes críticos teriam benefícios consideráveis na área da manutenção e na redução de custos.

2.3.2 Vantagens do HUMS

O HUMS permite a gravação de dados referentes ao desgaste estrutural e nos veios de transmissão, às vibrações nos sistemas de transmissão, ao rotor, à distribuição de peso e aos requisitos energéticos do rotor. O HUMS não só monitoriza a condição de componentes rotativos tais como as caixas de redutoras, rolamentos, motores e rotores através da análise de vibrações mas também grava informação paramétrica para análises de desgaste e registo de anomalias.

A principal vantagem da implementação de sistemas HUMS é refletida num aumento da segurança. A informação adquirida por estes sistemas inteligentes permite aos operadores e aos gestores

tomarem decisões informadas sobre o voo e a manutenção.

Os benefícios do HUMS são descritos de seguida:

- Aumento da segurança:
 - Existem exemplos em como a deteção atempada de uma falha pode levar a evitar uma aterragem de emergência ou até a uma falha catastrófica em voo [9]. A segurança pode ser aumentada com a tomada de decisões fundamentadas em conhecimentos fornecidos pelo HUMS que contribuem para a redução ou até à extinção de risco em voo.
- Diminuir o peso da manutenção:
 - Com o HUMS é possível identificar falhas com antecedência pelo que podem ser estabelecidos planos de manutenção em concordância por forma a impedir falhas e danos nos sistemas. Desta forma a manutenção é executada de forma mais eficiente traduzindo-se num ganho de segurança e de custos.
- Aumento de prontidão e disponibilidade:
 - Para os gestores de frotas a prontidão e disponibilidade é um fator de extrema importância sendo no meio militar um aspecto fulcral. Através do HUMS é possível reduzir o tempo nas inspeções não programadas além de que este permite fazer uma previsão das ações de manutenção podendo estas serem antecipadas.
- Redução de custos de operação e suporte:
 - Os custos de reparação podem ser reduzidos ao identificar-se uma falha antes de essa poder danificar outros sistemas de forma colateral além de que a capacidade de reparar ou substituir um componente danificado com antecedência aumenta o tempo de operação da aeronave o que trás valor acrescentado à instituição que a opera.

Além dos benefícios referidos existem outros que são indiretamente obtidos como:

- Aumento da confiança do piloto na aeronave;
- A possibilidade de gerir as ações de manutenção a longo-prazo;
- A capacidade de monitorizar uma condição de frota inteira, independentemente da localização física;
- O uso de informação histórica e específica sobre certas aeronaves permite antever a ocorrência de avarias.

Alguns destes benefícios foram estudados e comprovados como por exemplo o estudo feito pela *US Joint Helicopter Safety Analysis Team (JHSAT)*. A JHSAT observou que 26% dos acidentes de helicópteros no ano de 2000 se deveram a falhas em componentes/sistemas das quais 47% podiam ter sido evitadas com recurso a HUMS ou outro sistema equivalente [16].

No capítulo 3 irão ser apresentados e descritos alguns sistemas que fazem parte do HUMS, nomeadamente os sistemas *Transmission Vibration Monitoring (TVM)*, *Engine-HUMS* e *In-Built Check-Out System (IBCOS)*.

2.4 Plataforma OutSystems

A OutSystems® é uma empresa que comercializa um conjunto de ferramentas formando a "Plataforma OutSystems". Esta permite desenvolver aplicações empresariais numa estrutura *web-based* utilizando metodologias de desenvolvimento ágeis.

Esta plataforma reúne um conjunto de características que a tornam ideal para clientes que já possuem as suas próprias aplicações e que as queiram emigrar para plataformas mais atuais e modernas.

A Plataforma OutSystems permite:

- Desenvolver aplicações empresariais melhores e em menos tempo;
- Estender a plataforma com código e bibliotecas já existentes;
- Gerar e correr aplicações *Java* e *.Net* de forma mais otimizada;
- Criar interfaces de utilizador em formato *web* e *mobile*;
- Ter aplicações extremamente seguras;
- Um método de aprendizagem fácil.

Com esta plataforma existe a possibilidade de ter uma equipa a trabalhar para um produto final ficando cada equipa com um módulo do produto. No final são reunidos todos os módulos e é criado o produto final, contudo a este podem ser ainda acrescentadas novas funcionalidades e corrigidos erros independentemente do tempo de vida das aplicações sem apresentar com isso graves entraves para os utilizadores do produto.

O método de desenvolvimento não consiste em linhas de código, embora essa forma exista, mas mais programação visual *drag'n'drop*. Este método permite a criação de modelos de dados, interfaces, interligações, lógica e muito mais apenas por efeito visual. Esta forma de programação faz assim com que as aplicações sejam mais perceptíveis e fáceis de entender levando a que o desenvolvimento seja mais célere em resposta às necessidades.

2.4.1 Metodologia Scrum

Além da plataforma esta ferramenta diferencia-se de outras na medida em que assenta numa metodologia de desenvolvimento baseada em conceitos *Scrum* [17].

Na seguinte figura 2.1 é representado todo o processo deste método que representa uma forma de desenvolvimento de projetos organizada e sistematizada.

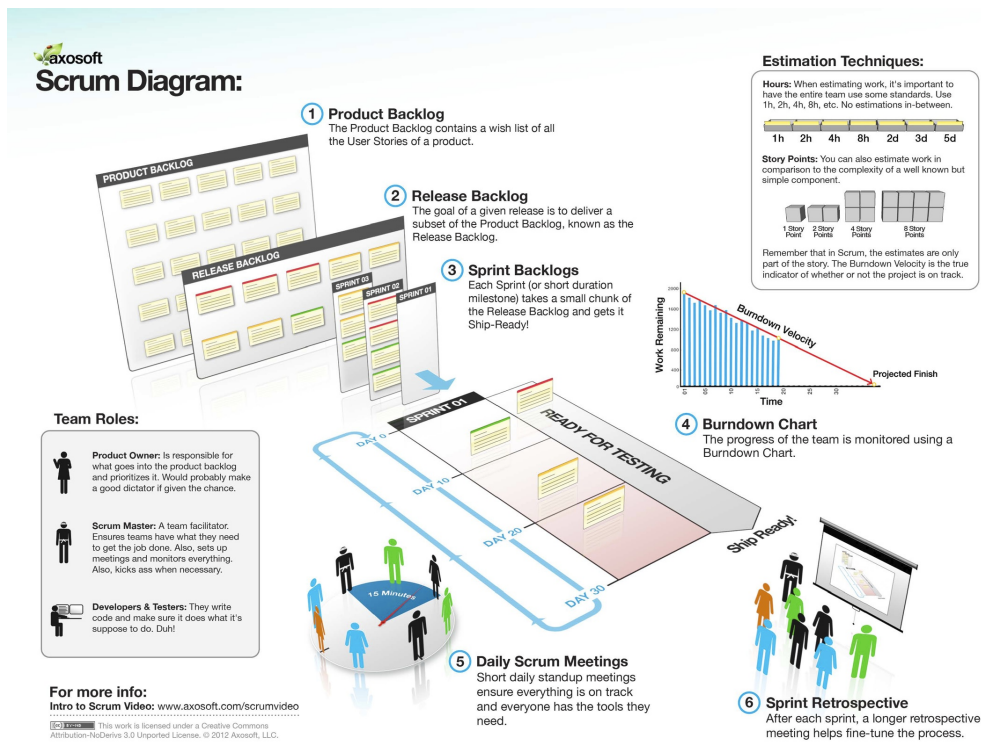


Figura 2.1: Diagrama Scrum. (Fonte: Axosoft [18])

Segundo o *Scrum*, um projeto é composto pelo *Product Owner* que é o responsável pelo *Product Backlog* e por definir as prioridades do mesmo. No *Product Backlog* encontram-se todas as exigências pedidas para qual se destina o produto.

De seguida são organizadas todas as exigências no *Release Backlog* e repartidas por *Sprints* que compõem sub-tarefas do produto que por sua vez contêm um prazo para serem concluídas. Cada *Sprint* pode por sua vez ser dividido em mais tarefas pelos elementos responsáveis contudo no fim um *Sprint* tem de ser funcional como uma aplicação independente.

O prazo estimado de conclusão de um *Sprint* pode ser definido segundo várias técnicas cabendo neste caso à equipa a decisão de como os definir.

À medida que decorrem os *Sprints* são elaborados pelos *Developers* e testados pelos *Testers*, o *Scrum Master* que é o responsável pela equipa, pode monitorizar o desenvolvimento da equipa no *Burndown Chart*. Este gráfico permite ter uma perspetiva da evolução do produto e do ritmo do trabalho podendo com isto verificar-se se o prazo final será cumprido. Também é possível identificar se é necessário ajustar o esforço tendo uma noção do trabalho que foi feito em função das horas aplicadas.

Para que este método funcione o mais fluente e integrado possível são realizadas reuniões diárias para verificar se o processo está a decorrer segundo o previsto e para haver partilha de informação entre as equipas de diferentes *Sprints*.

No final de cada *Sprint* é feita uma reunião denominada *Sprint Retrospective* ou *Demo*, por forma a corrigir eventuais erros que possam existir.

2.5 SIAGFA

O SIAGFA é um sistema que integra diferentes módulos de várias áreas da FAP. Estas áreas constituem a Logística e Administrativa, Operacional e Pessoal, sendo que dentro destas mesmas existem módulos com funções específicas à área.

Dentro da área da Logística e Administrativa encontra-se o módulo SIAGFA-MGM (Módulo de Gestão de Manutenção) que trata dos registos de ações de manutenção, controlo de configuração, monitorização dos componentes instalados assim como dos históricos e outras informações relevantes associadas a uma determinada aeronave.

Esta plataforma é suportada por um *Data Base Management System* (DBMS) ORACLE e está interligada com todos os sistemas de armas da FAP sendo que o helicóptero EH101 não se encontra integrado no SIAGFA uma vez que este depende do uso da PGS.

Capítulo 3

Caracterização das Métricas Monitorizadas

A primeira fase desta dissertação passa pela caracterização das métricas relacionadas com os sistemas a bordo do helicóptero. Para isso é fulcral compreender e analisar a arquitetura aviónica.

É de notar que o EH101 contém um conjunto de sistemas aviónicos que se encontram interligados formando assim um sistema maior, único e coerente. Este formato unificado traz vantagens na medida em que as rotinas de controlo e monitorização podem ficar sobre a total responsabilidade de um computador principal e com isso a informação encontra-se centralizada. Todos os sistemas comunicam entre si através de ligações de dados (MIL–STN 1553B e ARINC 429) partilhando assim entre eles informações.

O sistema primário é designado por *Aircraft Avionic System* e é a principal área de processamento onde são tratadas todas as funções de gestão. Por sua vez este sistema divide-se nos seguintes subsistemas:

- *Aircraft Management System (AMS)*;
- *Automatic Flight Control System (AFCS)*;
- *Integrated Display System (IDS)*;
- *Communications*;
- *Navigation*.

Destes subsistemas apresentados irá ser apenas focada atenção no AMS uma vez que é este o mais importante do ponto de vista da manutenção de todos os equipamentos em funcionamento. Este ocupa-se do processamento de todas as operações aviónicas, cálculos de navegação e monitorização dos sistemas.

Além destas funções o AMS é responsável pelas seguintes áreas:

- Monitorização da condição da aeronave e dos sistemas aviónicos;

- *Health and Usage Monitoring System* (HUMS);
- Monitorização e cálculo do desempenho da aeronave;
- Cálculos de navegação;
- Gestão de comunicações;
- Gestão de sistemas de *Identification Friend or Foe* (IFF);
- Gestão dos sensores de navegação;
- Gestão de alarmes;
- Gestão dos *displays* do *cockpit*.

É ainda o AMS que faz a interface, processamento e digitalização de todos os sinais analógicos e discretos que são gerados pelos sensores a bordo onde são medidos dados de temperaturas, vibrações, pressões, velocidades entre outras.

O AMS utiliza dois computadores para executar as funções acima referidas (*Aircraft System Management Computer* – ASMC 1 e 2). Tratam-se de dois para que exista redundância, critério essencial no mundo aeronáutico. Assim caso exista uma anomalia em um dos computadores é colocado automaticamente em operação o segundo. Ambos processam a mesma informação sendo que apenas um, o *master* ASMC reencaminha informação pelo *data link*.

O ASMC encontra-se localizado no *rack* dos aviônicos conforme pode ser visualizado na seguinte figura:

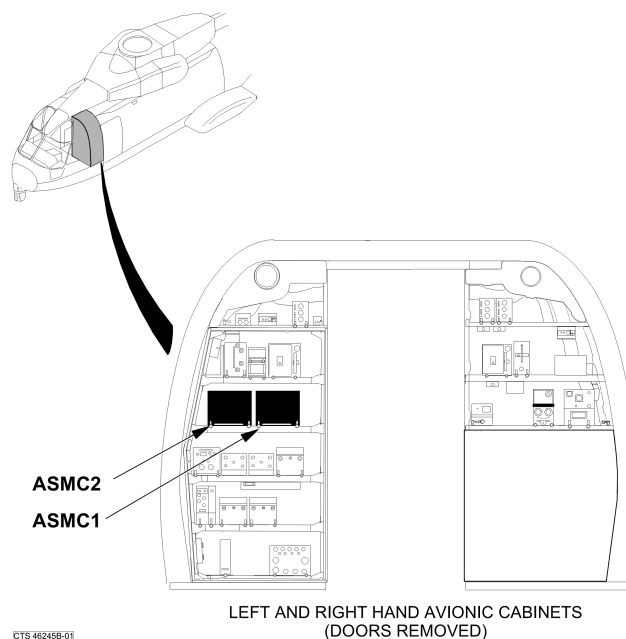


Figura 3.1: Localização dos computadores do AMS.

Todos os dados enviados ao AMSC são monitorizados e a sua condição é apresentada nos monitores que existem a bordo, nomeadamente no *Integrated Display System* (composto pelos vários *Integrated Display Units*), no *Central Warning Panel* (CWP) ou ainda no *Common Control Unit* (CCU).

Além dos componentes já referidos o AMS contém ainda dois *Auxiliary Keyboard Unit* (AKU) e um *AMS Control Panel* (ACP) com *Data Transfer Device* (DTD) integrado. O AKU são dois teclados que se encontram instalados no painel principal de instrumentos e que estão associados ao respetivo CCU, permitindo selecionar as opções que são apresentadas nos mesmos. O ACP mostra o estado atual de cada ASMC e o seu modo de operação. Este encontra-se no lado esquerdo da consola central e divide-se em duas secções, um painel de controlo – o *AMS Control* e o DTD.

Na figura 3.2 é possível observar a localização de alguns componentes do AMS:

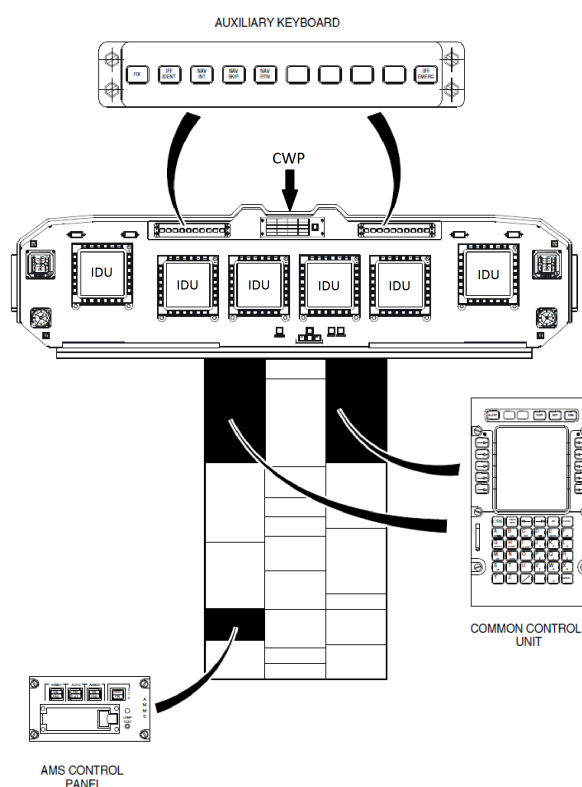


Figura 3.2: Localização de alguns componentes do AMS (consola central).

O AMSC tem também como função monitorizar os componentes e a condição da aeronave (HUMS) e é através deste sistema que são obtidos as métricas da aeronave.

O HUMS é um subsistema que se encontra integrado no AMS. Este é responsável por recolher informação dos vários sensores distribuídos pela aeronave. Estes sensores podem fornecer informação de uma anomalia e fazer despoletar um aviso que alerta a ocorrência da transposição de um valor limite de operação para um determinado componente ou que existiu uma falha de equipamento. Nestas situações a tripulação a bordo será notificada e a informação HUMS será guardada em registos de manutenção que serão descarregados para posterior análise.

Embora toda a monitorização seja feita pelo HUMS existem ainda outros subsistemas que monitorizam apenas alguns componentes. Estes subsistemas são constituídos por um conjunto de sensores

que debitam dados de parâmetros de voo característicos a cada um. Nos seguintes subcapítulos serão abordados estes subsistemas que representam informação que é descarregada após o voo e é importante para análise posterior ao voo.

3.1 Fluxo de Informação

Antes de serem abordadas as métricas que são fornecidas pelo HUMS irá ser descrito todo o processo que permite adquirir e analisar os dados numa estação terrestre, a PGS.

Como foi referido anteriormente, existe na consola central, no painel de controlo do AMS, o DTD que permite ler ou guardar informação proveniente de um *Data Transfer Card* (DTC). Este equipamento utiliza cartões do tipo Personal Computer Memory Card International Association (PCMCIA) de 64 megabytes e tem uma capacidade de transferência de 0.1 megabytes por segundo.

O controlo do *Data Transfer Card* (DTC) é feito através dos botões no ACP que vão fazer com que o AMS exerça os seguintes comandos sobre o DTD:

- Guardar informação dos ASMC para o cartão;
- Transferir informação do cartão para os dois ASMC simultaneamente.

Após cada voo, inclusive os voos de manutenção, são recolhidos os dados da aeronave para o DTC que tem de ser previamente formatado por forma a ser aceite para o processo de transferência. De seguida é feito o carregamento dos dados através de um leitor DTC para um computador que tenha a PGS.

A PGS vai então fazer uma leitura do seu conteúdo e conseqüentemente atualizar a base de dados INGRES® com as últimas informações dos registos criados pelo AMS.

Através destes registos irá ser atualizada informação como por exemplo dados de velocidade e temperatura guardados em voo e que serão comparados com os limites máximos e mínimos definidos na PGS.

Uma vez atualizada a base de dados a informação é processada segundo algoritmos que permitem depois tomar decisões de gestão e manutenção. São criados parâmetros que permitem analisar o desgaste e a longevidade dos componentes. Com uma visão sobre a evolução e a tendência de determinados parâmetros ao longo do tempo pode dar informação valiosa sobre por exemplo flutuações ao nível das vibrações. A taxa de crescimento de um parâmetro de utilização, é um dado que pode ajudar a identificar problemas mecânicos e mudanças nos padrões de comportamento.

Todo o processo encontra-se sintetizado na figura 3.3.

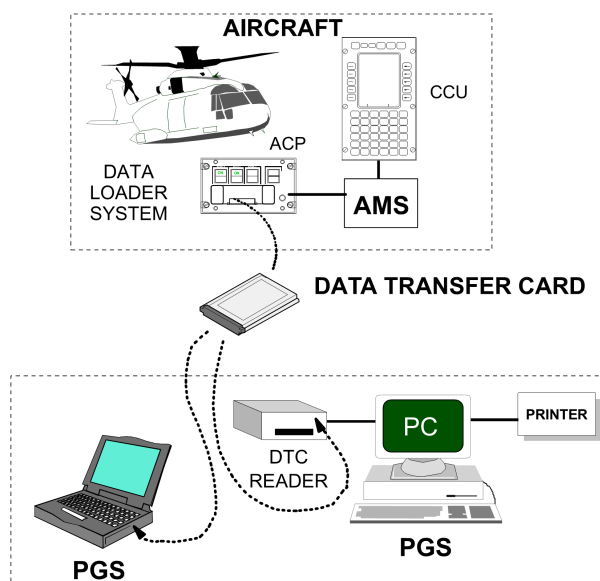


Figura 3.3: Esquema do processo de transferência de informação para a PGS.

3.1.1 Ficheiros da DTC

No processo de transferência de informação entre o helicóptero e o computador pessoal, ou seja entre o *Data Transfer Device* (DTD) e a PGS, é possível analisar a informação que vai ser acrescentada à base de dados. Desta forma consegue-se ter conhecimento do tipo de dados que são introduzidos na PGS antes de esta os processar.

Isto é feito com o recurso a um programa independente da PGS, denominado por *Portugal AMSS Test Rig*. Esta ferramenta tem a finalidade de servir como uma forma de validar o conteúdo do DTC sem ter que comprometer a informação na PGS.

Ao aceder aos dados através *Test Rig* é possível identificar a informação que é extraída do helicóptero sem sofrer qualquer tipo de processamento. Esta forma representaria também uma alternativa viável para a transferência dos dados do EH101 para o SIAGFA embora implicasse uma abordagem diferente da aplicada. Sendo necessário para aplicar esta opção um estudo sobre os algoritmos que são aplicados nos dados não processados no *Test Rig* e com isso implementar o que se designa por *reverse engineering*. Uma vez encontrados os algoritmos de processamento da PGS poder-se-ia mesmo abolir a utilização desta e implementar os seus algoritmos num outro sistema sem as limitações da PGS.

Não foi seguida esta abordagem uma vez que era mais importante obter os dados existentes no helicóptero do que estudar os algoritmos que os geravam e portanto foram estudados os dados a partir da PGS já processados.

Conforme foi referido anteriormente a informação da aeronave que é gerida pelo *Aircraft Management System* (AMS) é organizada sobre a forma de registos que consistem em ficheiros que contêm informação referente a cada registo. Os ficheiros que são transferidos encontram-se na tabela 3.1.

A informação dos ficheiros é dividida em quatro áreas: *maintenance*, *performance*, *navigation* e *communication*. Destas áreas apenas serão analisados os ficheiros e as informações referentes à primeira área, *maintenance*. Isto porque os dados que são processados na PGS são desta área sendo

Data Files	File Name	Remarks
Maintenance Data		
Fault Log	FAULH	All plant logs
Engine Exceedance log	EEXDR	For all 3 engines
Engine usage log	EUSGR	For all 3 engines
Engine PPI	EPPIR	For all 3 engines
Wear debris	XMNSW	For the gear boxes
Transmission usage	TRUSH	
Enhanced structural usage	ENUSD	
TVM exceedance	TVMED	
TVM operation	TVMOD	
TVM normal	TVMND	
TVM raw signal	TVMRD	
Performance Data		
Weight and distance	AWCGD	Aircraft, Crew, Kit, Pax & Hook
Engine PPI Matrices	PERFP	Matrices for TIT, NG & installation losses
Navigation Data		
Area navigation	ANAVD	Flight plans, waypoints etc
Integrated navigation	INIT	Initial position, mag var, wind, bulk water & surface wind
ADF	ADF	Preset frequencies/channels
TACAN	TACAN	Preset frequencies/channels
VOR	VOR	Preset VOR/ILS frequencies/channels
Communication Data		
Communications	COMMD	Preset frequencies/channels for V/UHF & HF, also HF SELCAL address
IFF	IFFMD	Mode S data & mode 2 code
Cyclic offset Data		
Cyclic offset	OFFSET	Cyclic offset data

Tabela 3.1: Tabela de informação transferida.(Westland Helicopters [19])

os outros dados caracterizados como operacionais e portanto não sujeitos a tratamento por parte da PGS. Uma vez que os sistemas encontram-se muitas das vezes interligados em redes complexas de partilha de informação os ficheiros *maintenance* foram divididos nas seguintes subáreas:

- TVM;
- Engine;
- Structure;
- Faults.

Estas subáreas têm a finalidade de simplificar e tornar a informação mais perceptível. De seguida serão descritos os seus elementos e métricas associadas assim como os sensores que as compõem.

3.2 Transmission Vibration Monitoring

O sistema *Transmission Vibration Monitoring* (TVM) fornece ao HUMS informação estrutural e dinâmica sobre a condição da aeronave no que diz respeito ao sistema de transmissões e vibrações nos rotores. A aquisição de informação TVM inicia-se automaticamente logo após o arranque do AMS e pode ser solicitada pela tripulação no CCU sendo que esta também se encontra guardada nos ficheiros TVM.

O TVM tem como função monitorizar o sistema de transmissão com base na análise de vibrações. Ao ocorrerem desvios do funcionamento padrão das vibrações dos componentes rotativos é possível identificar anomalias provenientes do desgaste dos rolamentos e engrenagens. Este método permite caracterizar o desgaste dos componentes e feito com o recurso a 15 acelerómetros e dois sensores de fase instalados por todo o sistema de transmissão como é possível verificar na figura 3.4.

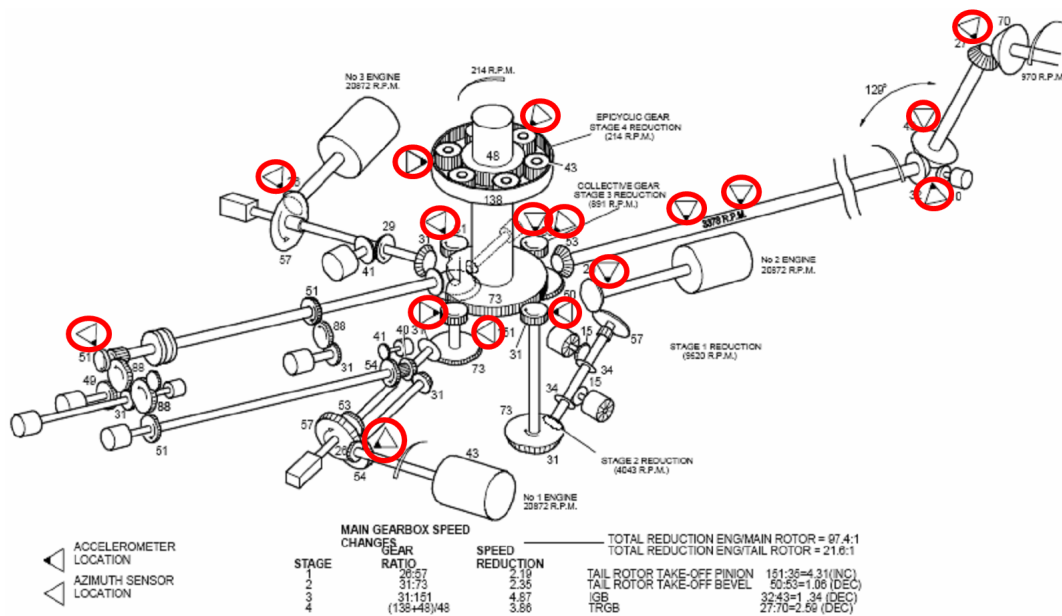


Figura 3.4: Localização dos sensores num esquema do sistema de transmissão.

Os acelerómetros permitem medir as vibrações de vários pontos do sistema de transmissão enquanto os sensores de fase geram um sinal que permite relacionar o instante temporal com a velocidade de rotação, sendo possível determinar a posição angular dos componentes.

Na íntegra o sistema TVM é constituído por:

- 15 acelerómetros piezoelectricos:
 - 10 na caixa redutora principal – Main Gearbox (MGM);
 - 1 na caixa redutora de acessórios – Accessory Gearbox (AGB);
 - 1 na caixa redutora de acessórios – Intermediate Gearbox (AGB);
 - 1 na caixa redutora intermédia – Intermediate Gearbox (AGB);
 - 1 na caixa redutora traseira – Tail Rotor Gearbox (TGB);
 - 2 no veio do rotor de cauda.

- 2 sensores de fase:
 - 1 na caixa redutora principal – MGB;
 - 1 na caixa redutora intermédia – IGB.

- 2 módulos de aquisição de dados de vibração – Vibration and Data Acquisition Module (VDAM).

Os dois módulos de aquisição de dados (VDAM) são placas de aquisição integradas no ASMC que recebem individualmente metade da informação sobre as vibrações dos acelerómetros. Os dados dos sensores são comparados com os limites pré-definidos e consequentemente são registados em ficheiros específicos (TVM *Normal* ou TVM *Exceedance*). Toda esta informação pode ser acedida em qualquer momento pelos CCUs sendo que também é descarregar no fim do voo através da DTC para a PGS.

O sistema TVM pode operar em dois modos, no modo *continuous* onde um ciclo completo é constituído por 31 aquisições e pelo modo *single* onde é feita apenas uma aquisição a pedido do operador. Por defeito o TVM opera no modo *continuous* que é automaticamente ativado ao arrancar o helicóptero e permanecerá assim até ser desligado. Durante a operação existe ainda a opção de requer uma única análise do tipo tratada (SINGLE ACQ) ou então não-tratada (RAW DATA) sendo que no final de ser adquirida e guardada o sistema volta novamente para o modo *continuous* (AUTO ACQ). Uma análise não-tratada consiste na aquisição de dados que não são sujeitos a qualquer processamento.

A informação TVM que é adquirida automaticamente fica registada no ficheiro designado por TVM *Normal* até um máximo de 24 conjuntos de aquisições – *cycles*. Cada *cycle* armazena 30 minutos de informação perfazendo assim os 24 *cycles* um total de 12 horas de voo. Quando o ficheiro fica lotado em 80% o que corresponde a 20 *cycles* é despoletado um alerta *TVM NORMAL LOG FULL*. Quando é atingida a lotação máxima os dados conjuntos mais antigos serão apagados para dar espaço aos mais recentes numa lógica *First in First Out* – FIFO. Além destes ficheiros o TVM guarda até dois *cycles* de médias temporais dos parâmetros TVM que se designa por sinais *Raw* (não-processados) no ficheiro TVM *Raw Signal*. Os ficheiros mencionados fazem parte dos dados de manutenção como é possível observar na tabela 3.1.

Quando os dados TVM adquiridos excedem os limites de operação predefinidos são guardados no ficheiro TVM *Exceedance Log*. Além dos valores medidos pelos sensores a própria condição dos mesmos é monitorizada, nomeadamente as ocorrências de falhas no TVM *Operation Log*. Tanto os *Exceedance* como os *Operation Logs* têm a capacidade de guardar até 200 entradas sendo que quando os ficheiros se encontram 80 % preenchidos é dado o alerta de *TVM EXCEED LOG FULL* ou *TVM OP LOG FULL* no CCU.

Estes dois ficheiros guardam informação sobre a anomalia fazendo referência ao subsistema (*Subsystem*) a que pertencem e a respetiva identificação do componente (*Line Replacement Unit* – LRU). No caso do TVM *Exceedance* pode ser vista uma tabela com as entradas possíveis na figura 3.5.

SUB SYST	LRU	MEANING	REMARKS
CYCLIC	TVM FAIL		
TVM	FAIL	Failure detected by TVM built in test	
A##	F SHRT	Failed short circuit	
A##	F OPEN	Failed open circuit	
TVM	PROTOCOL FAIL	Auto sequence not following correct protocol	
TVM	TIMEOUT FAIL	To long to process data	
ACQi	PRM AZ FAIL	Primary azimuth fail	
ACQi	PRM AZ UNLOCK	Unable to lock onto to primary azimuth	
ACQi	BCK AZ FAIL	Back up azimuth fail	
ACQi	ACCEL LOW LEVEL	Low signal from accelerometer	
ACQi	A/D SATURATION	Analogue/digital saturation	
ACQi	CONVERGENCE FAIL	Signal average process convergence fail	
TVM	EXC LOG FULL	400 entries in exceedance log	
ACQi	P2P TH1 MAINT	lower threshold exceedance	
ACQi	P2P TH2 MAINT	exceedance of higher threshold	
ACQi	PDV1 TH1 MAINT	as above	
ACQi	PDV1 TH2 MAINT	as above	
ACQi	PDV2 TH1 MAINT	as above	
ACQi	PDV2 TH2 MAINT	as above	
ACQi	MFP TH1 MAINT	as above	
ACQi	MFP TH2 MAINT	as above	
ACQi	M6A TH1 MAINT	as above	
ACQi	M6A TH2 MAINT	as above	
ACQi	S1R TH1 MAINT	as above	
ACQi	S1R TH2 MAINT	as above	
ACQi	S2R TH1 MAINT	as above	
ACQi	S2R TH2 MAINT	as above	

Figura 3.5: Tabela com as entradas do ficheiro TVM Exceedance.(Westland Helicopters [19])

3.2.1 Parâmetros de vibração TVM

O sistema HUMS analisa a condição do sistema TVM com base em sete índices [20] que são obtidos por quatro algoritmos computacionais. Os parâmetros, denominados por TVM *Vibration Parameters*, são descritos a seguir:

- PDVa

(*Phase Demodulation Variance – 1st gear*): Este índice é calculado por modulação

de baixa frequência das bandas laterais da frequência de engrenamento. Este parâmetro permite detetar desalinhamentos, falhas nos acoplamentos dos veios, falhas nas almas dos veios e desalinhamento devido a danos nos rolamentos. Trata-se de parâmetro adimensional e característico à caixa de transmissão em análise, sendo que valores aceitáveis podem ser definidos pelos valores de base recolhidos após instalação da caixa de transmissão. As anomalias são dadas por um aumento significativo de pelo menos uma ordem de grandeza do valor médio calculado em relação ao valor base. Este indicador providencia resultados estáveis e fiáveis apenas para engrenagens em que a frequência de engrenamento seja identificável de forma clara e indistinta.

- **PDVb**

(*Phase Demodulation Variance – 2nd gear*): Este índice é calculado do mesmo modo que o anterior mas para a segunda engrenagem.

- **M6A**

(*Enhanced signal 6th order momentum*): Este parâmetro adimensional é dado pela medida estatística de eventos impulsivos localizados. Deteta picos isolados como os provocados por defeitos localizados. O valor do índice pode decair à medida que o dano se vai distribuindo.

- **P2P**

(*Peak to Peak*): Este parâmetro mede o sinal pico a pico em g's. É sensível a picos no sinal provocados por qualquer tipo de anomalia como sejam defeitos na superfície de dentes das engrenagens e fissuras iniciadas a partir da superfície. Ainda que valores típicos possam ser definidos, o ajuste dos limites de operação para este parâmetro são específicos ao ponto de terem que ser definidos para cada sistema de transmissão. Tal como no M6A valores aceitáveis podem ser encontrados por determinação dos valores de base após instalação da caixa de transmissão e sendo valores anómalos dados por aumentos significativos (aproximadamente três vezes) do valor médio obtido em relação ao valor base. Este indicador apresenta as mesmas valências na deteção de falhas que o M6A mas é menos sensível na fase inicial de desenvolvimento das falhas.

- **MFP**

(*Mesh Frequency Power*): Este índice calcula a percentagem de energia obtido fora das frequências engrenamento principais e das suas harmónicas mais relevantes, sendo que deteta a redistribuição de energia que ocorre com o desenvolvimento de defeitos em dentes múltiplos. Este parâmetro varia de caixa para caixa de transmissão sendo que valores aceitáveis podem ser encontrados por determinação dos valores de base após instalação da caixa de transmissão e sendo valores anómalos

dados por aumentos significativos (aproximadamente três vezes) do valor médio obtido em relação ao valor base. Este indicador fornece resultados fiáveis e precisos mas apenas para engrenagens com uma frequência de engrenamento seja identificável de forma clara e indistinta.

- **S1R**

(*Shaft 1xRev Vibration Amplitude*): Este parâmetro de vibração é calculado pela medição da amplitude do sinal medido em g's à velocidade de rotação do veio (primeira harmónica). Este índice monitoriza alterações no equilíbrio de veios causadas, frequentemente, por danos em rolamentos. Este parâmetro varia de caixa para caixa de transmissão sendo que valores aceitáveis podem ser encontrados por determinação dos valores de base após instalação da caixa de transmissão e sendo valores anómalos dados por aumentos significativos (aproximadamente quatro a seis vezes) do valor médio obtido em relação ao valor base. Este parâmetro embora preciso é habitualmente afetado por ações de manutenção como a remoção de instalação dos veios.

- **S2R**

(*Shaft 2xRev Vibration Amplitude*): Este parâmetro é calculado recorrendo ao mesmo algoritmo que S1R. Neste caso também é medida a amplitude do sinal medido em g's ao dobro da velocidade de rotação do veio (segunda harmónica). Este parâmetro é sensível a desalinhamentos nos veios consequentes da ocorrência de danos em rolamentos. Este parâmetro varia de caixa para caixa de transmissão sendo que valores aceitáveis podem ser encontrados por determinação dos valores de base após instalação da caixa de transmissão e sendo valores anómalos dados por aumentos significativos (aproximadamente quatro a seis vezes) do valor médio obtido em relação ao valor base. Este parâmetro embora preciso é habitualmente afetado por ações de manutenção como a remoção de instalação dos veios.

No caso dos dados *Raw* (dados em bruto), é criado um oitavo índice, designado por *Converge Index* – CI. Os dados de vibração do acelerómetro é repartido em intervalos correspondentes a uma revolução. Isto é feito com recurso ao sensor de fase. Este processo permite retirar informação não sincronizada e fazer um estudo sobre o valor médio para um determinado eixo de rotação (veio).

O CI permite avaliar a eficiência do processo de calcular média na medida em que compara as médias nas várias etapas e expressa as em valores de percentagem. Valores elevados de percentagem podem indiciar problemas nos instrumentos de medição ou então que as aquisições estão a ser adquiridas em condições de voo instáveis. Se no processo as médias não convergirem é despoletado o processo não é interrompido contudo é dado um alerta de *ACQ ## CONVERGENCE FAIL* que será registado no *TVM Operation Log*.

3.2.2 Aquisições

Os ficheiros TVM *Normal* e *Raw* são compostos por um conjunto de *cycles* onde cada um é composto por dados do sistema de vibração em função do número de aquisição que por sua vez encontra-se associado a determinados sensores. As aquisições podem tomar valores inteiros entre 1 e 31.

Cada aquisição tem como função analisar determinados parâmetros de específicos sensores referidos, ou seja, os acelerómetros e os sensores de fase. Os dados dos parâmetros são obtidos em função de dois agrupamentos identificados como a banda 1 e 2. As bandas representam regimes de potência exercidos pelos sistemas de transmissão. A banda 1 representa regimes de menor esforço e a banda 2 os de maior podendo por vezes nem existir, ou seja, não são recolhidos valores destes parâmetros neste último regime.

Os parâmetros que são analisados por aquisição encontram-se listados no documento Threshold Exceedance – Fault Isolation [21]. Esta análise por aquisição tem por sua vez uma lista de anomalias que se encontram associados à aquisição. A lista com estas possíveis anomalias encontra-se documentada na carta de trabalho CIETP EH-A-18-10-00-05A-410A-A1 [21].

Cada vez que o sensor deteta que um parâmetro ultrapassa o limite pré-definido no sistema é despoletado um *arising* que terá de ser analisado posteriormente. Quando um valor excede o seu limite não implica que exista uma anomalia no sistema, uma vez que este pode ter acontecido devido a uma má leitura espontânea por parte do sensor e não constituir um caso de alarme. Contudo não existe forma de desprezar estes casos automaticamente pela PGS levando a que o utilizador da PGS, o gestor do sistema de armas por exemplo, tenha de ir ver todos os *arisings* para poder depois desprezar estes.

Com a ferramenta desenvolvida nesta dissertação pretende-se criar automatismos que façam um estudo da evolução dos parâmetros e uma análise gráfica por forma a ser possível desprezar os casos em que os valores são excedidos ocasionalmente. Será automatizada a aplicação dos procedimentos de uma instrução técnica que visam identificar estes casos e adicionar informação estatística que vem auxiliar a monitorização e gestão do helicóptero.

Na figura 3.6 pode ser observado um esquema dos números de aquisições e os sensores a que correspondem.

Os ficheiros TVM *Normal*, *Exceedance* e *Raw Signal* gravam ainda alguns parâmetros de voo a quando do ficheiro das aquisições. Estes dados são denominados de TVM *Aircraft Parameters* e abrangem os seguintes parâmetros:

- Valores de Torque nos três motores, no rotor principal e na cauda (*eng1*, *eng2*, *eng3*, *tail* e *main torque*);
- Velocidade de transmissão Nr (*rotor speed*);
- Velocidade observada no velocímetro (*ias* – *Indicated Air Speed*);
- Ângulo de picada (*pitch*) do rotor;

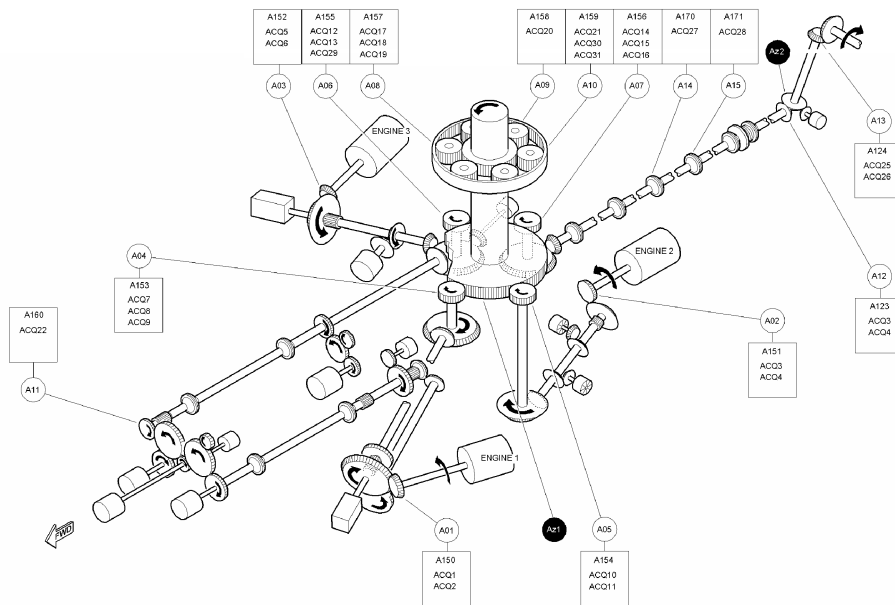


Figura 3.6: Esquema com as aquisições associadas aos sensores.

- Ângulo de pranchamento (*roll*);
- Aceleração longitudinal (*long accel*);
- Aceleração lateral (*lat accel*);
- A temperatura do óleo na caixa redutora do componente a ser monitorizado (*oilt*).

3.3 Motor

O EH101 está equipado com três motores de turbina a gás, Rolls Royce Turbomeca RTM 322. Estes motores são idênticos e intermutáveis podendo assim ser instalados em qualquer posição. O sistema de análise de monitorização dos motores da aeronave é denominado por Engine – HUMS, cujo objetivo é monitorizar a performance do motor e fazer uma análise de condição dos seus componentes.

Por forma a compreender melhor os parâmetros associados ao motor é feita uma descrição breve dos componentes que o compõem.

Um motor tem como função principal gerar energia mecânica (a partir de energia contida no combustível). A energia mecânica gerada vai servir para colocar em movimento o sistema de transmissão e por sua vez os rotores principal, de cauda e os sistemas acessórios (óleo e combustível). As turbinas a gás são compostas essencialmente por três elementos principais: compressor de ar, câmara de combustão e a turbina.

Este motor é composto por seis módulos (figura 3.7):

- M01 Entrada de ar e compressor;
- M02 Câmara de combustão e turbina de alta pressão;
- M03 Turbina de baixa pressão (*Power turbine*);

- M04 Veio de transmissão;
- M05 Caixa de transmissão de Acessórios – AGB;
- M06 Separador de Partículas à entrada – IPS (*Inlet Particle Separator*).

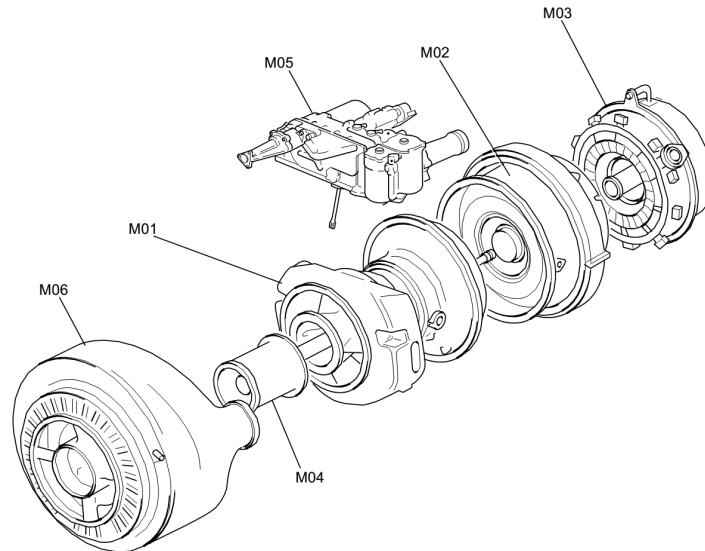


Figura 3.7: Esquema do motor e respetivos módulos.

3.3.1 Engine Electronic Control Unit

Cada motor é controlado completamente por um sistema *Full Authority Digital Engine Control* que se encontra por sua vez integrado no Engine Electronic Control Unit – EECU. O EECU tem como função otimizar a *performance* dos motores e regular a potência dos motores em função dos comandos de voo dados pelo piloto. A unidade é responsável por:

- Regular a distribuição do torque pelos três motores de forma equitativa em condições normais;
- Ajustar a distribuição de torque pelos motores em caso de um dos motores se tornar inoperacional;
- Controlar os limites de funcionamento do sistema de transmissão e certificar-se que não excedidas as limitações de temperatura, velocidade e potência da transmissão;
- Manter as condições de segurança em voo, quando ocorrem falhas no sistema do motor e alertar a tripulação para as falhas ocorridas;
- Desligar o motor em caso de excesso dos limites de velocidade (*overspeed protection*).

O EECU recebe os sinais dos sensores do motor na forma analógica sendo que alguns destes são posteriormente processados para poderem ser analisados. Alguns dados são combinados para

representarem apenas um parâmetro sendo que outros são processados e enviados posteriormente para os sistema HUMS e para os ecrãs de bordo.

A forma como os valores dos parâmetros são obtidos e os seus significados [22] são apresentados a seguir:

- **TIT** (*Turbine Inlet Temperature – °C*): temperatura à entrada da turbina de baixa pressão;
- **Ng** (*Gas Generator Speed – %*): velocidade de rotação do compressor;
- **Nf** (*Power Output Shaft Speed – %*): velocidade de rotação do veio de transmissão;
- **Tq** (*Power Output Shaft Torque – %*): binário exercido pelo veio.

Além dos parâmetros relacionados com a análise dos motores referidos existem ainda dois que são calculados na PGS:

- **LCF**

(*Low Cycle Fatigue - Count*): o LCF é o índice de desgaste de uma dada peça que compõe um dado componente. Para obter estes valores são efetuados cálculos de modo a obter um índice de danos acumulados, baseados nos valores obtidos do TIT e do *Calculated Ng*. O algoritmo utilizado para obter os ciclos não se encontra disponível.

(Definição de *Low Cycle Fatigue*: A fadiga constitui uma característica de um material no que diz respeito à sua resistência a uma falha após a aplicação de tensão num período cíclico. A fadiga de baixo ciclo constitui as situações onde a falha ocorre em menos de ciclos de 10^4 ciclos.)

- **PPI**

(*Power Performance Index*): o AMS é o responsável pelo cálculo deste parâmetro. O PPI é determinado com base no TIT e Ng. Este cálculo é efetuado numa situação estável de voo, sendo um fator indicativo do rendimento do motor.

3.3.2 Engine–HUMS

O sistema *engine* HUMS tem como objetivo monitorizar o estado dos componentes relacionados com o motor e alertar para eventuais anomalias existentes nos componentes. Este sistema está dividido em:

- *Engine Health*: Parte responsável pelo registo de falhas ocorridas e da análise dos parâmetros associados;
- *Engine Usage*: Compreende o registo dos ciclos totais dos componentes e de cada voo.

O ficheiro onde é feita a gravação da condição dos componentes do motor é denominado *Engine Usage*. Na figura 3.8 são apresentados os parâmetros que são guardados neste ficheiro e as suas relações.

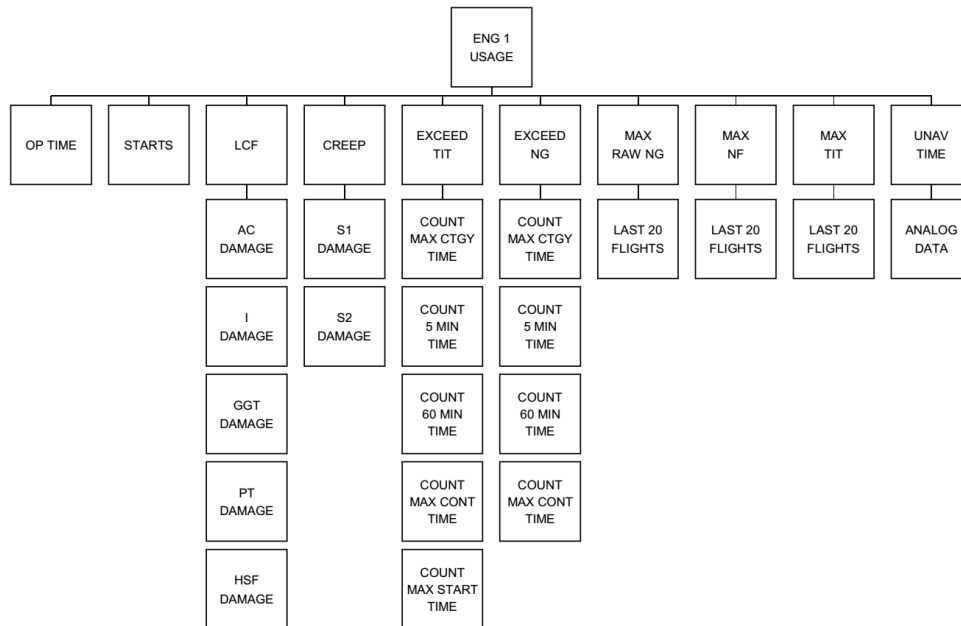


Figura 3.8: Lista hierárquica dos parâmetros presentes no ficheiro Engine Usage.

Neste ficheiro são guardados os seguintes parâmetros:

- *Starts*: o número de vezes que o motor arranca. É contado um arranque apenas quando o valor de Ng (*Raw*) for superior a 30%;
- *Operative time*: Define o tempo em que o motor esteve em funcionamento. É registado o tempo em que o valor de Ng (*Raw*) for superior a 30%;
- *LCF*: O AMS calcula o nível de LCF para cada motor e debita os resultados na forma de índices de desgaste. Os índices de desgaste calculados referidos são:
 - Axial Compressor (AC Damage);
 - Centrifugal Impeller (I Damage);
 - Gas Generator Turbine (GGT Damage);
 - Power Turbine (PT Damage);
 - Hot Section Factor (HSF Damage).
- *Creep*: Indica o nível de desgaste do primeiro (S1 Dam) e segundo andar (S2 Dam) de redução da Turbina a gás;
- *Exceeded TIT/Ng*: faz o levantamento do número de vezes e o tempo em que o motor se encontra em cada modo *contigency* (A função *contigency* será explicada de seguida). Os modos analisados são:

- Maximum Contingency;
 - 5 minute;
 - 60 minute;
 - Maximum Continuous;
 - Starting temperature limit (apenas no TIT).
- Max NG/NF/TIT: regista os valores máximos registados no voo de Ng, Nf e TIT;
 - UNAV: Regista o tempo em que não foram feitos registos.

Em condições de operação o torque encontra-se limitado para o valor máximo à descolagem contudo em determinadas condições este limite pode ser aumentado para o que se designa de valor de *Contingency*. Este modo pode ser ativado pelo piloto ou então pelo EECU no caso de um motor deixar de operar (condições de *One Engine Inoperative* (OEI)).

Toda esta gestão do motor é possível graças a um conjunto de sensores que se encontram instalados no motor e que alimentam o sistema EECU. No total são três sensores de velocidade e de torque juntamente com sete sensores de temperatura como se pode observar na figura 3.9.

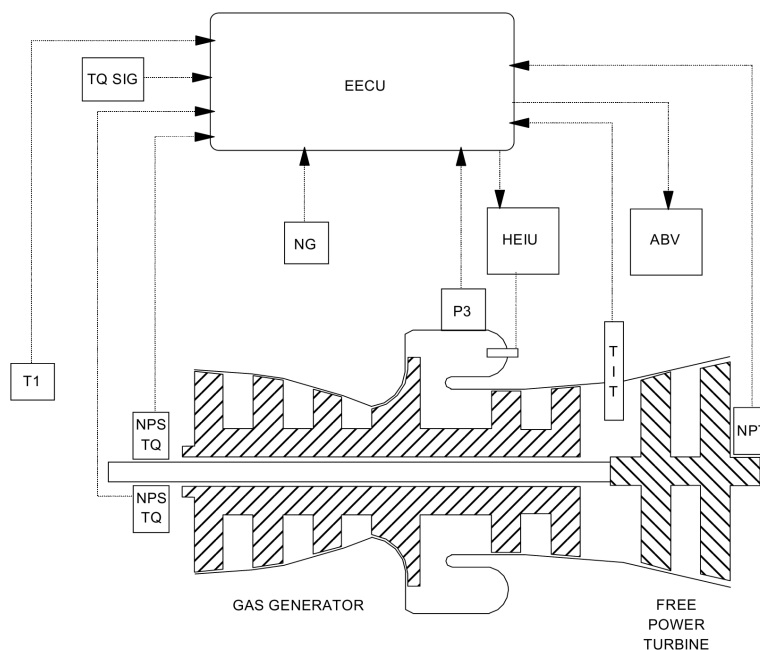


Figura 3.9: Esquema da localização dos sensores no motor.

A localização e descrição dos sensores em cada motor é a seguinte:

- Quatro sensores eletromagnéticos:
 - Dois na caixa de entrada de ar, em lados oposto, medindo a velocidade do veio (NPS) e o torque (Tq);
 - Um na AGB onde mede a velocidade do motor (Ng);

- Um na caixa da zona e escape para obter a velocidade da turbina de baixa pressão (Npt).
- Sete sensores elétricos:
 - Situados na zona anterior da caixa que cobre a turbina de baixa pressão, com a finalidade de medirem a temperatura dos gases à entrada da turbina (TIT).

Estes sensores reproduzem um comportamento elétrico característico quando sujeitos sujeitos às condições de análise. Os dados são depois enviados para o EECU que irá interpretar e processar a informação e com base nesta tomar decisões referentes aos motores. Todas as medições são registadas em voo e podem ser descarregadas para a PGS através da DTC no final de cada voo para serem posteriormente processadas pela PGS e guardadas na base de dados.

3.4 Monitorização da Estrutura

O sistema HUMS faz a também a monitorização da estrutura. Este subsistema é responsável por registar e identificar a condição de voo em que a aeronave se encontra é da responsabilidade do AMS. O reconhecimento da condição de voo é feito através da análise de diversos parâmetros, nomeadamente o ângulo de picada, pranchamento e guinada da aeronave, o True Air Speed (TAS), acelerações verticais, torque do motor, altura barométrica e de radar, assim como o valor do sensor de Weight-On-Wheels (WOW).

O AMS recolhe informação sobre este parâmetros a cada 3 segundos. Durante esse tempo é reconhecida a fase de voo e incrementado o contador da respetiva fase de voo, ou seja, o que é registado é quantidade de vezes que a aeronave se encontra numa condição discriminada. Podem ser guardados nos ficheiros *Enhanced Structural Usage* até um total de 16 horas de voo de dados.

As fases de voo reconhecidas correspondem a:

- Vertical take-offs and landings;
- Running take-offs and landings;
- Low speed flares;
- Autorotations;
- Ground operating phase;
- Taxiing;
- Hover In Ground Effect (IGE);
- Low flight;
- Hover OGE.

Flight Phases	Conditions/Remarks
Low speed flares	TAS > 5 Kts but < 40 Kts and pitch is > 10°
Vertical takeoff Vertical landing	WOW sets/resets and TAS > 5 Kts
Rolling take off Rolling Landing	WOW sets/resets and TAS > 5 Kts
Ground operatings	On the ground, Nr > 60% and TAS < 5 Kts
Taxiing On the ground	Nr > 60% and TAS > 5 Kts
Hovering In Ground Effect (IGE)	TAS < 5 Kts and Rad Alt < 100 ft
IGE Operation (Low flight)	IGE and TAS > 5 Kts
Hovering OGE	TAS < 5 Kts and Rad Alt > 100 ft
Autorotations	Summed engine torques fall below 15% when the aircraft is in the air Out of Ground Effect (OGE)
Longitudinal reversal Lateral reversal Pedal reversal	Use of controls to assist during manoeuvres
Uniform banked turn Accelerated banked turn Asc desc banked turn Asc desc acc banked turn	Banked Turns
Coll pull up or push over	
Anomalous 1 Anomalous 2 Anomalous 3 Anomalous 4	Anomalous flight conditions
Level accelerated flight Asc Desc accelerated flight Uniform asc desc flight	Accelerations in all engines
Unrecognized	
3/2 engine 2/3 engine One engine is inoperative (OEI)	Number of Engines

Tabela 3.2: Tabela de informação estrutural.(Westland Helicopters [19])

Além de serem identificadas as fases de voo é também gravada informação sobre as acelerações em todos os eixos, voltas, subidas, descidas e situações de voo anómalas, sendo que os critérios de identificação destas condições não se encontram disponíveis.

Na tabela 3.2 é possível encontrar todas as condições que o AMS discrimina durante o voo e vai contando para ser gravado posteriormente no ficheiro *Enhanced Structural Usage*.

Juntamente com as fases de voo são gravadas informações no momento sobre a posição do centro de gravidade, peso AUW (All Up Weight), aceleração máxima, velocidade mínima, TAS, falhas, aceleração vertical, ângulo de pranchamento, altitude, velocidade vertical, estado do ACSR e peso do guincho.

Estas informações são gravadas não sobre a forma de valores absolutos mas sobre intervalos

definidos. Através das fases de voo é atribuído um índice de fadiga/utilização aos componentes principais da estrutura da aeronave.

3.5 Sistema de Identificação de Códigos de Avarias

A capacidade de se poder identificar a origem de uma falha num sistema aviónico traduz-se num ganho muito significativo no que diz respeito à eficiência da manutenção.

O processo tradicional de análise de falhas requer um vasto conjunto de pessoas e de conhecimentos qualificados que fazem a avaliação dos componentes. Eventualmente os componentes analisados são substituídos sem que seja localizada a causa da falha. O diagnóstico de falhas é portanto um processo importante e com impacto direto no custo da manutenção que pode agravar com o aumento do tempo e com análises incorretas.

No EH101 as falhas são tratadas pelo HUMS que é responsável por gerir e supervisionar as falhas que ocorrem. A maior parte da monitorização de falhas é aplicada ao sistema aviónico que é da responsabilidade do AMS por intermédio do *In-Built Check-Out System* (IBCOS) sendo que a restante parte é feita pelo AMS através da análise e validação dos sistemas que supervisiona.

Os subsistemas do helicóptero são sujeitos a rotinas de verificação da correta operação designados por *Built-In-Test* (BIT) que são geridas pelo IBCOS. O IBCOS em conjunto com o HUMS regista as anomalias no ficheiro *Fault* que ao ser processado pela PGS despoleta *Arising*s que constituem eventos que podem significar uma potencial falha que precisa de ser corrigida para a aeronave estar pronta para voo [23].

O IBCOS tem também a função de alertar o operador para as mudanças que possam existir nos subsistemas. Esta operação é feita de forma automática sem que seja necessário a requisição do operador. Em caso de ocorrer uma falha é despoletado um alerta no IDS com a mensagem "ALERT" e no CCU é indicada a mensagem 'ALRT' que indica no fim de ser confirmado o alerta os detalhes da mudança.

As falhas são guardadas num ficheiro denominado *Fault* e podem ser acedidas em voo através dos ecrãs CCU ou então na PGS após terem sido transferidas através da DTC. O ficheiro *Fault* pode guardar até um total de 300 falhas e é dado o alerta "Fault Log Full" quando é atingida 80% da capacidade (240 falhas). Quando o ficheiro estiver cheio não é possível guardar mais nenhuma entrada até que o ficheiro seja copiado para a DTC e seja apagado o ficheiro para ser recomeçada a gravação de falhas.

A informação das falhas é guardada sobre a forma de mensagens com a identificação do subsistema e LRU do componente a que pertence a falha, o tempo da ocorrência, o tipo de falha e número de ocorrências com o pior valor do parâmetro excedido ou do código de falha.

Os sistemas onde são monitorizadas as falhas são apresentados na figura reffig:faults.

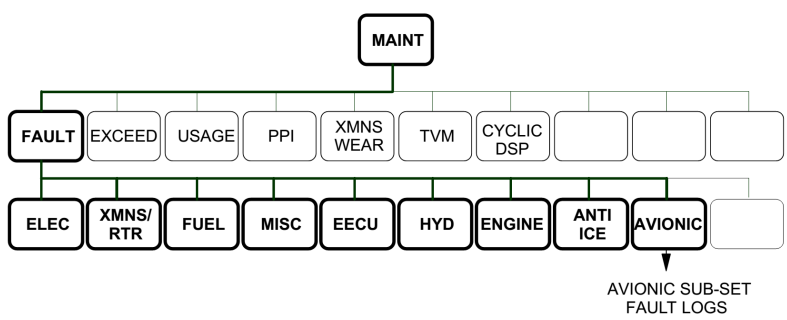


Figura 3.10: Esquema dos sistemas cujas falhas são monitorizadas.

Capítulo 4

Ferramenta de Apoio à Gestão do EH101

Nesta parte da dissertação tratar-se-á de apresentar uma plataforma informática designada por Sistema de Apoio à Gestão do EH101 (SAGEH) que foi desenvolvida para apoiar as funções de gestão e monitorização do helicóptero EH101. Este capítulo divide-se em dois subcapítulos onde o primeiro descreve a estrutura da base de dados que retêm toda a informação que será utilizada enquanto que o segundo fará uma descrição da metodologia que foi aplicada para desenvolver a aplicação e a apresentação da mesma.

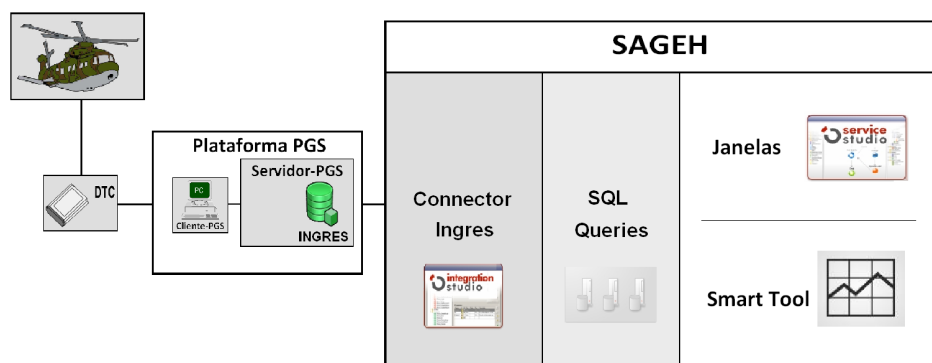


Figura 4.1: Diagrama da ligação EH101-PGS-Web Application.

No sentido do que foi apresentado no diagrama da problemática na figura 1.1 o diagrama acima apresentado concentra-se no desenvolvimento do SAGEH, ou seja, na parte da criação do suporte multi-plataforma para a interligação entre o helicóptero e o SIAGFA.

4.1 Estrutura da Base de Dados

Como foi descrito anteriormente, no fim de cada voo do helicóptero é feita a transferência dos dados gerados em voo para a DTC. Os dados serão depois transferidos para um computador que

possui um leitor de cartões e o *software* da PGS instalado.

Na PGS é possível depois carregar a informação da DTC para a base de dados que irá atualizar toda a informação já existente e fazer o processamento dos dados por forma a encontrar e registar eventuais situações que possam necessitar de um acompanhamento ou até uma ação imediata, como por exemplo o surgimento de um *exceedance* em algum componente.

Também foi já referido que a base de dados da PGS modo *Server* se trata de um DBMS *Interactive Graphics and Retrieval System* (INGRES) versão 2, é portanto uma base do tipo relacional. O *software* da PGS vem acompanhado por manuais que descrevem a estrutura da base de dados em modelos de informação que podemos designar por "mapas" de informação.

A interpretação destes mapas é o primeiro passo para se poder apresentar e tratar a informação aviónica do EH101 pelo que de seguida será feita uma explicação sobre a simbologia e terminologia aplicada nos modelos de informação.

4.1.1 Estrutura da Base de Dados

O *software* da PGS foi desenvolvido sobre uma metodologia de programação orientada por objetos – *Object Oriented Programming* (OOP). Programação orientada por objetos diz respeito a um paradigma de programação onde os conceitos são tratados como "objetos" que possuem campos de informação (atributos que descrevem o objeto) que se encontram associados com procedimentos intitulados por "métodos".

Um programa orientado por objetos pode ser visto como um conjunto de objetos a interagirem. Cada objeto tem autonomia para poder receber mensagens, processar dados e enviar mensagens para outros objetos, podendo cada objeto ser entendido como módulos independentes com diferentes responsabilidades.

No caso da PGS é aplicada uma metodologia de desenvolvimento de *software* criada por Shlaer e Steve Mellor intitulado o método Shlaer-Mellor também conhecido como *Object Oriented Analysis* (OOA) [24]. No método Shlaer-Mellor é criado um modelo designado por "domínio" que representa um nível mais elevado de abstração. O domínio por sua vez é composto pelos modelos de informação que são organizados e implementados na construção de um projeto.

O método OOA tem dois objetivos, em primeiro lugar auxilia na compreensão e interpretação dos requisitos necessários no projeto e em segundo lugar serve como estrutura formal a partir do qual o projeto se vai sustentar.

A explicação do método Shlaer-Mellor é feita de uma forma abstrata e não específica uma vez que não é do interesse da tese explicar o método em pormenor contudo é essencial para entender o papel dos modelos de informação.

4.1.2 Modelos de Informação

Por cada domínio de aplicação é definido um conjunto de modelos. Um modelo descreve objetos que existem num domínio e as relações que são formadas entre eles. Estes modelos são semelhantes

aos modelos aos típicos diagramas *entity-relationship* conhecidos nas bases de dados. Um exemplo de um modelo de informação pode ser visto na figura 4.2:

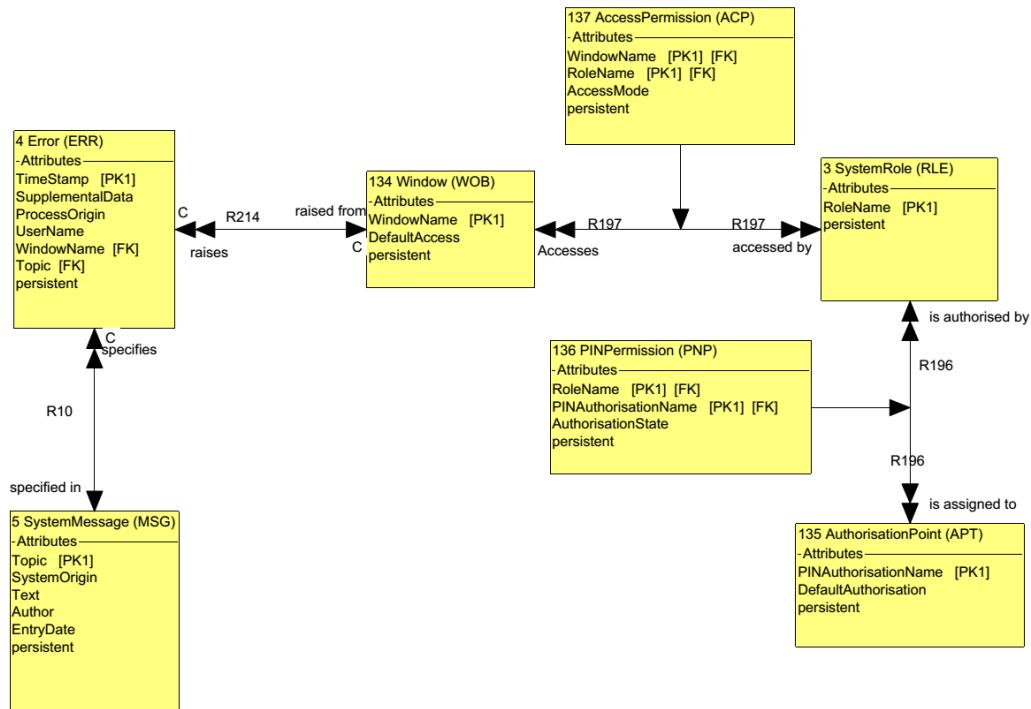


Figura 4.2: Modelo de informação de exemplo (Mapa de autorizações de acesso na PGS).

Um objeto pode representar qualquer realidade desde objetos físicos, abstratos ou ações. Cada objeto tem um conjunto de itens discretos de informação, que se designam por atributos. É necessário existir um número mínimo de itens por forma a ser possível identificar inequivocamente um objeto.

A combinação de atributos que pode determinar o objeto é designada por a chave do objeto (*key*). Normalmente um objeto é composto por apenas uma *key* a *primary key* sendo acrescentado o sufixo [PK1] ao atributo. Pode contudo existir mais que uma *key* para um objeto sendo que nesses casos os atributos são acompanhados pelos sufixos numerados em concordância ([PK1], [PK2], etc.). A *primary key* identifica univocamente o objeto pelo que a sua informação será única e nunca se repetirá. Existem ainda atributos que não fariam normalmente parte do objeto mas que são incluídos para que seja feita a associação a outro objeto. Estes atributos são designados por *foreign key* [FK1].

Os objetos são representados nos modelos sobre a forma de blocos. O cabeçalho do bloco define a designação do objeto seguindo-se a abreviatura do mesmo. Os blocos são conectados por ligações que estabelecem relações entre os mesmos. As ligações entre blocos podem ser de três tipos diferentes: um com um, um com vários ou vários com vários.

Uma ligação um a um é representada por uma seta onde os seus termos são apresentados por uma seta enquanto que uma ligação um com vários terá uma única seta num termino e duas no outro. No caso das ligações vários com vários ambos os termos são compostos por duas setas.

Para se poder entender melhor estes conceitos é colocado de seguida um exemplo. Na figura 4.2 existe o bloco que representa o objeto *Error* (ERR) cujos atributos são *TimeStamp*, *SupplementalData*, *ProcessOrigin*, *UserName*, *WindowName*, *Topic* e *persistent*. O atributo *TimeStamp* é uma *primary*

key o que significa que este atributo representa univocamente este objeto. Já o atributo *Topic* constitui uma *foreign key* o que significa que *topic* é um atributo que faz parte de outro objeto, neste caso do *SystemMessage* (MSG) mas que evidencia uma associação ao objeto *Error*.

No que diz respeito às ligações entre estes dois blocos, esta pode ser interpretada da seguinte forma: "um erro (*Error*) é especificado no *SystemMessage* enquanto que o *SystemMessage* especifica vários erros".

Ainda existem mais conceitos associadas aos modelos de informação contudo os apresentados são os suficientes e necessários para a identificação da informação que é requerida para a ferramenta que foi desenvolvida. Quando é requisitada a informação de um objeto esta é apresentada sobre a forma de uma tabela designando-se os objetos antes pelo termo "tabelas". Desta forma de seguida será utilizado o termo "tabela" invés de "objeto" por forma a ser mais intuitiva a interpretação.

4.1.3 PGS – INGRES

Uma vez apresentados alguns conceitos de modelos de informação, a metodologia de programação utilizada no desenvolvimento do *software* PGS e dos conceitos necessários para compreender a base de dados foi feita a análise da base de dados da PGS.

Uma das formas de aceder à informação da base de dados da PGS foi através do *software* Microsoft Access uma vez que esta é uma ferramenta que faz parte do conjunto do Office da Microsoft e é portanto uma ferramenta mais generalizada e utiliza uma interface familiar. A desvantagem da utilização do Access é que este utiliza uma sintaxe de interrogação que embora esteja uniformizada com as normas Standard Query Language (SQL) contém ligeiras diferenças em relação ao SQL utilizado no INGRES.

O *software* que foi utilizado para criar as *queries* foi o Ingres Visual DBA que consiste num gestor da base de dados. O Visual DBA contém uma ferramenta que permite executar uma *query* e devolve os resultados sobre a forma de tabelas.

A base de dados INGRES da PGS modo *server* é composta por um total de 233 tabelas (objetos) onde cada uma contém vários atributos que podem formar associações com outras tabelas e onde estes mesmos podem conter várias relações entre elas. Isto leva a que se torne numa tarefa complexidade a localização de uma específica informação.

No que diz respeito à informação requerida para esta dissertação foi necessário estudar os mapas de informação HUMS que são um total de seis mapas (*Basic HUMS Fault/General/Health/Structural/Transmission/Engine Information Model* [25]) juntamente com os mapas *Aircraft Maintenance Subsystem* e *Engineering Control Subsystem* [26] onde são tratados os dados referentes por exemplo aos componentes da aeronave e aos dados de voo. Todos estes mapas agrupam as tabelas com as informações relativas aos sistemas apresentados no capítulo 3. Na apresentação do SAGEH, no subcapítulo seguinte, serão referidos os mapas e as tabelas utilizadas assim como as ligações criadas entre as tabelas para a apresentação da informação pretendida.

4.2 SAGEH

Este subcapítulo irá focar-se inteiramente nos passos que levaram ao desenvolvimento da aplicação criada. Esta aplicação destina-se a servir de ligação entre o sistema atual composto por helicóptero e PGS suportada em ambiente Microsoft Windows Xp com um sistema que seja independente do sistema operativo e que permita a ligação do sistema atual com qualquer outro sistema sendo neste caso com o SIAGFA.

Com o SAGEH pretende-se ter uma plataforma que permita aceder à informação guardada no INGRES e que possa ser tratada e apresentada de uma forma que se identifique com as necessidades exigentes do sistema de armas. Outra parte do SAGEH destina-se à implementação de mecanismos que permitam sistematizar e automatizar procedimentos aumentando assim a eficiência da gestão do helicóptero.

Na primeira parte será descrito o conector que foi utilizado para fazer a ligação à base de dados juntamente com as suas funcionalidades. De seguida será apresentada a organização das páginas da *web application* e o que cada página trata. No último subcapítulo faz-se uma descrição da ferramenta inteligente que faz parte da ferramenta principal e da forma que se encontra estruturada.

4.2.1 Conetor

A ferramenta que foi desenvolvida para apoiar a gestão do helicóptero é do tipo *Web Application*. É uma aplicação que utiliza como cliente um explorador de internet (*browser*), como por exemplo o Microsoft Internet Explorer®, e que é desenvolvida numa linguagem interpretada por *browsers* como Javascript que é depois renderizado em ambiente HTML.

O componente da plataforma OutSystems que permite desenvolver a parte gráfica e lógica da aplicação é designada por Service Studio. Este além de permitir a criação das páginas *web* da aplicação faz também a ligação com a base de dados INGRES. No entanto a plataforma OutSystems não suporta de origem ligações a bases de dados do tipo INGRES. Desta forma não é possível aceder à informação que se pretende para além de que todas as ferramentas que existem à disposição no Service Studio para as bases de dados suportadas não podem ser utilizadas diretamente sendo por isso necessário um esforço superior na elaboração da aplicação para INGRES.

A solução que foi encontrada para este problema passou por criar um conector INGRES que consiste numa extensão em Java que permite fazer a ligação com a base de dados e criar um conjunto de ferramentas que exercem funções. Estas funções são essenciais para fazer a ponte entre os dois sistemas semelhantes às já existentes com suporte nativo.

Uma extensão incorpora um conjunto de ações, estruturas e entidades que são definidas no Integration Studio (ferramenta que faz parte do conjunto OutSystems) que são integradas na plataforma permitindo desta forma a integração com sistemas externos.

O conector foi desenvolvido em Java uma vez que a plataforma OutSystems na FAP assenta sobre esta linguagem levando a que todas as ferramentas exteriores à plataforma que se queiram integrar na aplicação tenham de ser desenvolvidas nesta linguagem.

A criação deste conector é da autoria da OutSystems por parte do seu departamento - OutSystems Solutions Delivery Experts que desenvolveu esta extensão em resposta à requisição feita por parte da FA.

No que diz respeito à estrutura do conector este é composto por 9 ferramentas designadas por ações em OutSystems:

- *IngresInitializeConnections*;
- *IngresQuery*;
- *IngresInsert*;
- *IngresUpdate*;
- *IngresDelete*;
- *IngresAbort*;
- *IngresAbortAll*;
- *IngresCommit*;
- *IngresCommitAll*.

Esta extensão foi elaborada com o propósito de permitir a obtenção e alteração de dados de dados INGRES mas como a ferramenta desenvolvida não efetua nenhuma alteração nos dados, apenas extrai e apresenta a informação, não foram utilizadas todas as ações apresentadas na aplicação. Uma vez que estas funções já existem o conector tem o potencial para poder modificar e introduzir informação direta na base de dados o que permite no futuro desenvolver funcionalidades que permitam tirar maior partido a aplicação deste tipo de ferramenta e tornar a gestão mais automática, eficiente e útil.

As ações são ferramentas equivalentes às funções nas linguagens de programação. São compostas por *inputs* que são processados segundo a lógica programada na ação e devolvem *outputs* que consistem no resultado da ação.

O padrão de funcionamento do conector na aplicação desenvolvida é explicado nos seguintes passos:

1. Inicia-se a conexão com o INGRES através da ação *IngresInitializeConnections* que é feita cada vez que é executado no início de cada pedido web;
2. Cria-se a *query* que é pedida pela ação *IngresQuery*;
3. Define-se a estrutura da variável que irá conter os atributos tendo atenção ao tipo de informação com que vai ser populada cada entidade, texto, números, etc.;
4. Faz-se a correspondência do resultado da ação *IngresQuery*, convertido para objeto, com a variável com a estrutura preparada;

5. No fim é executada a ação *IngresCommitAll* para ser feita a confirmação da operação com a base de dados e ser encerrada a conexão.

Todas as ações que foram criadas e as suas funções encontram-se descritas no manual do conetor INGRES [27].

4.2.2 Organização das Páginas

Neste subcapítulo será abordada a estrutura da aplicação em si. Será descrito o processo que levou ao desenvolvimento das janelas, a origem e os pedidos de informação que são feitos e a lógica envolvida na apresentação dos dados.

A aplicação foi desenvolvida tendo em mente as 11 Regras de Utilidade para Programadores *Information Technology* (IT) [28], formalizadas sobre a forma de ações, que são:

1. Conhece os utilizadores;
2. Escreve com clareza;
3. Desenha com dados;
4. Agrupa informação relacionada;
5. Realça o que interessa;
6. Remove incertezas;
7. Alinha para legibilidade;
8. Minimiza as entradas do utilizador;
9. Cria uma navegação eficiente;
10. Sê consistente;
11. Testa, testa, testa.

Estas regras servem de indicações para programadores e criadores de aplicações que queiram que os utilizadores tenham uma experiência agradável ao interagirem com o seu produto. Para tal é focado a atenção em três pontos-chave: a utilidade, os aspeto visual e o contexto. Estes pontos formam um grupo que é denominado UX – *User Experience* onde o fator que tem maior peso na interação do utilizador de um produto consiste na utilidade deste mesmo.

Para aceder à aplicação basta iniciar um explorador de Internet e introduzir o *link* da aplicação que se é imediatamente encaminhado para a janela da página principal.

A aplicação desenvolvida é composta por dez janelas que se encontram interligadas por hiperligações. Na figura 4.3 pode ser vista a estrutura das janelas.

A aplicação pode ser dividida em duas partes dadas as suas funções, a primeira consiste numa componente de visualização e consulta da informação presente na base de dados composta pelas

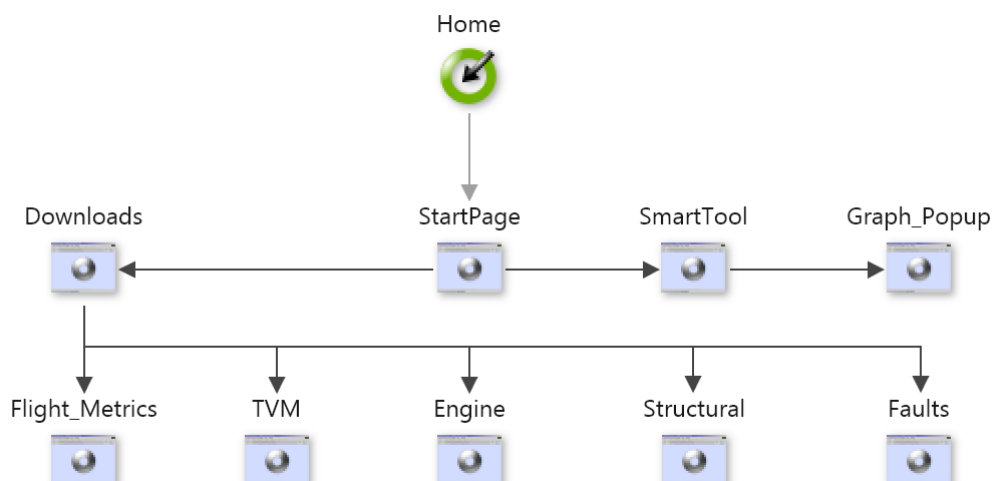


Figura 4.3: Estrutura das janelas do SAGEH.

janelas *Downloads*, *Flight Metrics*, *TVM*, *Engine*, *Structural* e *Faults*, e a segunda parte é uma componente inteligente, *Smart Tool*, que trata os dados da base de dados através de algoritmos que geram resultados de forma automática, apresentada nas páginas *SmartTool* e *Graph Popup*.

4.2.3 Componente de Consulta

A componente de consulta, como já foi referido, permite ao utilizador ter acesso a informação existente na base de dados e tem como finalidade apresentar informação sobre os sistemas referidos no capítulo 3 em função de cada voo, que constitui um *download*, efetuado pelo helicóptero. Fazem parte desta as páginas que são acedidas após a escolha da aeronave na página principal, ou seja, as páginas *Downloads*, *Flight Metrics*, *TVM*, *Engine*, *Structural* e *Faults*.

Na página de entrada, figura 4.4 é apresentado ao utilizador uma tabela inicial que retrata a condição operacional das aeronaves existentes na base de dados que se está a visualizar, neste caso da Base Aérea N°6 (BA6).

Esta informação encontra-se na tabela *Aircraft* (INGRES) que tem a condição dos helicópteros em função dos números de cauda e a informação é obtida fazendo o pedido, à base de dados, descrito na *query* A.1 em anexo. Na tabela 4.1 é possível observar a tabela do INGRES, os atributos e a descrição dos atributos que são requisitados.

SERVER BA6

Tail Number	Status
19601	UNSERVICEABLE
19602	UNSERVICEABLE
19605	UNSERVICEABLE
19607	UNSERVICEABLE
19610	UNSERVICEABLE

Smart Tool



Copyright 2013 Força Aérea. Direitos Reservados

Figura 4.4: Página de entrada do SAGEH.

Tabela	Atributos	Descrição dos Atributos
Aircraft	Tail Number Status	Número de cauda Condição de operação

Tabela 4.1: Condição das aeronaves por número de cauda

Imediatamente por baixo da tabela referida encontra-se uma imagem que serve de ligação para a componente inteligente que aplica algoritmos na resolução de um problema relatado na carta de trabalho [21].

A tabela de caracterização da condição e o componente inteligente constituem as duas partes principais da aplicação.

Na tabela da condição os números de cauda constituem hiperligações para uma nova página. Ao seleccionar o número de causa pretendido o utilizador é reencaminhado para a página das transferências, figura 4.5.

Nesta página encontram-se todas as transferências feitas da DTC para a PGS em função da aeronave que foi seleccionada. Cada transferência é identificada por um código denominado por *Sequence Flight Number* SFN associado a cada voo e que é composto pelo número de cauda, o tipo de transferência (automática ou manual), data e hora em que foi preparada a DTC para fazer a transferência.

A tabelas que se encontra na base de dados INGRES, acedidas através da *query* A.2 em anexo, e que são utilizadas para apresentar a informação da página *Downloads* encontram-se na seguinte tabela:

1 to 20 of 576 records
previous 1 2 3 ... next

SFN - Preparation Date	Download Date	Remarks
19601 AUT_05/11/13 13:05:08	2013-11-07 17:08:16	65G1254
19601 AUT_01/11/13 17:10:13	2013-11-05 12:49:41	00G1247
19601 AUT_01/11/13 13:22:29	2013-11-01 16:54:49	00G1236
19601 AUT_31/10/13 22:08:05	2013-11-01 13:12:07	65G1238
19601 AUT_31/10/13 17:38:45	2013-10-31 18:15:45	WITHOUT AIR TASK
19601 AUT_29/10/13 17:46:07	2013-10-31 14:28:03	65A0055
19601 AUT_29/10/13 17:23:36	2013-10-29 17:34:12	80G1227
19601 AUT_29/10/13 12:17:49	2013-10-29 12:33:42	
19601 AUT_17/10/13 16:17:47	2013-10-28 12:35:33	WITHOUT AIR TASK
19601 AUT_15/10/13 01:24:54	2013-10-17 17:10:03	00G1180
19601 AUT_07/10/13 21:52:34	2013-10-15 01:47:22	65A0053
19601 AUT_07/10/13 15:10:07	2013-10-07 22:39:45	00G1137
19601 AUT_07/10/13 11:35:32	2013-10-07 16:04:02	65G1136
19601 AUT_04/10/13 11:33:13	2013-10-07 12:11:47	This download identi ...
19601 AUT_03/10/13 16:19:02	2013-10-04 12:20:53	65G1131
19601 AUT_03/10/13 11:59:37	2013-10-03 17:03:33	65G1187
19601 AUT_17/09/13 16:14:45	2013-10-03 13:46:38	65A2287
19601 AUT_17/09/13 11:23:53	2013-09-17 16:56:17	65G1069
19601 AUT_16/09/13 12:20:30	2013-09-17 12:14:55	00G1062
19601 AUT_12/09/13 22:51:27	2013-09-16 13:05:12	65G1061

previous 1 2 3 ... next

Copyright 2013 Força Aérea. Direitos Reservados.

Figura 4.5: Página de transferências.

Tabela	Atributos	Descrição dos Atributos
Download	Download_id	SFN do voo
	Download_date	Data do voo
	Download_remarks	Observações relativas ao voo

Tabela 4.2: Downloads de uma determinada aeronave

Juntamente com o SFN é apresentada a hora e data em que se efetuou a transferência da DTC com as observações que foram acrescentadas à transferência. Ao selecionar o SFN o utilizador é direcionado para a página *Flight Metrics*, a partir de onde se dará início à visualização de informações sobre os sistemas TVM, motor, dados estruturais, falhas e métricas de voo em função da transferência selecionada através do menu presente nestas páginas.

As páginas sobre os sistemas que podem ser acedidas no menu são:

- Flight Metrics: Informação sobre parâmetros associados a específicas fases de voo;
- TVM: Valores dos parâmetros TVM *normal* e *exceedance*;
- Engine: Informação sobre *engine usage* e *health*;
- Structural: Valores dos parâmetros estruturais;
- Faults: Listagem e estado dos *arisings* originados durante o voo.

Página Flight Metrics

Esta página Flight Metrics, figura 4.6, contém informação sobre dados de operação e de utilização de uma aeronave durante um determinado voo.

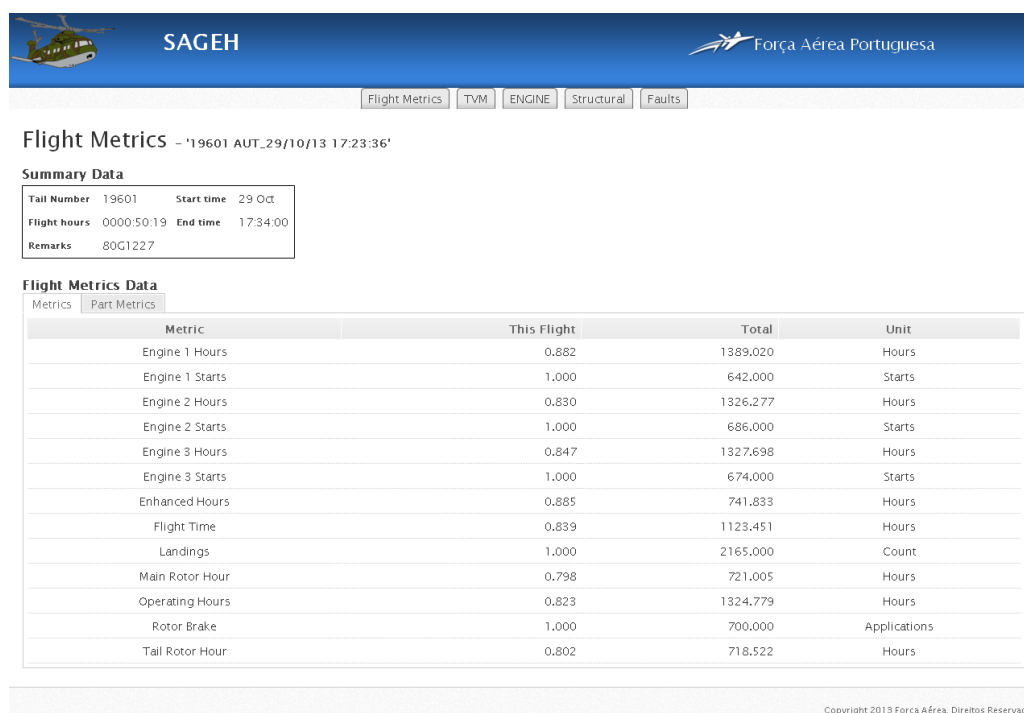


Figura 4.6: Página das métricas de voo.

No início da página encontra-se uma caixa com a designação de *Summary Data* que apresenta informação sumária o início e término do voo, a sua duração e as observações anotadas na transferência.

Esta informação encontra-se na tabela *DTC_Header* (INGRES) e é evocada pela *query* A.3 em anexo. Na tabela 4.3 são representados os atributos que são utilizados na descrição sumária do voo.

Tabela	Atributos	Descrição dos Atributos
Dtc.header	Dtc.name	Identificação do voo
	sortie.start.time	Tempo de início do voo
	sortie.end.time	Tempo de término do voo
	Flight.hours	Duração do voo
	Remarks	Observações registadas relativamente ao voo

Tabela 4.3: Descrição sumária do voo.

Na *query* A.3 existe uma parte do código que faz referência à variável *Download.ID*. Esta variável definida na *query* permite filtrar apenas os dados referentes ao voo selecionado pelo que é utilizada nas *queries* sempre que se pretenda aceder a informação do voo selecionado na página *Downloads*.

Por baixo da caixa *Summary Data* encontram-se as tabelas que compõem a informação sobre as

métricas de voo - *Flight Metrics Data*. As métricas de voo são separadas em duas componentes as *Metrics* e *Part Metrics* (métricas da aeronave e dos componentes, respetivamente) que são apresentadas sobre a forma de separadores que podem ser visualizadas alternadamente.

O separador *metrics* apresenta informação de métricas que são guardadas após cada voo. As métricas e as respetivas unidades (tabela 4.4) encontram-se registadas na tabela *Metric Spec* (INGRES).

Metric Name	Unit of Measure
APU Cycles	Count
APU Operating	Hours
Backup Hoist	Lifts
Blade Fold	Cycles
Calendar Days	Days
Cycles	Hours
Dynamic Life	Hours
Engine 1 Hours	Hours
Engine 1 Starts	Starts
Engine 2 Hours	Hours
Engine 2 Starts	Starts
Engine 3 Hours	Hours
Engine 3 Starts	Starts
Engine Hours	Hours
Engine Starts	Starts
Enhenced Hours	Hours
Flight Time	Hours
Flot Bottle	Inflations
Hoist	Lifts
Hook	Lifts
Landings	Count
Main Rotor Hour	Hours
Operating Hours	Hours
Rotor Brake	Aplications
Tail Fold Auto	Cycles

Tabela 4.4 – *Continua na página seguinte*

Tabela 4.4 – Continuação da página anterior

Metric Name	Unit of Measure
Tail Fold Man	Cycles
Tail Rotor Hour	Hours
Trans Life	Hours

Tabela 4.4: Métricas guardadas em voo.(Westland Helicopters [19])

No separador Part Metrics, figura 4.7, são mostrados dados sobre as métricas associadas aos componentes da aeronave (por exemplo atuadores, pás, motores,etc.), nomeadamente sobre a condição e o desgaste dos mesmos. Designam-se por componentes os itens associados à aeronaves que são possíveis de serem controlados pela sua utilização, conforme instruções do programa de manutenção.

SAGEH Força Aérea Portuguesa

Flight Metrics - 19602 AUT_30/10/13 18:06:43'

Summary Data

Tail Number	19602	Start time	31 Oct
Flight hours	0000:54:16	End time	17:15:00
Remarks	50A6458		

Flight Metrics Data

Description	Part Number	Serial Number	Metric Name	Unit	This Flight	Total
ACTR MR SERVO AFT	EA6200V506-015	602	Dynamic Life	Hours	1	767
ACTR MR SERVO AFT	EA6200V506-015	602	Operating Hours	Hours	1	1417
ACTR MR SERVO LH	EA6200V506-015	600	Dynamic Life	Hours	1	768
ACTR MR SERVO LH	EA6200V506-015	600	Operating Hours	Hours	1	1417
ACTR MR SERVO RH	EA6200V506-015	601	Dynamic Life	Hours	1	767
ACTR MR SERVO RH	EA6200V506-015	601	Operating Hours	Hours	1	1417
ACTR RETRACT MLG LH	EA3200V013-005	OMA0300	Flight Time	Hours	0	384
ACTR RETRACT MLG LH	EA3200V013-005	OMA0300	Landings	Count	9	1688
ACTR RETRACT MLG LH	EA3200V013-005	OMA0300	Operating Hours	Hours	1	74
ACTR RETRACT MLG RH	EA3200V013-005	OMA0308	Flight Time	Hours	0	384
ACTR RETRACT MLG RH	EA3200V013-005	OMA0308	Landings	Count	9	1688
ACTR RETRACT MLG RH	EA3200V013-005	OMA0308	Operating Hours	Hours	1	74
ACTR RETRACT NLG	EA3200V010-002	OMA0134	Flight Time	Hours	0	384
ACTR RETRACT NLG	EA3200V010-002	OMA0134	Landings	Count	9	1971
ACTR RETRACT NLG	EA3200V010-002	OMA0134	Operating Hours	Hours	1	74
ACTR SERIES COLL 1	EA2200V109-002	7007	Operating Hours	Hours	1	1035
ACTR SERIES COLL 2	EA2200V109-002	7043	Operating Hours	Hours	1	1035
ACTR SERIES PITCH 1	EA2200V109-002	7033	Operating Hours	Hours	1	1035
ACTR SERIES PITCH 2	EA2200V109-002	7028	Operating Hours	Hours	1	1035
ACTR SERIES ROLL 1	EA2200V109-002	7034	Operating Hours	Hours	1	1035
ACTR SERIES ROLL 2	EA2200V109-002	7044	Operating Hours	Hours	1	60392
ACTR SERIES YAW 1	EA2200V109-002	7786	Operating Hours	Hours	1	436
ACTR SERIES YAW 2	EA2200V109-002	7658	Operating Hours	Hours	1	436
ACTUATOR RAMP LH	EA2900V522-003	0168	Operating Hours	Hours	1	1393
ACTUATOR RAMP RH	EA2900V522-003	0236	Operating Hours	Hours	1	436

previous 1 2 3 ... next
1 to 25 of 560 records

Copyright 2013 Força Aérea. Direitos Reservados.

Figura 4.7: Página das métricas de voo com o separador Part Metrics selecionado.

A medição destas métricas e a comparação destas com outras existentes ou com os limites pré-

definidos para as mesmas, permite despistar possíveis problemas nos componentes e acompanhar o tempo de vida dos mesmos. Todas a informação da página *Flight Metrics* são traduzidas pela *query* A.4 em anexo que acede às tabelas INGRES apresentadas na tabela 4.5, utilizadas para obter as métricas dos componentes.

Tabela	Atributos	Descrição dos Atributos
Logistical_unit	Description	Descrição do componente
Part_metric	Part_number	Número de identificação do componente
	Serial_number	Número de série do componente
	Metric_name	Designação do componente
	Delta_value	Valor de uso do componente no voo
	Cumulative_value	Valor total de uso do componente
Metric_spec	Unit_of_measure	Unidades de medida do componente

Tabela 4.5: Métricas dos componentes do voo.

Todas as métricas dos componentes que são registadas em um voo encontram-se na tabela *part_metric* contudo este contém informação sobre o número de série e de *part* (componente) assim como dos valores das métricas mas não contém a descrição, nem as unidades do componente. Para obter estas informações foi necessário estudar o modelo de informação por forma a identificar quais as tabelas que podem fornecer esta informação e as suas relações.

O modelo de informação em causa trata-se do *Aircraft Maintenance Subsystem* [26]. Por observação do modelo é possível identificar que as unidades das métricas encontram-se na tabela *metric_spec* no atributo *unit_of_measure* e que as tabelas podem ser unidas (*join*) pelo *primary key* *metric_name* que identifica univocamente cada um dos elementos das duas tabelas.

A informação da descrição não é obtida diretamente uma vez que esta se encontra na tabela *logistical_unit* e não existem atributos que sejam *keys* para serem ligados à tabela *part_metric*. A forma encontrada passou por fazer uma ligação intermédia com a tabela *part* através dos atributos *part_number* e *serial_number* uma vez que estes atributos são comuns às duas tabelas referidas. Desta forma é possível adquirir a descrição e até as unidades associadas a cada componente.

Página TVM

Nesta página são mostrados todos os dados e resultados sobre os dados TVM, nomeadamente os dados dos ficheiros *Normal* e *Exceedance*.

A página pode ser vista na figura 4.8.

Os dados TVM podem ser filtrados para serem apenas apresentados os ficheiros *Normal* ou *Exceedance* ao selecionar uma das opções que se encontram por de baixo do título. Os dados são visualizados numa tabela com campos que identificam o nome do ficheiro, a data e hora do registo, o número da aquisição, o parâmetro, a banda de torque e o valor do parâmetro.

Os dados correspondem à evolução dos parâmetros TVM que são recolhidos ao longo do voo em

TVM - '19601 AUT_12/09/13 16:50:27'

All Normal Exceedance

TVM File	Occurrence Time	Acquisition	Parameter	Torque band	Parameter Value
Normal	2013-07-17 08:40:12	ACQ 29	PDVa	2	0
Normal	2013-07-17 08:40:12	ACQ 29	MFP	2	1
Normal	2013-07-17 08:40:12	ACQ 29	P2P	2	2
Normal	2013-07-17 08:40:12	ACQ 29	M6A	1	16
Normal	2013-07-17 08:59:32	ACQ 19	P2P	2	1
Normal	2013-07-17 08:59:32	ACQ 19	M6A	1	12
Normal	2013-07-17 09:00:30	ACQ 7	PDVa	2	0
Normal	2013-07-17 09:14:04	ACQ 26	PDVa	2	0
Normal	2013-07-17 09:14:04	ACQ 26	S1R	2	0
Normal	2013-07-17 09:14:04	ACQ 26	S2R	2	0
Normal	2013-07-17 09:14:04	ACQ 26	MFP	2	1
Normal	2013-07-17 09:14:04	ACQ 26	P2P	2	2
Normal	2013-07-17 09:14:04	ACQ 26	M6A	1	63
Normal	2013-07-17 09:14:12	ACQ 28	S1R	2	0
Normal	2013-07-17 09:14:12	ACQ 28	S2R	2	0

1 to 30 of 873 records

Copyright 2013 Força Aérea. Direitos Reservados.

Figura 4.8: Página dos dados TVM.

causa. Uma vez que se tratam de muitos dados e por forma a não sobrecarregar a página foi optado por uma funcionalidade designada por paginação, ou seja, são apresentados apenas 20 dados por página pelo que podem ser consultados mais dados ao clicar em "next" sendo que em rodapé encontra-se informação sobre o total do número de dados TVM.

A *query* utilizada para adquirir a informação TVM foi a *query* A.5, que se encontra em anexo, e na tabela 4.6 é apresentada a tabela INGRES e os respetivos atributos utilizados nesta página.

Tabela	Atributos	Descrição dos Atributos
Tvm_analysis	Origin	Tipo de ficheiro TVM (<i>normal</i> ou <i>exceedance</i>)
	Occurrence_time	Tempo em que ocorreu o arising TVM
	Acquisition_indication	Número de aquisição
	Parameter_description	Descrição do tipo de parâmetro
	Torque_band_number	O regime de esforço
	Parameter_value	Valor do parâmetro do arising TVM

Tabela 4.6: Informação TVM.

Por forma a descrever e apresentar melhor a informação da página TVM pode ser tomado em conta um exemplo. Analisando a primeira linha da figura 4.8 pode-se constatar que se trata de uma medição que se encontra registada no ficheiro TVM *Normal* referente à data de 2013-07-17 às 08:40:12. Foi feita uma medição com o número de aquisição igual a 29 e ao parâmetro PDVa, na banda 2 com o valor de 0.

Página Engine

Para aceder a esta página basta seleccionar a opção *Engine* do menu que existe por baixo do cabeçalho da página. A página (figura 4.9) apresentada de seguida permite ao utilizador visualizar informação referente a dados de desgaste dos componentes do motor e a eventuais anomalias que tenham sido detetadas no motor durante o voo.



Figura 4.9: Página dos dados do motor.

No início existe uma caixa com informação detalhada para cada motor. Por defeito surge em primeiro lugar os dados do motor 1 mas o 2 e 3 podem ser acedidos ao seleccionar a respetiva opção que se encontra dentro da caixa para esse devido efeito.

Os dados que se encontram na caixa designada por "Usage Summary" são o número de série, o tempo de operação e os valores máximos de TIT, NF e NG, para cada motor.

A informação na caixa é acedida através da *query* A.6 em anexo e os atributos usados encontram-se na seguinte tabela:

Tabela	Atributos	Descrição dos Atributos
Engine	Engine_id	Identificação do motor
	Serial_number	Número de série do motor
	Operation_time	Tempo total de operação do motor
	Max_tit	Valor máximo de TIT do motor
	Max_nf	Valor máximo de Nf do motor
	Max_ng	Valor máximo de Ng do motor

Tabela 4.7: Caixa Usage Summary.

De seguida têm-se uma tabela com dados referentes à utilização de cada motor e uma tabela com dados do ficheiro *exceedance* do motor. A descrição dos campos encontra-se no subcapítulo 3.3.

Os dados para a primeira tabela advêm da *query* A.7 e os da segunda da *query* A.8 em anexo e

cujos dados advém das tabelas 4.8 e 4.9 respetivamente.

Tabela	Atributos	Descrição dos Atributos
Engine_usage	Engine_id	Identificação do motor
	Operating_time	Número de série do motor
	Lcfaxial_compressor_damage	Desgaste do compressor axial do motor
	Lcfimpeller_damage	Desgaste do impulsor do motor
	Lcfgas_generator_turbine_damage	Desgaste do compressor
	Lcfpower_turbine_damage	Desgaste da turbina
	Lcfhot_section_damage	Desgaste na secção quente
	Creep_stage_damage	Desgaste no primeiro módulo do motor
Creep_stage2_damage	Desgaste no segundo módulo do motor	

Tabela 4.8: Tabela Engine Usage.

Tabela	Atributos	Descrição dos Atributos
Engine_exceedance_header	Engine_id	Identificação do motor
	Occurrence_time	Tempo da ocorrência do arising no motor
	Lru_name	Designação do componente do motor

Tabela 4.9: Tabela Engine Health.

Na página apresentada da figura 4.9 pode ser visto por exemplo que página trata do número de cauda 19601 e do voo do dia 29/10/13 às 17:23:36. De seguida a caixa *Usage Summary* apresenta informação geral do motor 1 desta aeronave. Na tabela *Engine Usage* podem ser vistos alguns índices de utilização referentes a cada motor e ao voo designado. Por fim na última tabela da página, *Engine Health*, encontram-se os *arisings* despoletados durante o voo assim como o tempo em ocorreram e a que motor correspondem.

Página Structural

Ao seleccionar no menu a opção Structural é aberta a página *Structural*, figura 4.10. Nesta página são apresentados dados sobre os componentes relativos à estrutura que são monitorizados pelo HUMS.

A *query* que acede à informação estrutural é a *query* A.9 em anexo e a tabela que contém a informação é a seguinte:

Structural - '19602 AUT_30/10/13 18:06:43'

Structural Usage Lived Components

Part Number	Serial Number	Initial Usage Rate	Total Usage Rate	Initial Operating Time	Total Operating Time
EA6200V506-015	600	0.000034498884	0.025314257	0344:59:20	0768:31:52
EA6200V506-015	601	0.000034498884	0.025314257	0344:59:20	0768:31:52
EA6200V506-015	602	0.000034498884	0.025314257	0344:59:20	0768:31:52
EA6200V530-011	1012X	0.000057239246	0.008040022	0572:23:33	0622:11:30
EA6200V530-011	1087X	0.00006755662	0.008050339	0675:33:58	0725:21:55
EA6200V530-011	1122X	0.000035728925	0.008018511	0357:17:21	0407:05:18
EA6200V530-011	1245	0.000039150233	0.008021933	0391:30:08	0441:18:05
EA6200V530-011	1265	0.000058331785	0.008041115	0583:19:04	0633:07:01
EA6231B512-043	R12607	0.000057272257	0.0053759767	0572:43:21	0622:31:18
EA6231B520-041	L161	0.000018893661	0.008571161	0188:56:12	0238:44:09
EA6410D551-053	M39	0.000039832383	0.013640885	0398:19:26	0448:07:23
EA6420D546-053	M103/1	0.000060071547	0.0076336567	0600:42:55	0650:30:52
EA6420D547-053	J105500	0.000010785711	0.0071611144	0107:51:26	0157:39:23
EA6420D547-053	L119X	0.0000044176204	0.007154746	0044:10:34	0093:58:31
EA6421D520-049	M196	0.0067136902	1.6797305	0671:21:44	0721:09:41
EA6421D520-049	M205	0.0067136902	1.6797305	0671:21:44	0721:09:41
EC6221B502-045	L64	0.00010030533	0.0069027455	1003:03:12	1052:51:09
EC6221B502-045	L65	0.00010030533	0.0069027455	1003:03:12	1052:51:09
EC6221B502-045	L66	0.00010030533	0.0069027455	1003:03:12	1052:51:09
EC6221B502-045	L67	0.00010008202	0.006902522	1000:49:12	1050:37:09
EC6221B502-045	L68	0.00010008202	0.006902522	1000:49:12	1050:37:09

Copyright 2013 Força Aérea. Direitos Reservados.

Figura 4.10: Página dos dados Estruturais.

Tabela	Atributos	Descrição dos Atributos
Structural_Component	Part_number	Número de identificação do componente
	Serial_number	Número de série do componente
	Initial_usage_rate	Valor de utilização inicial
	Actual_usage_rate	Valor de utilização atual
	Total_operating_time	Tempo total de operação
	Initial_operating_time	Tempo inicial de operação

Tabela 4.10: Tabela dos dados estruturais.

Referindo nesta página um exemplo, à medida do que foi feito para as páginas anteriores, pode-se analisar a primeira linha da tabela da página Structural apresentada na figura 4.10. Neste caso o componente com o número EA6200V506_015 da série 600 continha a bordo a taxa de utilização de cerca de 0.0000345 abordo e tem acumulado um total de taxa de uso de 0.025. Também possui a bordo um tempo de operação inicial de 344 horas e um total de 768 horas de utilização.

Página Faults

A última opção existente no menu é a da página das anomalias, designada por Faults, figura 4.11. Esta destina-se a apresentar todas as anomalias que foram registadas ao longo do voo pelos sistemas de monitorização.

ASN	Arising Code	Remark	Status
15940	2301550882	The system MISC subsystem RADAR has generated the fault code FAN. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15941	2300880033	The system MISC subsystem CABIN has generated the fault code FAN FAIL. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15942	2300810298	The system ANTI ICE subsystem OAT has generated the fault code MISMATCH. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15943	2300910329	The system MISC subsystem AVIONIC has generated the fault code BAY FAN FAIL. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15944	2300770290	The system ANTI ICE subsystem ENG has generated the fault code IN A/ICE HEAT. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15945	2300170074	The system HYDR subsystem RTR/BRK has generated the fault code SHUT OFF FAIL. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15946	2300130066	The system HYDR subsystem HYDR1 has generated the fault code OIL ALERT LEVEL. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15947	2300130068	The system HYDR subsystem HYDR1 has generated the fault code OIL MAX LEVEL. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15948	2300870327	The system MISC subsystem VNE has generated the fault code EXCEED. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15949	2300360111	The system XMNS/RTR subsystem ROTOR has generated the fault code HIGH ON. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15950	2300350180	The system ENGINE subsystem ENG3 has generated the fault code FAIL B WNG. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15951	2300330180	The system ENGINE subsystem ENG1 has generated the fault code FAIL B WNG. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15952	2300340180	The system ENGINE subsystem ENG2 has generated the fault code FAIL B WNG. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15953	2300360109	The system XMNS/RTR subsystem ROTOR has generated the fault code HIGH OFF. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15954	2300770285	The system ANTI ICE subsystem ENG has generated the fault code A/ICE OFF. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15955	2301240031	The system ACSR subsystem ACSR has generated the fault code OFF. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15956	2300360108	The system XMNS/RTR subsystem ROTOR has generated the fault code LOW OFF. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15957	2300960033	The system MISC subsystem IDS has generated the fault code FAN FAIL. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15958	2300360110	The system XMNS/RTR subsystem ROTOR has generated the fault code LOW ON. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15959	2300140068	The system HYDR subsystem HYDR2 has generated the fault code OIL MAX LEVEL. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED
15960	2300310122	The system XMNS/RTR subsystem AGB has generated the fault code LOW SNSR FAIL. Refer to the IETP for the associated fault Isolation procedure.	REJECTED

Copyright 2013 Força Aérea. Direitos Reservados.

Figura 4.11: Página de anomalias.

A query que apresenta as potenciais falhas é a A.10 que se encontra em anexo sendo que a tabela e os atributos, que apresentam a informação contida na base de dados INGRES, são indicados em baixo:

Tabela	Atributos	Descrição dos Atributos
Arising	Asn	Número de série do arising
	Arising_code	Código do arising
	Remark	Observações do arising
	Status	Situação do arising

Tabela 4.11: Arisings registados num determinado voo.

Utilizando o exemplo da primeira linha da tabela da página 4.11 para descrever a informação apresentada temos o *arising* com o número de série 15940 e código 2301550882. Este *arising* foi despoletado por uma anomalia de código FAN (sistema de arrefecimento do radar) no sistema de manutenção do grupo *Miscellaneous* (MISC), subsistema do radar. E como a sua situação se encontra como rejeitada significa que não foi considerada uma falha.

4.2.4 Componente de apoio à decisão - Smart Tool

A segunda parte da aplicação contém uma componente de análise de dados e de apoio à tomada de decisões. Para aceder a esta ferramenta basta clicar na página principal que pode ser acedida em

qualquer instante ao clicar sobre o título que se encontra no cabeçalho da aplicação.

Antes de apresentar o resultado da página Smart Tool será explicado o objetivo deste componente e como é feita a sua análise.

Além da capacidade de aceder a dados da INGRES e apresenta-los sobre uma interface de *web application*, foi desenvolvida uma ferramenta que auxilia ao controlo vibratório do sistema de transmissão na aplicação da instrução técnica.

Esta ferramenta consiste num componente que possui um algoritmo que ajuda a tomar decisões na aplicação da instrução técnica IT-DMSA A34.005 [29] que é utilizada cada vez que é despoletado um *arising* no âmbito do sistema TVM.

Esta instrução técnica estabelece as condições de aplicação da carta de trabalho CIETP EH-A-18-10-00-05A-410A-A do manual de manutenção do EH101 [21].

A carta de trabalho introduz procedimentos que permitem analisar a importância dos *arisings* na medida em que estabelece limites para a taxa de crescimentos em função dos parâmetros de vibração.

Quando um parâmetro regista valores que ultrapassam os limites definidos na PGS é despoletado um *arising*. Um *arising* por si só pode não significar uma anomalia real por isso é necessário verificar os *arisings* para analisar o comportamento do parâmetro. Pode também acontecer que os valores desse parâmetro estejam a crescer constantemente o que significa uma avaria eminente e assim é necessário um acompanhamento mais próximo ou até de uma inspeção.

O procedimento descrito na instrução técnica descreve concretamente como deve ser analisada a evolução da média dos valores do parâmetro nas últimas 50 horas e comparada com a média das restantes horas. Caso a média nas últimas 50 horas exceda o valor limite definido especificado para cada parâmetro deve ser tomada uma ação de inspeção.

A carta de trabalho é atualmente aplicada de forma manual implicando que uma pessoa analise e caracterize visualmente cada *arising* e de seguida, com base na experiência, identifique quais os *arisings* que necessitam atenção e os que podem ser desprezados. Através desta componente é fornecido um método automático e fundamentado em cálculos analíticos para poder apoiar na caracterização dos *arisings* tornando o processo de análise mais automático, reduzindo a intervenção humana.

Página Smart Tool

Para aceder ao Smart Tool é necessário clicar na figura existente no meio da página inicial o que faz com que o utilizador seja de imediato reencaminhado para a página pretendida 4.12. Nesta página o utilizador é confrontado com a necessidade de selecionar a aeronave que se pretende analisar ou então clicar em "all" para o caso de serem todas. Após selecionada a opção surge a informação dos *arisings* TVM.

Existem dois separadores que apresentam os *arisings* G1VM (*arisings* gerados em terra após a transferência da DTC para a PGS) e os *arisings* TVM (gerados em voo). Em qualquer dos tabs é possível observar o código do *arising*, as observações e a data e o hora de cada *arising* que advém do pedido feito na *query* A.11 que se encontra em anexo e que acede aos dados apresentados na tabela 4.12. A *query* referida representa o caso dos *arisings* TVM, sendo que a para o caso dos G1VM é

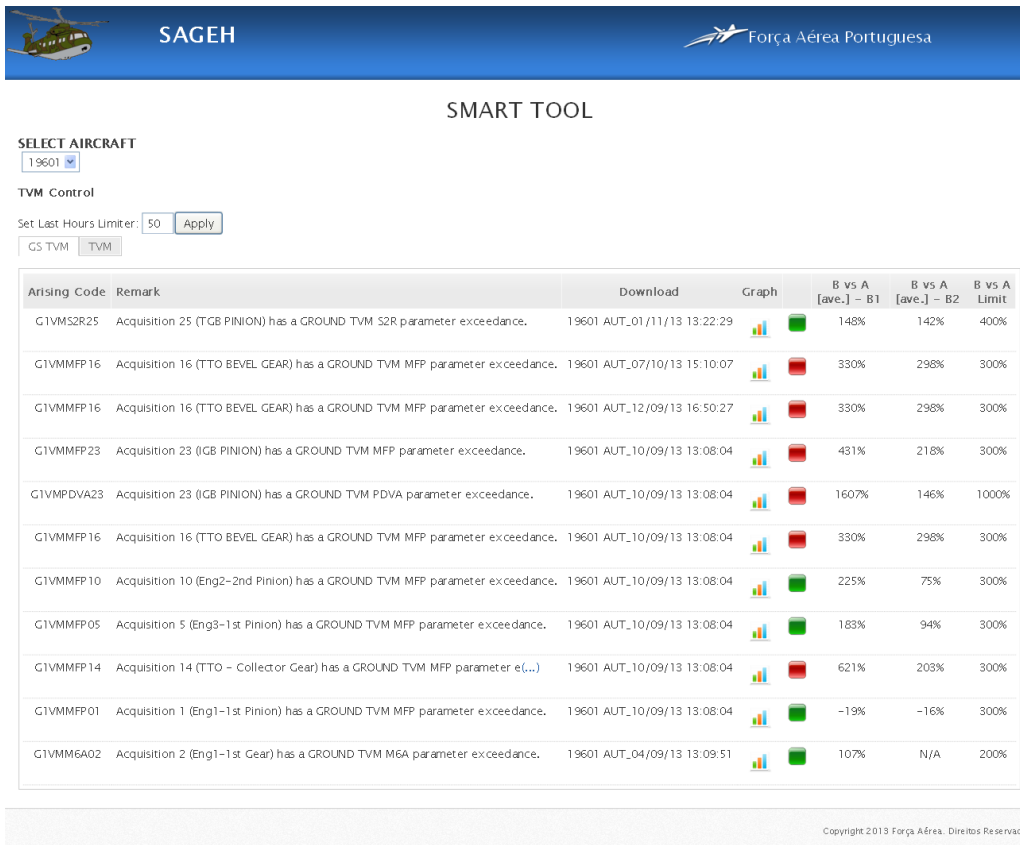


Figura 4.12: Página Smart Tool.

usada uma *query* igual mas com a alteração no código de %TVM% para %G1VM%.

Tabela	Atributos	Descrição dos Atributos
Arising	Asn	Número de série do arising
	Arising_code	Código do arising
	Download_id	Identificação do download

Tabela 4.12: Tabela dos dados da página Smart Tool.

Nos separadores são apresentados apenas os últimos 50 *arisings* (número definido na instrução técnica) uma vez que se pretende identificar anomalias recentes nos sistemas TVM, além de que existe um acompanhamento constante dos parâmetros TVM o que significa que os mais antigos já foram alvo de atenção por parte de quem gere o sistema de armas.

Os últimos quatro campos das tabelas *arising* são preenchidos com base em resultados dos *arisings* que são indicados em cada linha. O campo *Graph* contém uma imagem em cada linha que serve como hiperligação para uma janela *pop-up* com informação referente à evolução do parâmetro do *arising* da linha em causa, juntamente com dados de médias, taxas de crescimento e limites de média do parâmetro.

À direita do campo *Graph* encontra-se um campo que indica se o parâmetro do *arising* analisado na linha está a exceder o limite predefinido ou não ao apresentar um quadrado vermelho ou verde

respetivamente. Os dois campos a seguir à condição indicam a relação percentual entre a média do primeiro (A) e a do segundo (B) intervalo na banda 1 e na banda 2 caso esta última exista. O intervalo B corresponde por defeitos às últimas 50 horas de análise do parâmetro. Se a média B aumentar relativamente à A é indicado um valor positivo caso contrário será negativo. O campo da condição fica no estado verde quando a média na banda 1 e 2 não exceder o limite percentual que se encontra definido no último campo, "B vs A Limit". Numa situação a média é excedida a condição fica no estado vermelho o que significa que o *arising* necessita de uma atenção cuidada. O limite no último campo é definido em função do parâmetro que despoletou o *arising* de cada respetiva linha que será descrito mais em detalhe para a frente.

Por forma a ilustrar melhor o processo de análise de condição é apresentado na figura 4.13 um gráfico exemplo.

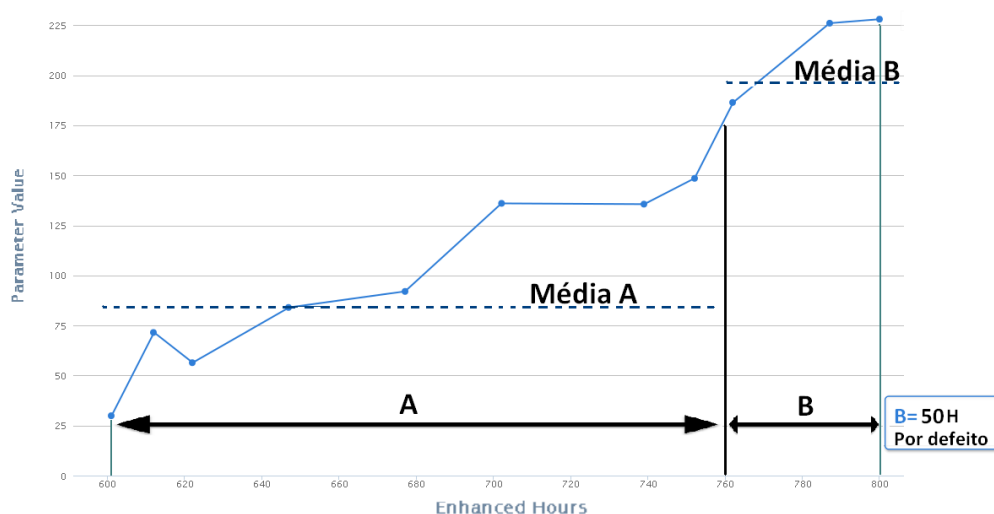


Figura 4.13: Gráfico exemplo de análise de condição.

A relação entre as médias designada na tabela por "A vs B [ave.]" para cada banda é calculada segundo a seguinte formula:

$$\frac{m\u00e9diaB}{m\u00e9diaA} * 100 \quad (4.1)$$

Por forma a ter uma comparação neste campo sempre em função do valor da média A é feita uma subtração de uma unidade à fração da equação 4.1, sempre que a média de B seja inferior à de A.

Esta fórmula será também utilizada na relação percentual entre as taxas de crescimentos de ambos os intervalos adaptando a equação para que em vez de as médias se tratem das taxas de crescimentos nos respetivos intervalos que se encontram na equação 4.1.

A seguir ao título *TVM Control* existe ainda uma opção de alterar valor dos intervalos introduzindo no campo de entrada à disposição o número de horas finais que deve ser definido o intervalo B e guardar depois esse valor selecionando o botão *apply*.

O algoritmo desta página teve de ser elaborado tomando em consideração as várias opções existentes, ou seja, começando pela seleção da aeronave ao início caso fosse escolhida a opção "All" o

algoritmo teria de fazer uma busca generalizada, de seguida a variedade de características dos *arisings* em cada linha da tabela leva a que o algoritmo tivesse de estar preparado para as mais variadas possibilidades e aplicar os devidos filtros como foi referido.

A organização e a estrutura da lógica geral aplicada nesta página podem ser encontradas na figura em anexo B.1. O algoritmo apresentado na figura referida distingue dois ramos que são a apresentação de todas as aeronaves ("All") e só uma aeronave. Desta forma existe na figura uma repetição de funções para cada ramo. Dentro de um ramo podem ser ainda separadas as funções referentes ao *arisings* TVM e aos G1VM. E por sua vez em cada tipo de *arising* é feita a interpretação do tipo de *arising*, do número de aquisição e do parâmetro que se pretende analisar. Com base na identificação destas características são então feitos os pedidos à base de dados INGRES e os calculos que são posteriormente apresentados na página *Smart Tool*.

Pop-up do Smart Tool

Ao clicar na imagem do campo Graph o utilizador abre uma janela *pop-up*. Uma janela *pop-up* consiste em uma janela de dimensões mais reduzidas que as normais, que se sobrepõe à janela existente. Neste caso a janela *pop-up* pode ser vista na figura 4.14.

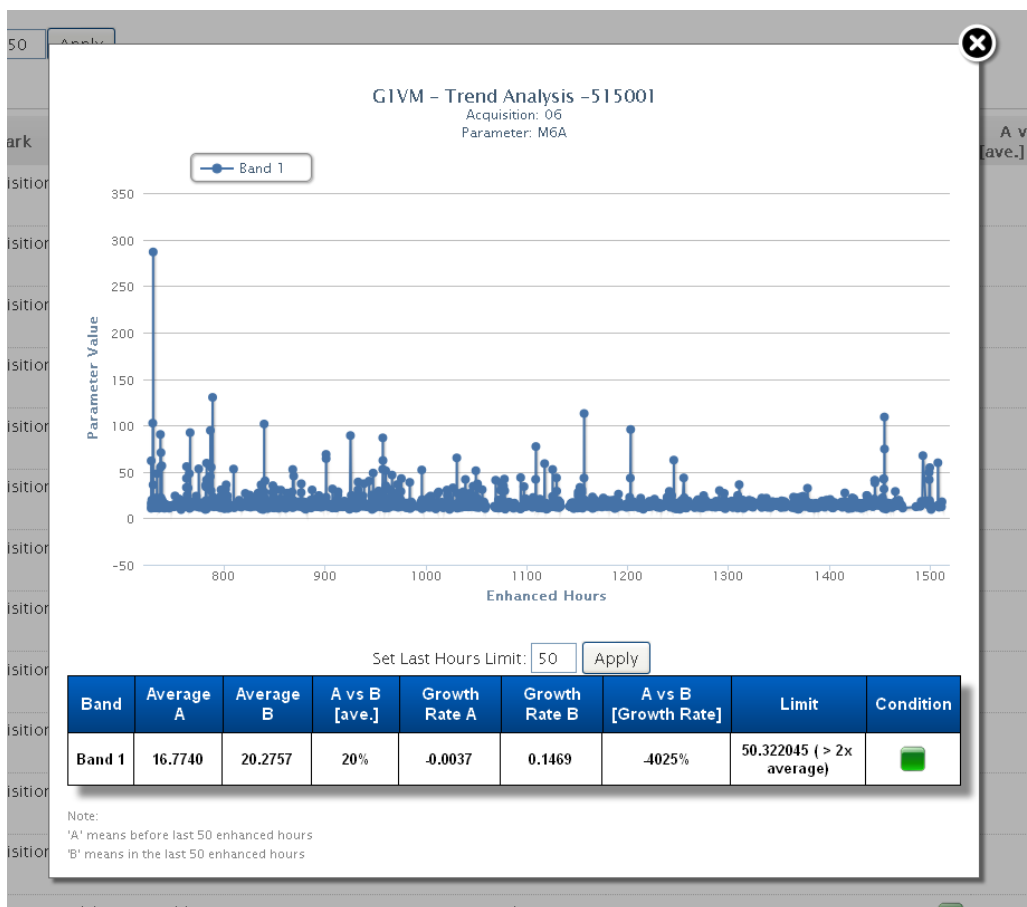


Figura 4.14: Pop-up com gráfico e resultados analíticos.

Na janela indicada é apresentado no centro um gráfico com a evolução dos valores do parâmetro

do *arising* na banda 1, linha azul, e na banda 2 (caso exista), linha vermelha. Trata-se de gráfico XY que foi criado tendo em conta uma extensão em *javascript* baseada em gráficos Highcharts [30].

Cada gráfico apresenta informação em função do tipo de *arising*, G1VM ou TVM, do parâmetro que é registado no *arising* e do número de aquisição que representa a linha que foi selecionada na janela Smart Tool.

Para a aplicação SAGEH conseguir identificar corretamente as características que devem ser selecionadas para fazer o pedido posteriormente à base de dados através de uma *query* foi necessário desenvolver um algoritmo específico.

O algoritmo consiste numa função que em OutSystems se designa por "ação" e que foi intitulada por *Arising Code Interpreter*. Isto porque o elemento que permite identificar as características atrás referidas é o *ArisingCode*. Este consiste na concatenação do tipo de *arising* juntamente com o parâmetro e número de aquisição, ficando por exemplo numa formatação do tipo "G1VMPDVA23".

O *Arising Code Interpreter* vai analisar o código de *arising* ao repartir os primeiros quatro caracteres do código e identificar se este se trata de um *arising* TVM ou G1VM. Uma vez identificado o tipo de *arising* analisa os próximos quatro caracteres para poder separar os parâmetros de PDVa e PDVb dos restantes. Não sendo casos PDVa ou PDVb os próximos três caracteres definem o tipo de parâmetro sendo depois apenas necessário gravar esses caracteres numa variável designada. Assim que é feita esta separação é possível identificar univocamente o tipo de *arising*, o parâmetro e o número de aquisição uma vez que os restantes caracteres a identificar são numéricos e representam o número de aquisição.

Portanto o *Arising Code Interpreter* avalia todas as características do *ArisingCode* ao repartir este campo em partes designadas por *substrings* e depois comparando-as com as possíveis características.

O algoritmo da função é apresentado na figura 4.15.

Os valores dos parâmetros e as horas a que correspondem, o x e y do gráfico respetivamente, são obtidos através da *query* em anexo

A primeira linha da *query* tem como objetivo adquirir os dados sobre a forma $[x_1, y_1], \dots, [x_n, y_n]$ uma vez é neste formato que são reconhecidos os dados nos gráficos HighCharts. Os símbolos || representam operadores de concatenação em SQL do INGRES. As variáveis iniciadas por "Arising-CodeInterpreter.selected_arising_code" representam os resultados da ação *Arising Code Interpreter* e são os responsáveis por permitirem à *query* selecionar apenas os dados referentes às características pretendidas.

Os gráficos HighCharts fazem parte de um pacote de "bibliotecas" de gráficos desenvolvidos em HTML5/Javascript. Estes gráficos têm a vantagem de ser compatível com os *browsers* convencionais e os mais modernos e ainda com dispositivos móveis tais como *Tablets*. Outro ponto a favor do uso destes gráficos é o facto de ser *software* aberto, o que permite que seja possível modificar o seu código e com isso adaptar às mais diversas necessidades.

Abaixo da posição do gráfico encontra-se uma tabela que irá apresentar o valor calculado da média nos dois intervalos e da taxa de crescimento do parâmetro nas bandas existentes.

Para calcular a média são somados todos os valores do parâmetro e dividido o resultado da

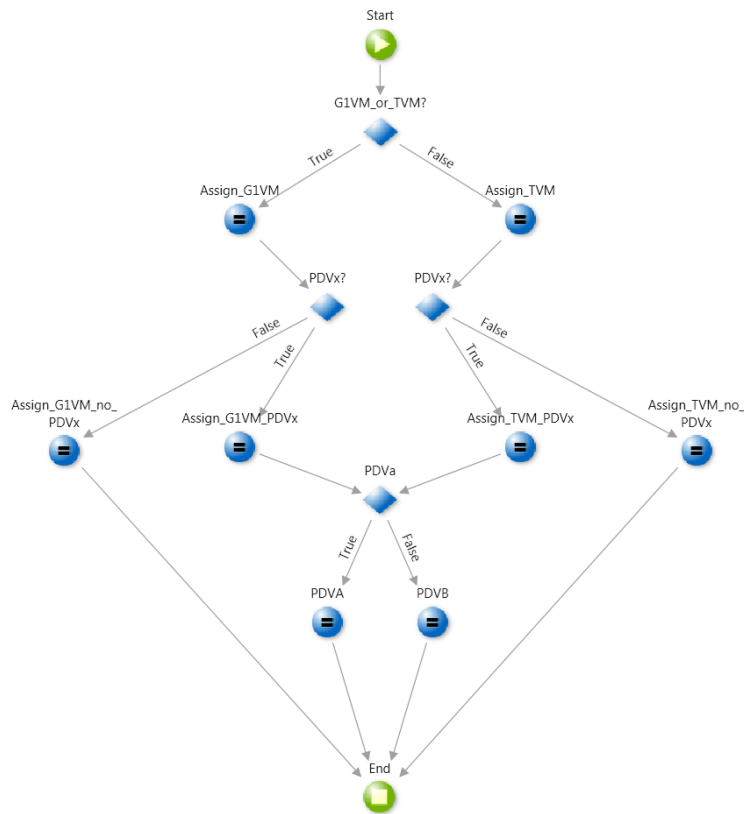


Figura 4.15: Algoritmo da ação Arising Code Interpreter.

soma pelo número de valores existentes em cada intervalo à semelhança do que ocorria na página Smart Tool.

No que diz respeito à taxa de crescimento esta é obtida fazendo uma regressão linear dos valores para cada limite também.

A plataforma OutSystems não contempla ferramentas de estatística nem de tratamento de dados por origem pelo que foi necessário desenvolver uma ação que fizesse a regressão linear para ser calculada a taxa de crescimento do parâmetro.

Uma regressão linear consiste num método para calcular o valor esperado de uma variável Y_i dados os valores de outra variável X_i . Sendo linear considera-se que a relação entre as variáveis pode ser traduzida por uma função linear, em concreto uma reta com a equação $(y = mx + b)$ que melhor traduz o comportamento dos parâmetros. O declive dessa reta descreve a taxa com que os parâmetros evoluem ao longo do tempo.

Para obter esta reta é aplicado o Princípio dos Mínimos Quadrados [31]. De acordo com este princípio é escolhida a reta que minimiza a soma dos quadrados dos erros.

Matematicamente a afirmação de cima é representada na 4.2 onde Y_i representa o valor do parâmetro que se observa e $mX_i + b$ o valor que se espere que seja.

$$J(\alpha) = \sum_{i=1}^n (Y_i - (mX_i + b))^2 \quad (4.2)$$

A forma de encontrar os valores de m e b que minimizam a equação, uma vez que esta se trata de

uma função quadrática, é derivando a equação e igualando-a a zero o que resulta na equação seguinte:

$$\left. \frac{dJ}{dm} \right|_{m=\hat{m}} = \sum_{i=1}^n 2X_i(Y_i - (mX_i + b))(-X_i) = 0 \quad (4.3a)$$

$$\left. \frac{dJ}{db} \right|_{b=\hat{b}} = \sum_{i=1}^n -2X_i(Y_i - (mX_i + b)) = 0 \quad (4.3b)$$

Por manipulação algébrica as equações podem ser resolvidas em ordem a m e b resultando nas equações 4.4.

$$m = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2} \quad (4.4a)$$

$$b = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n Y_i - m \sum_{i=1}^n X_i \right) \quad (4.4b)$$

Neste caso o valor de b que representa a ordenada na origem da equação não foi necessário ser calculada contudo a ação fica com essa valência para poder ser reutilizada para outros projetos que necessitem desta funcionalidade dentro do grupo informático da FA.

As médias e a regressão linear são obtidas pela *query* A.13 em anexo.

A *query* A.13 é composta por uma *query* principal que é iniciada logo na primeira linha e que se destina a obter a média e a taxa de crescimentos para o intervalo B, ou seja, até às últimas 50 horas, valor que se encontra pré-definido na variável "hours". Para se poder filtrar apenas os dados das últimas horas é necessário identificar o valor máximo do campo das horas e seguidamente subtrair-lhe o valor da variável "hours" e este objetivo é alcançado através de uma *query* secundária que é iniciada no código por "SELECT max".

Para obter os dados até às horas definidas é executada a mesma *query* sendo que é alterado o sinal de menor para maior ou igual na parte do código antes da *query* secundária.

A ferramenta vai comparar a relação entre as médias com os valores limite definidos na instrução técnica e caso o limite não seja excedido será apresentado um sinal quadrado verde caso contrário ficará vermelho.

Os limites do aumento de cada parâmetro em relação ao valor médio inicial (A), definidos na instrução técnica, são os seguintes:

- PDVa: Uma ordem de grandeza (1000%);
- PDVb: Igual ao PDVa (1000%);
- M6A: Duas a três vezes superior (200%);
- P2P: Três vezes superior (300%);

- MFP: Três vezes superior (300%);
- S1R: Quatro a seis vezes superior (400%);
- S2R: Igual ao S1R (400%).

É apresentada o seu valor mínimo em modo percentual uma vez que na página *Smart Tool 4.12* o limite é definido em unidades percentuais e no *pop-up* em unidades absolutas uma vez que neste último caso é indicado o valor das médias em A e B para as bandas existentes. Na tabela do *pop-up* é então apresentada informação sobre as médias e taxas de crescimento no intervalo A e B, a relação percentual entre ambos os intervalos para as médias e as taxas de crescimento, a indicação do limite para o parâmetro em estudo e por fim o valor da média A multiplicada pelo número de vezes que correspondem ao limite do parâmetro.

Nesta janela é ainda possível definir o número de horas que se pretenda definir como referência de limite para os intervalos neste parâmetro. Para isso é introduzido um número positivo inteiro e selecionando a opção *apply* fazendo com que os dados da tabela sejam automaticamente atualizados para o novo limite.

Esta funcionalidade irá permitir o utilizador ter a liberdade de escolher um intervalo diferente do pré-definido fazendo com que este possa fazer uma análise mais detalhada.

O diagrama seguinte reúne e resume todos os aspetos apresentados da ferramenta *Smart Tool* de forma simplificada.

INGRES	SAGEH	
	Queries	Visualização
➔ Informação na Base de Dados	➔ Separação G1VM e TVM Parâmetro	➔ Identificação do Parâmetro ➔ Algoritmo aplicado a cada parâmetro ➔ Análise Estatística ➔ Gráfico ➔ Análise de Condição

Figura 4.16: Algoritmo simplificado do *Smart Tool*.

Capítulo 5

Resultados

Ao longo desta dissertação foram alcançados vários objetivos entre os quais se podem retirar muitos resultados que merecem atenção e uma análise cuidada. O resultado mais evidente foi a criação de uma aplicação pronta a ser utilizada, o SAGEH, que foi apresentado no capítulo anterior e que reflete o estudo feito aos sistemas de monitorização do sistemas de armas. Neste capítulo pretende-se demonstrar e avaliar os resultados da aplicação da ferramenta *Smart Tool* na perspetiva das suas vantagens e limitações. A ferramenta é composta também por um módulo de apresentação da informação da base de dados cujos resultados são apresentados no capítulo anterior. O SAGEH foi apresentado através das imagens das páginas pelo que será focado neste capítulo apenas o estudo dos resultados da componente inteligente, do Smart Tool.

Antes de começar a analisar os resultados da Smart Tool é necessário tecer algumas considerações relativamente aos dados. É de referir que os dados analisados e apresentados neste capítulo representam informação referente à informação existente na base de dados até à data de 7 de Novembro de 2013. Isto implica ainda que os casos detetados como sendo alarmantes ou desprezáveis também só se classificaram assim face à realidade das últimas 50 horas dos dados existentes na data referida.

Outro ponto, a esclarecer, consiste no fato de não serem tecidas observações ou conclusões referentes à taxa de crescimentos nos intervalos uma vez que este parâmetro não faz parte dos critérios de caracterização da condição utilizados na instrução técnica. A taxa de crescimento consiste numa funcionalidade acrescida que permite traduzir a evolução dos parâmetros e com isso servir de informação suplementar.

5.1 Casos Smart Tool

A ferramenta Smart Tool analisa os primeiros 50 *arisings* TVM e G1VM que são detetados em cada aeronave. Com a opção "all" é possível ver os primeiros 50 *arisings* de todas as aeronaves pelo que ao analisar este modo se consegue abordar casos de todas as aeronaves.

Ao observar os resultados da página no modo "all" é possível identificar os casos que tem uma

condição que merece atenção especial que corresponde aos casos que tem um quadrado vermelho e os que podem ser desprezados segundo o algoritmo aplicado. Na figura 5.1 é apresentado um excerto da página 4.12 com alguns casos referidos.

G1VMM6A17	Acquisition 17(Planets A08) has a GROUND TVM M6A parameter exceedance.	19602 AUT_20/09/13 10:37:04			-10%	N/A	200%
G1VMMFP16	Acquisition 16 (TTO BEVEL GEAR) has a GROUND TVM MFP parameter exceedance.	19601 AUT_12/09/13 16:50:27			330%	298%	300%
G1VMMFP23	Acquisition 23 (IGB PINION) has a GROUND TVM MFP parameter exceedance.	19601 AUT_10/09/13 13:08:04			431%	218%	300%
G1VMMFP16	Acquisition 16 (TTO BEVEL GEAR) has a GROUND TVM MFP parameter exceedance.	19601 AUT_10/09/13 13:08:04			330%	298%	300%
G1VMPDVA23	Acquisition 23 (IGB PINION) has a GROUND TVM PDVA parameter exceedance.	19601 AUT_10/09/13 13:08:04			1607%	146%	1000%
G1VMMFP14	Acquisition 14 (TTO - Collector Gear) has a GROUND TVM MFP parameter e(...)	19601 AUT_10/09/13 13:08:04			621%	203%	300%
G1VMMFP10	Acquisition 10 (Eng2-2nd Pinion) has a GROUND TVM MFP parameter exceedance.	19601 AUT_10/09/13 13:08:04			225%	75%	300%
G1VMMFP05	Acquisition 5 (Eng3-1st Pinion) has a GROUND TVM MFP parameter exceedance.	19601 AUT_10/09/13 13:08:04			183%	94%	300%

Figura 5.1: Excerto da página Smart Tool com as análises de condição possíveis.

Na figura de cima é possível verificar que existem três casos que podem ser desprezados, nomeadamente os casos com os seguintes código de *arising*: G1VMM6A17, G1VMMFP10 e G1VMMFP05 (assinalados a verde). Tratam-se de casos em que a média do parâmetro a analisar cresce abaixo do limite definido para o parâmetro. A página *pop-up* destes *arisings* pode ser vista na figura 5.2.

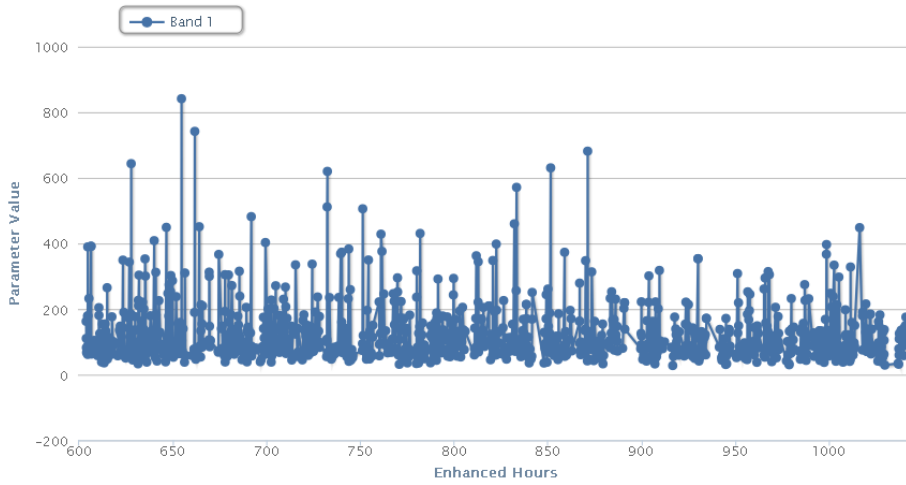
Analisando o gráfico da figura 5.2(a) apenas visualmente, o que corresponderia ao processo que era feito anteriormente, observa-se que os dados aparentam manter-se todos junto de um valor médio. Existem alguns valores que se afastam da média criando uma dispersão grande de valores que oscilam perto da média. Nas últimas 50 horas não é detetado o aumento dos parâmetros mas dada a dispersão não é possível ter a certeza desta afirmação. Agora com o recurso à tabela consegue-se afirmar com certeza que a média nas últimas 50 horas é muito semelhante às restantes havendo uma variação de 10% podendo esta aumentar até 200% antes se tornar caso de preocupação, validando-se assim o algoritmo.

Na figura 5.2(b) a média da banda 2 não apresenta qualquer tipo de preocupação uma vez que a esta diminui no segundo intervalo e assim também a taxa de crescimento. Na banda 1 a média no segundo intervalo aumenta 225%, ou seja, cerca de duas vezes o que não apresenta problema uma vez que esta não é superior a três vezes a do primeiro intervalo. Observando o gráfico da figura pode-se ver que existiu uma flutuação temporária entre as 700 e 710 horas que voltou depois à normalidade que é responsável pelo aumento da média no segundo intervalo. Assim é possível confirmar que este *arising* encontra-se bem classificado sendo claramente um caso para desprezar.

O caso da figura 5.2(c) é semelhante ao da figura 5.2b no que diz respeito aos resultados de médias além de que esta também possui uma flutuação no mesmo intervalo e bandas. Estas flutuações podem ter sido eventualmente causadas pelas mesmas circunstâncias que levaram às medições erróneas que despoletaram os *arisings*. Por estas razões este caso também se encontra bem avaliado como sendo um caso desprezável.

Na figura 5.3 podem ser vistos as janelas *pop-up* dos *arisings* que foram assinalados com um

G1VM – Trend Analysis –514002
 Acquisition: 17
 Parameter: M6A



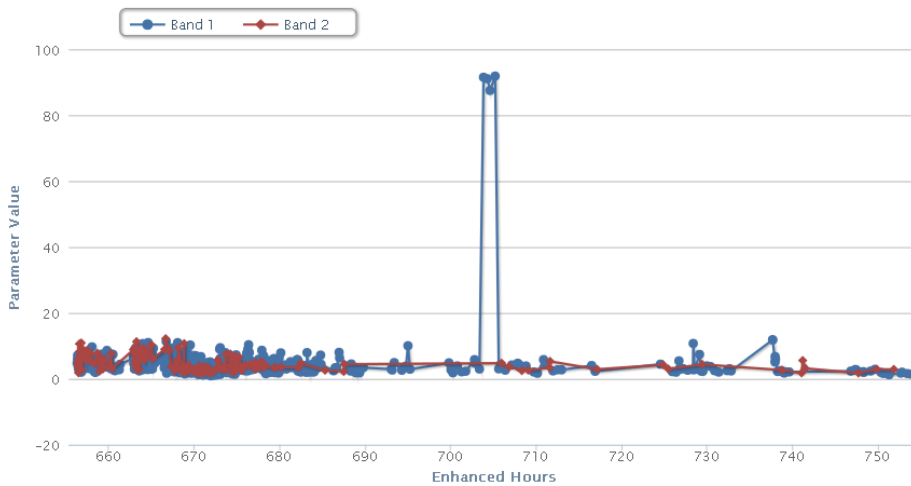
Set Last Hours Limit: 50

Band	Average A	Average B	B vs A [ave.]	Growth Rate A	Growth Rate B	A vs B [Growth Rate]	Limit	Condition
Band 1	124.3402	111.9736	-10%	-0.0753	-0.2597	344%	373.020675 (> 2x average)	<input checked="" type="checkbox"/>

Note:
 'A' means before last 50 enhanced hours
 'B' means in the last 50 enhanced hours

(a) G1VMM6A17

G1VM – Trend Analysis –514001
 Acquisition: 10
 Parameter: MFP

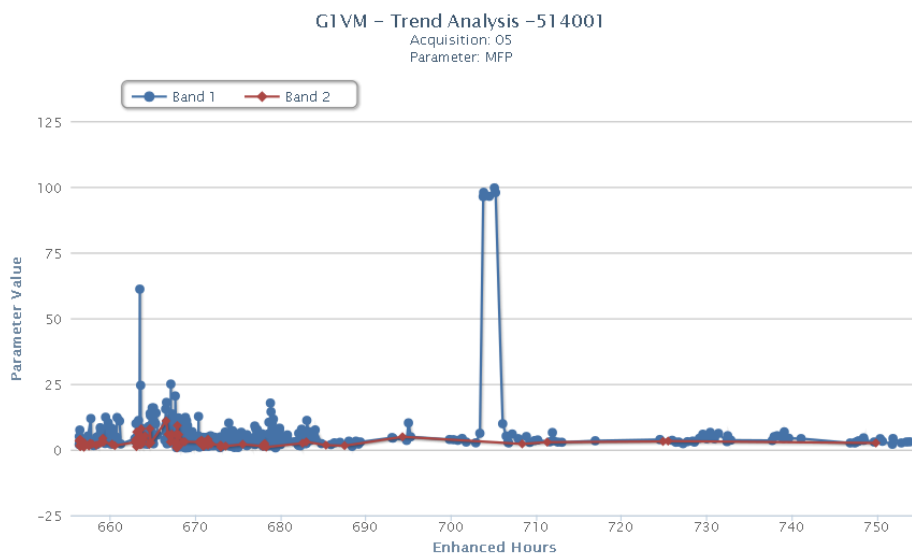


Set Last Hours Limit: 50

Band	Average A	Average B	B vs A [ave.]	Growth Rate A	Growth Rate B	A vs B [Growth Rate]	Limit	Condition
Band 1	3.7230	8.3985	225%	-0.0472	-0.5366	1136%	11.169044 (> 3x average)	<input checked="" type="checkbox"/>
Band 2	4.5376	3.4120	-25%	-0.1628	-0.0201	-88%		<input checked="" type="checkbox"/>

Note:
 'A' means before last 50 enhanced hours
 'B' means in the last 50 enhanced hours

(b) G1VMMFP10



Set Last Hours Limit:

Band	Average A	Average B	B vs A [ave.]	Growth Rate A	Growth Rate B	A vs B [Growth Rate]	Limit	Condition
Band 1	4.6813	8.5833	183%	0.0937	-0.4625	-593%	14.043974 (> 3x average)	<input checked="" type="checkbox"/>
Band 2	2.9665	2.8093	-5%	-0.0144	0.0030	-121%		<input checked="" type="checkbox"/>

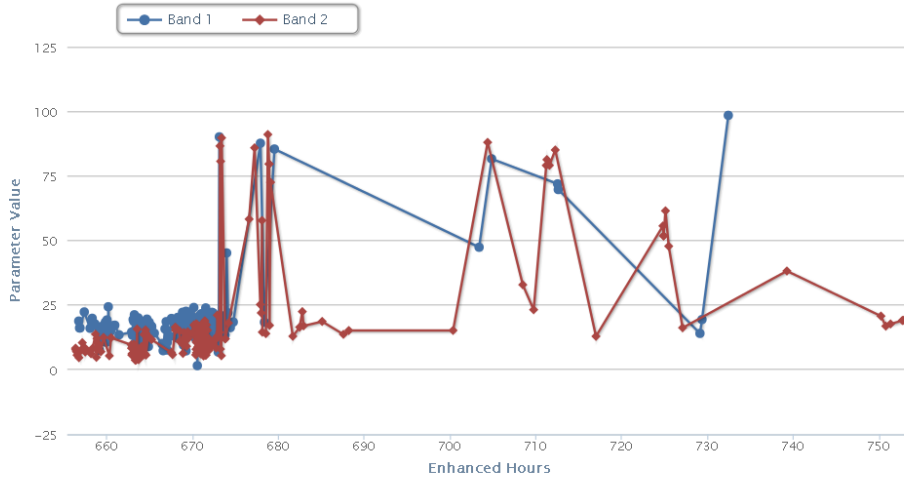
Note:
 'A' means before last 50 enhanced hours
 'B' means in the last 50 enhanced hours

(c) G1VMMFP05

Figura 5.2: Arisings desprezáveis: 5.2a G1VMM6A17; 5.2b G1VMMFP10; 5.2b G1VMMFP05

G1VM – Trend Analysis –514001

Acquisition: 16
Parameter: MFP



Set Last Hours Limit:

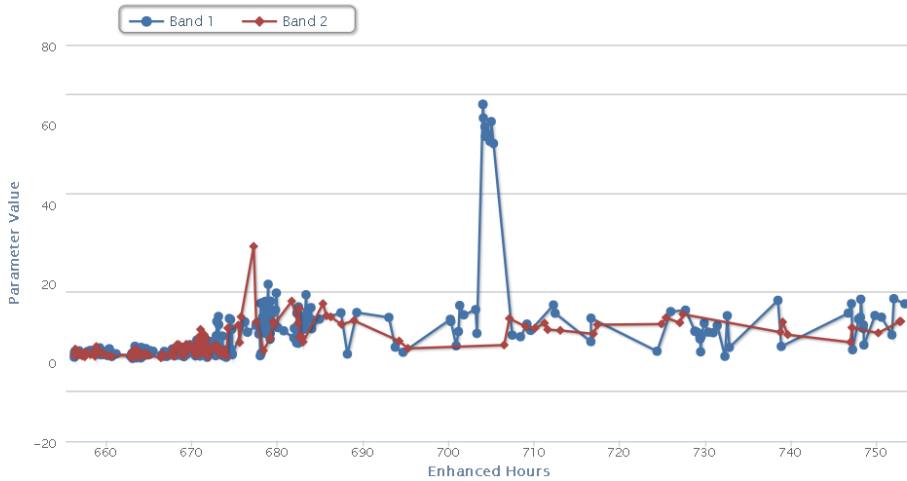
Band	Average A	Average B	B vs A [ave.]	Growth Rate A	Growth Rate B	A vs B [Growth Rate]	Limit	Condition
Band 1	17.4356	57.5413	330%	0.5130	-0.7060	-238%	52.306914 (> 3x average)	
Band 2	15.0441	44.9194	298%	0.9617	-1.0529	-209%		

Note:
'A' means before last 50 enhanced hours
'B' means in the last 50 enhanced hours

(a) G1VMMFP16

G1VM – Trend Analysis –514001

Acquisition: 23
Parameter: MFP



Set Last Hours Limit:

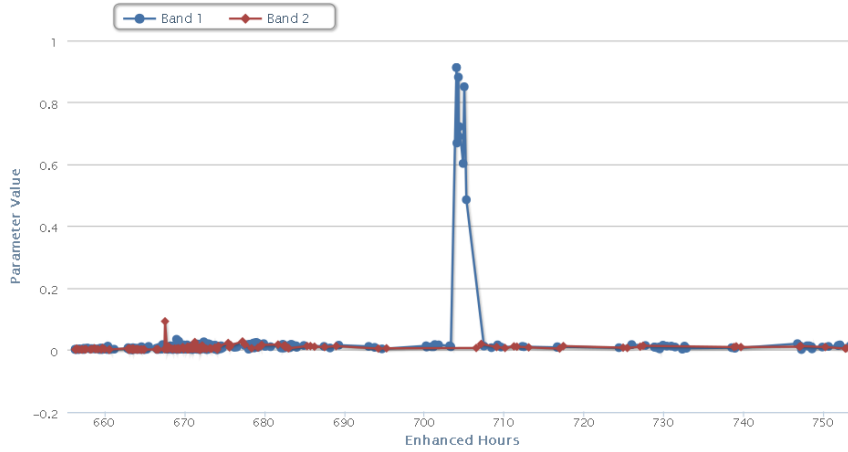
Band	Average A	Average B	B vs A [ave.]	Growth Rate A	Growth Rate B	A vs B [Growth Rate]	Limit	Condition
Band 1	4.1351	17.8432	431%	0.2976	-0.6897	-332%	12.405232 (> 3x average)	
Band 2	3.9940	8.7280	218%	0.2790	0.0004	-100%		

Note:
'A' means before last 50 enhanced hours
'B' means in the last 50 enhanced hours

(b) G1VMMFP23

G1VM – Trend Analysis –514001

Acquisition: 23
Parameter: PDVa



Set Last Hours Limit:

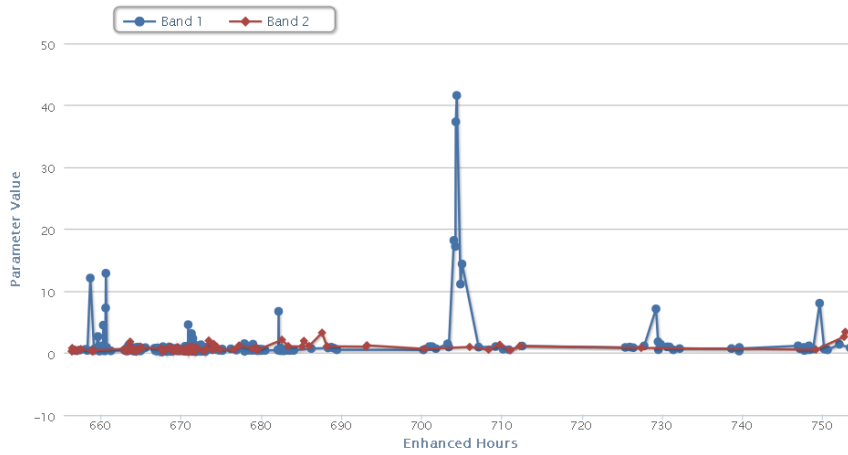
Band	Average A	Average B	B vs A [ave.]	Growth Rate A	Growth Rate B	A vs B [Growth Rate]	Limit	Condition
Band 1	0.0088	0.1410	1607%	0.0003	-0.0106	-3215%	0.087734 (> 10x average)	■
Band 2	0.0069	0.0101	146%	0.0003	-0.0000	-113%		■

Note:
'A' means before last 50 enhanced hours
'B' means in the last 50 enhanced hours

(c) G1VMPDVA23

G1VM – Trend Analysis –514001

Acquisition: 14
Parameter: MFP



Set Last Hours Limit:

Band	Average A	Average B	B vs A [ave.]	Growth Rate A	Growth Rate B	A vs B [Growth Rate]	Limit	Condition
Band 1	0.7701	4.7832	621%	-0.0178	-0.2997	1683%	2.310298 (> 3x average)	■
Band 2	0.6549	1.3328	203%	0.0257	0.0323	125%		■

Note:
'A' means before last 50 enhanced hours
'B' means in the last 50 enhanced hours

(d) G1VMMFP14

Figura 5.3: Arisings alarmantes: 5.3a G1VMMFP16; 5.3b G1VMMFP23; 5.3c G1VMPDVA23; 5.3d G1VMMFP14

quadrado vermelho no excerto da figura 5.1 e que portanto são de especial atenção. Tratam-se dos *arisings* com os códigos: G1VMMFP16, G1VMMFP23, G1VMPDVA23 e G1VMMFP14.

Na primeira figura 5.3(a) é possível identificar de imediato pela observação do gráfico que o parâmetro tem tido um comportamento anómalo nas últimas 100 horas em ambas as bandas. Com base na tabela que se encontra na parte inferior do gráfico sabe-se exatamente que a média nas últimas 50 horas foi mais de três vezes superior às restantes horas na banda 1. A média da banda 2 teve um aumento de 298% ficando por dois pontos percentuais de apresentar-se com uma condição preocupante. Portanto este caso deve ser acompanhado com atenção, podendo-se determinar uma ação de manutenção.

A figura ao lado da anterior, 5.3(b) identifica que na banda 1 existe um caso alarmante uma vez que a média no segundo intervalo foi cerca de quatro vezes superior ao do primeiro. Observando a imagem pode-se constatar que de facto existe um comportamento fora do normal nas últimas 80 horas e que entre as 700 e 710 horas ocorreram medições que se afastam muito da média na banda 1. Este afastamento não é preocupante uma vez que depois as medições tomam um comportamento que se assemelha mais ao resto das medições feitas nas últimas 80 horas. Contudo o aumento da média é superior ao limite e é portanto caso de preocupação. Quanto à banda 2, a medição dos dados comporta-se de forma diferente nas últimas 80 horas mas a segunda média não transpõe o limite pelo que segundo a instrução técnica não é preocupante.

Na terceira figura, 5.3(c), é identificada uma condição alarmante na banda 1. Analisando o gráfico percebe-se que existe entre as 700 e 710 horas um conjunto de valores que tomam valores muito superiores aos da média geral. Claramente esta é uma situação que se deve a uma anomalia temporária nos sensores e devia ter sido desprezada. Nesta situação o algoritmo não desprezou pois os valores elevados detetados fizeram com a que a média no segundo intervalo aumentasse cerca de 16 vezes em relação à primeira fazendo com que o algoritmo considerasse este caso alarmante. Na banda 2 como a média é sensivelmente constante ao longo das horas é considerado pelo sistema como desprezável confirmando-se a caracterização feita pela Smart Tool.

Por fim a última figura, 5.3(d), é muito semelhante à anterior na medida em que ocorre um aumento dos valores do parâmetro no mesmo intervalo o que leva a que o algoritmo detetou este caso como sendo alarmante quando na verdade é desprezável e banda 2 é bem caracterizada.

5.2 Conclusões dos Resultados

Os resultados anteriormente apresentados provam a utilidade e o grau de confiança da ferramenta. Esta permite ao gestor do helicóptero tomar decisões com base nesta ferramenta desenvolvida através da triagem automática dos *arisings*.

Começando pelos casos avaliados pela ferramenta como sendo desprezáveis. Em todos os casos foi feita a deteção correta dos casos com bases nos critérios que existem na instrução técnica todas as figuras identificadas são casos que não excedem os limites definidos. É possível identificar olhando para o gráfico da primeira figura que esta apresenta um comportamento bastante oscilatório

em relação ao valor médio global, o que não acontece nas outras duas figuras. Contudo esta situação pode estar relacionada com a natureza do parâmetro em análise e não se encontra dentro do objetivo da ferramenta detetar este tipo de situações.

No que diz respeito aos casos alarmantes, os primeiros dois foram identificados corretamente, uma vez que o comportamento dos parâmetros no intervalo final era diferente do inicial e efetivamente estes ultrapassam os limites definidos na instrução técnica. Quanto aos últimos dois estes eram casos que são desprezáveis por observação dos seus gráficos mas que à luz dos critérios dos limites são considerados alarmantes.

Em geral a ferramenta identifica corretamente os casos desprezáveis podendo na situação dos casos alarmantes poderem existir casos que possam desprezados contudo identifica sempre os alarmantes. Conclui-se portanto que a ferramenta não é perfeita e completamente automática pelo que não dispensa a observação de um gestor para a confirmação dos casos alarmantes. Contudo a ferramenta apresenta-se muito útil e importante uma vez que reduz o número de casos a analisar e assim torna-se numa mais-valia para o apoio e a gestão do helicóptero.

Capítulo 6

Conclusões

Este último capítulo destina-se a apresentar uma análise do trabalho que foi desenvolvido e apresentado nesta dissertação. Serão tecidas conclusões finais, as limitações, as contribuições e por fim algumas recomendações que possam servir de guias para trabalho futuro.

A dissertação aborda uma possível solução para a continuação da utilização do *software* de gestão e monitorização designado por PGS na FAP após a alteração do sistema operativo utilizado na instituição.

A PGS consiste num *software* que foi fornecido ao abrigo do contrato de aquisição do helicóptero da Augusta–Westland EH101 "Merlin" e que permite efetuar um conjunto de operações relacionadas com a aeronave que se constituem essenciais e fulcrais para a operação do mesmo. No entanto a PGS sustenta-se num sistema operativo Microsoft Windows XP e é dependente deste para funcionar.

Outro problema advém do fato que a PGS é um *software* proprietário e de código fechado cujo detentor é uma entidade externa à FAP o que implica que o *software* não possa ser modificado nem atualizado pela FAP. Isto leva a que o *software* se torne rapidamente obsoleto e longe da realidade das necessidades da instituição que o utiliza.

A solução para estas limitações, que foi implementada com esta dissertação, passou pelo desenvolvimento de uma *web application* com a capacidade de aceder aos dados da PGS e de os apresentar numa plataforma moderna, flexível e que corra em qualquer sistema operativo.

Os meios para a criação deste tipo de solução advém da plataforma OutSystems que consiste num conjunto de ferramentas para a criação de *web applications* que é utilizado na FAP. Contudo antes de se partir a *web application* é necessário entender os dados existentes no EH101.

O primeiro passo consistiu em analisar os sistemas HUMS existentes a bordo do helicóptero assim como das suas interligações e dos dados que estes registam. É feito um estudo sobre o fluxo de informação entre o helicóptero e a *ground station*, das ferramentas que permitem este fluxo e a informação que processam. De seguida são descritos os sistemas TVM, do motor, de monitorização de estruturas e de identificação de falhas. Foi importante identificar os dados que são extraídos do helicóptero que servem depois para alimentar a PGS.

O passo seguinte foi o desenvolvimento da *web application*, que foi designada por SAGEH, para

aceder à informação e a visualizar. Para a aplicação operar foi necessário criar novos componentes, nomeadamente o conector de base de dados INGRES para a plataforma OutSystems e uma função de cálculos de regressões lineares, que consistiram em algumas das inovações implementadas.

Por fim é apresentada a *web application* que contempla duas componentes. A primeira componente consiste no modo de leitura de informação da base de dados referentes aos sistemas a bordo da aeronave estudados e função do voos e a segunda componente trata de um modo de processamento e automatização de informação designado por ferramenta inteligente - Smart Tool.

A segunda componente representa o maior potencial que uma *web application* pode trazer, no que diz respeito à sua utilidade no apoio à gestão e monitorização do EH101. Este modo automatiza a aplicação de uma instrução técnica que fazia o seguimento e análise de anomalias nos sistemas TVM. Para além de permitir identificar automaticamente a condição da anomalia, no que diz respeito ao cumprimento dos limites definidos na instrução técnica, serve de estação de análise estatística para o apoio de tomada de decisões por parte do gestor de frota.

No que diz respeito às contribuições desta aplicação, esta permite pela primeira vez, desde a aquisição do EH101 e com ele a PGS, a possibilidade de se poder ter um controlo total da informação a visualizar e a forma como é apresentada. Isto vai contribuir com que possa ser desenvolvido um sistema que verdadeiramente reflita as necessidades da FAP e que permite a continuação da utilização da PGS na gestão do sistema de armas EH101.

Foi possível nesta dissertação fazer um estudo dos sistemas HUMS assim como identificar os dados que são processados e enviados do helicóptero para a PGS. É também descrito o fluxo de informação, os meios que possibilitam a transferência de informação e as suas características. No que diz respeito à informação contida na base de dados relacionada com os sistemas tratados, foi feita a estruturação e o levantamento das tabelas e dos mapas de informação relacionados.

Desenvolveu-se a capacidade de se poderem automatizar procedimentos que anteriormente seriam demorosos, trabalhosos e cujos resultados eram até certo ponto subjetivos, da pessoa que estaria a processá-los, é do ponto de vista da tomada de decisão extremamente importante.

Com os conhecimentos adquiridos será possível integrar finalmente os dados do helicóptero no Sistema Integrado de Apoio à Gestão da Força Aérea (SIAGFA) que reúne praticamente toda a informação dos outros sistemas de armas operados na FAP. De momento existia apenas a plataforma entre o helicóptero e a PGS que era suportada em Windows XP mas agora já é possível ligar a PGS a outros sistemas que permitem a criação de novas funcionalidades. Desta forma é expandido o leque de alternativas e apresentada uma metodologia para que possa ser avançado uma solução para a integração do helicóptero ou outro sistema de armas ao sistema integrado da FAP.

Contudo esta solução não é perfeita uma vez que não é possível abdicar completamente da PGS pois esta contém algoritmos que processam métricas importantes para a gestão do helicóptero que são apenas do conhecimento do fabricante. Isto implica que será sempre necessário utilizar a PGS e esta por sua vez do Windows XP para fazer a atualização da base de dados. Portanto este método constitui uma solução a curto-médio prazo, expandindo desta forma a operação da PGS e com isso o tempo para poder ser encontrada uma solução que seja independente completamente da PGS.

6.1 Recomendações Futuras

No que refere a recomendações e trabalho futuro seria bastante importante reunir elementos para que se possa continuar a desenvolver o SAGEH. Desta forma poderiam ser abrangidas mais funcionalidades para além dos que foram apresentados como por exemplo a expansão do programa às bases de dados existentes, além da Base Aérea Nº6 (BA6). Outra recomendação futura passaria por utilizar o recurso do conector desenvolvido para que se possa fazer a ligação e incorporação dos dados do EH101 no SIAGFA. O conetor permite além de apresentar a informação da base de dados introduzir e editar informação na própria base de dados. Esta funcionalidade não foi necessária nesta dissertação pelo que a exploração desta pode levar à independência do uso da PGS.

Por forma a poder-se deixar de usar completamente a PGS terá de ser feito também um estudo da transformação dos dados, que são processados pela PGS. Isto é possível analisando a informação transferida pela DTC e visualizada através do programa Test RIG e posteriormente comparada com a processada na PGS, fazendo *reverse engineering* seria possível compreender os algoritmos que são aplicados aos dados. Recriando o processamento feito na PGS poderia ser feita a ligação diretamente do helicóptero e o SIAGFA o que tornaria o fluxo de informação mais rápido e eficiente.

Um aspeto que teria também de ser estudado e que não foi abordado nesta tese trata da sustentabilidade da PGS. Por forma a poder ter um circuito entre o helicóptero, a PGS e o SIAGFA seria útil poder identificar a informação mínima que é preciso introduzir na PGS por forma a esta conseguir processar devidamente a informação. Existem ações na PGS que precisam de ser executadas por forma a manter a operação da mesma. Utilizando o SIAGFA como plataforma de gestão do EH101 seria necessário estudar que operações é que o SIAGFA necessitaria de aplicar na PGS.

E por fim a a recomendação que sugiro seria a criação de um canal de ligação mais próximo entre os elementos responsáveis pela gestão dos sistemas de armas da FAP e os do desenvolvimento de aplicações informáticas para que as necessidades e as sugestões dos gestores de sistemas de armas possam ser aplicadas através dos conhecimentos e capacidades dos programadores. Desta forma a instituição poderá tornar-se ainda mais tecnológica, eficiente e eficaz.

Anexo A

Algoritmos das Queries

Query A.1: Condição das aeronaves por número de cauda.

```
SELECT tail_number, status
FROM aircraft
```

Query A.2: Downloads de uma aeronave.

```
"SELECT
    download_id, ac_serial_number, download_date, download_remarks, ↵
    download_type, null
FROM download
WHERE ac_serial_number = " + ac_serial_numberID +
" ORDER BY download_date desc"
```

Query A.3: Descrição sumária do voo.

```
SELECT dtc_name, sortie_start_time, sortie_end_time, flight_hours, remarks
FROM dtc_header
WHERE sfn = ' " + Download_ID + "''
```

Query A.4: Métricas dos componentes do voo.

```
SELECT DISTINCT lun.description, pm.part_number, pm.serial_number, pm.↵
    metric_name, mts.unit_of_measure, pm.delta_value, pm.cumulative_value
FROM part_metric pm
JOIN part pa ON pm.part_number = pa.part_number AND pm.serial_number = pa.↵
    serial_number
JOIN logistical_unit lun ON pa.lcn = lun.lcn
JOIN metric_spec mts ON pm.metric_name = mts.metric_name
WHERE download_id = ' " + Download_ID + "'
ORDER BY " + var1 + "
```

Query A.5: Parâmetros TVM.

```
SELECT DISTINCT tvma.origin, tvma.occurrence_time, tvma.acquisition_indication↵
, tvml.parameter_description, tvma.torque_band_number, tvma.↵
parameter_value
FROM tvm_analysis tvma
JOIN tvm_parameters_lookup tvml ON tvma.parameter_name = tvml.parameter_name
WHERE tvma.sfn = '"' + Download_ID + '"'
ORDER BY tvma.occurrence_time
```

Query A.6: Caixa Usage Summary.

```
SELECT eng.engine_id, eng.serial_number, eng.operation_time, eng.max_tit, eng.↵
max_nf, eng.max_ng
FROM engine eng
JOIN aircraft ar ON eng.ac_serial_number = ar.ac_serial_number
WHERE ar.ac_serial_number = '"' + Session.ac_serial_number + '"' AND eng.↵
engine_id = 1
```

Query A.7: Tabela Engine Usage.

```
SELECT engu.engine_id, engu.operating_time, engu.lcfaxial_compressor_damage, ↵
engu.lcfimpeller_damage, engu.lcfgas_generator_turbine_damage, engu.↵
lcfpower_turbine_damage, engu.lcfhot_section_damage, engu.↵
creep_stage1_damage, engu.creep_stage2_damage
FROM engine_usage engu
WHERE engu.sfn = '"' + Download_ID + '"'
```

Query A.8: Tabela Engine Health.

```
SELECT engeh.engine_id, engeh.occurrence_time, engeh.lru_name
FROM engine_exceedance_header engeh
WHERE engeh.sfn = '"' + Download_ID + '"'
```

Query A.9: Tabela Dados estruturais.

```
SELECT sc.part_number, sc.serial_number, sc.initial_usage_rate, sc.↵
actual_usage_rate, sc.total_operating_time, sc.initial_operating_time FROM↵
structural_component sc
WHERE sc.sfn = '"' + Download_ID + '"'
```

Query A.10: Tabela Falhas.

```
SELECT ar.asn, ar.arising_code, ar.remark, ar.status
FROM arising ar
WHERE download_id = '"' + Download_ID + '"'
```

Query A.11: Dados arising da *Smart Tool*.

```
SELECT first 50 ar.creation_date_time, ar.arising_code, ar.remark, ar.↵
    download_id, ac_serial_number
FROM arising ar
WHERE ar.ac_serial_number like '" +AircraftSelector+ "' AND ar.arising_code ↵
    like '%TVM%'
ORDER BY ar.creation_date_time DESC
```

Query A.12: Dados do gráfico no pop-up

```
SELECT text('[') || text(ta.accrued_enhanced_hours) || text(',') || text(ta.↵
    parameter_value) || text(']')
FROM tvm_analysis ta
JOIN tvm_parameters_lookup tl ON ta.parameter_name = tl.parameter_name
WHERE ta.ac_serial_number = '" +ArisingCodeInterpreter.selected_arising_code.↵
    arisingcode_interpreter.ac_serial_number+ "' AND ta.acquisition_indication↵
    = '" +ArisingCodeInterpreter.selected_arising_code.↵
    arisingcode_interpreter.acq+ "' AND ta.torque_band_number = 1 AND tl.↵
    parameter_description = '" +ArisingCodeInterpreter.selected_arising_code.↵
    arisingcode_interpreter.param+ "'
ORDER BY ta.accrued_enhanced_hours
```

Query A.13: Calculo das médias na tabela do pop-up

```
SELECT sum(ta.parameter_value)/count(ta.parameter_value), (count(ta.↵
    parameter_value)*sum(ta.parameter_value*ta.accrued_enhanced_hours)-sum(ta.↵
    accrued_enhanced_hours)*sum(ta.parameter_value))/(count(ta.parameter_value↵
    )*sum(ta.accrued_enhanced_hours*ta.accrued_enhanced_hours)-sum(ta.↵
    accrued_enhanced_hours)*sum(ta.accrued_enhanced_hours))
FROM tvm_analysis ta JOIN tvm_parameters_lookup tl ON ta.parameter_name = tl.↵
    parameter_name
WHERE ta.ac_serial_number = '" +ArisingCodeInterpreter.selected_arising_code.↵
    arisingcode_interpreter.ac_serial_number+ "' AND
ta.acquisition_indication = '" +ArisingCodeInterpreter.selected_arising_code.↵
    arisingcode_interpreter.acq+ "' AND
ta.torque_band_number = 1 AND tl.parameter_description = '" +↵
    ArisingCodeInterpreter.selected_arising_code.arisingcode_interpreter.param↵
    + "' AND ta.accrued_enhanced_hours <
(
SELECT max(taa.accrued_enhanced_hours)-"+hours+"
FROM tvm_analysis taa JOIN tvm_parameters_lookup tll ON taa.parameter_name = ↵
    tll.parameter_name
WHERE taa.ac_serial_number = '"+ArisingCodeInterpreter.selected_arising_code.↵
    arisingcode_interpreter.ac_serial_number+ "' AND taa.↵
```

```
acquisition_indication = '" +ArisingCodeInterpreter.selected_arising_code.<↵
arisingcode_interpreter.acq+ "' AND taa.torque_band_number = 1 AND tll.<↵
parameter_description = '" +ArisingCodeInterpreter.selected_arising_code.<↵
arisingcode_interpreter.param+ "'
)
```

Anexo B

Algoritmo da página Smart Tool

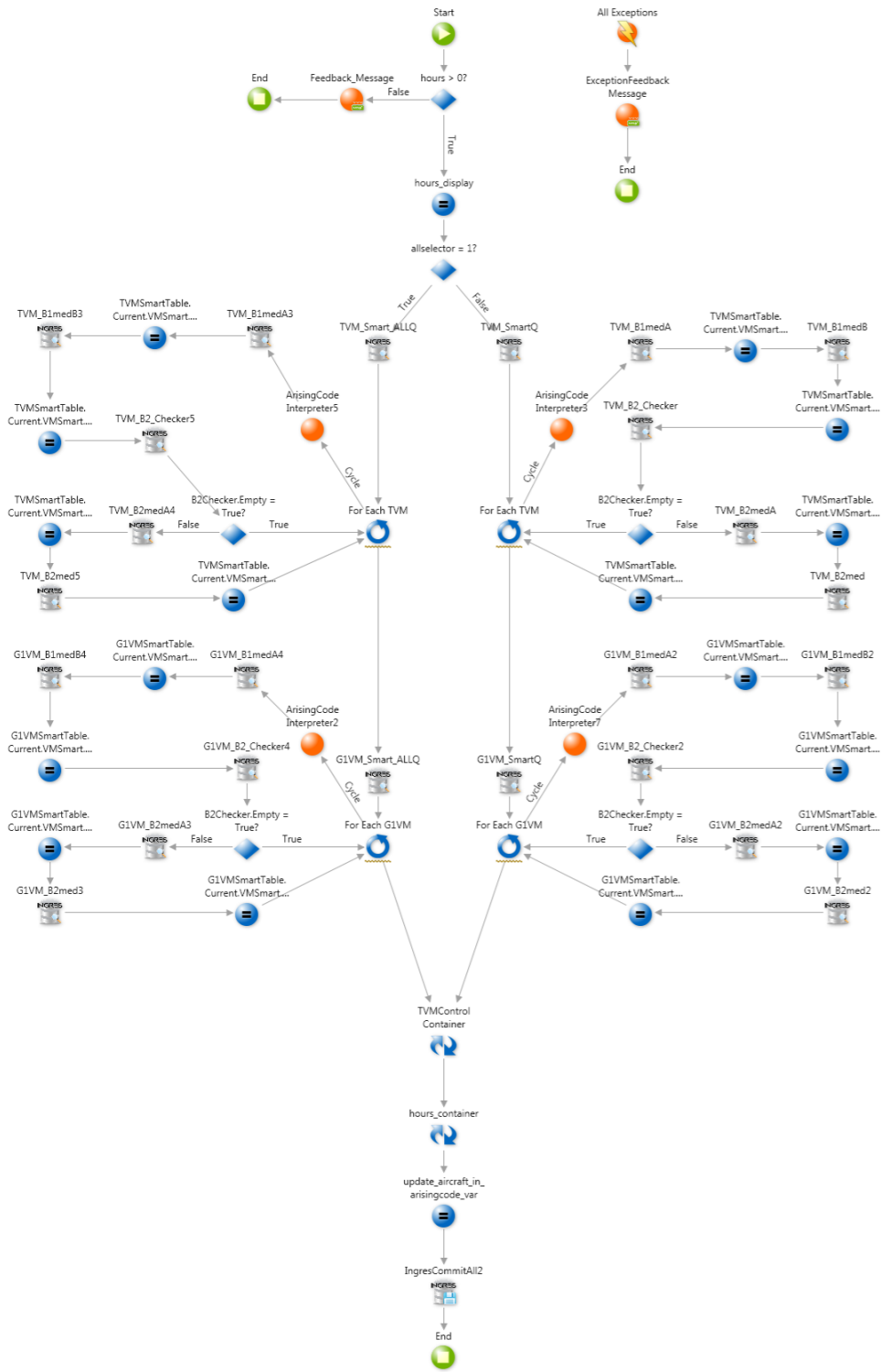


Figura B.1: Algoritmo da página Smart Tool.

Bibliografia

- [1] J. G. Leishman. *Principles of Helicopter Aerodynamics*. Cambridge University Press, 2006.
- [2] J. G. Leishman. *A History of Helicopter Flight*. Cambridge University Press, 2000.
- [3] Aerospatiale. How many helicopters are there in the world as of 2001. <http://www.helis.com/faq/>, Visualizado em: 2013-12-01.
- [4] The British Helicopter Association. The civil helicopter in the community, May 2008.
- [5] A. Leboulanger. *Military & civil helicopters systems*, 2013.
- [6] C. C. Silva. Mais de 300 missões já feitas com o "merlin". *Jornal da Madeira*, Abril 2013.
- [7] P. P. Savtotti and A. Trickett. The evolution of helicopter technology, 1940–1986. *Economics of Innovation and New Technology*, 111–130, 1992.
- [8] M. J. Rich. *Application of Advanced Composite Materials to Helicopter Airframe Structures*. Springer, 1980.
- [9] US Joint Helicopter Safety Implementataion Team & HFDM Working Group. Health and usage monitoring systems toolkit, 2013.
- [10] *Logistic Support Systems – Installation and Configuration of Ingres and OpenROAD*. Agusta Westland, Lysander Road, Yeovil, England BA20 2YB, may 2008. Document No: LSS-PGS-0609-11294.
- [11] Microsoft Corporation. Windows xp sp3 and office 2003 – support ends april 8th, 2014. <http://www.microsoft.com/en-us/windows/enterprise/endofsupport.aspx>, Visualizado em: 2013-12-01.
- [12] Academia da Força Aérea. *MAFA 140-3E "Manual de Avaliação Escolar"*, Capítulo Guia de Preparação da Dissertação/Relatório de Trabalho de Projecto. GEP, edição d, Outubro 2007.
- [13] Direção Académica. Guia de preparação da dissertação, 2012/2013.
- [14] Força Aérea Portuguesa. Esquadra 751 – pumas. <http://www.emfa.pt/www/po/esq751/>, Visualizado em: 2013-12-01.

- [15] M. Stonebraker, G. Held, E. Wong, and P. Kreps. The design and implementation of ingres. *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, 1(3):189–222, 1976.
- [16] US Joint Helicopter Safety Analysis Team. Year 2000 report to the international helicopter safety team, September 2007.
- [17] L. Rising and N. S. Janoff. The scrum software development process for small teams. *Software, IEEE*, 17(4):26–32, 2000.
- [18] Axosoft. Scrum overview diagram. <http://www.axosoft.com/blog/2012/02/27/scrum-overview-diagram>, Visualizado em: 2013-12-01.
- [19] L. Westland Helicopters. *Training manual – Portugal, Master Manual*. Agusta Westland International Ltd., Aug 2004. issue 1.
- [20] Cap. C. Sousa. Avaliação de condição por análise de vibrações no eh101, Setembro 2006.
- [21] Westland Helicopters. *Threshold Exceedance - Fault Isolation*, 3rd edition, Jun 2009. EH-A-18-10-00-05A-410A-A.
- [22] Cap. L. M. S. Ruivo. Análise do sistema de monitorização do motor da aeronave eh101 merlin. Master's thesis, Academia da Força Aérea, Novembro 2007.
- [23] Cap. M. F. M. Pinto. Migração dos dados relativos à manutenção da aeronave eh101 da pgs para o siagfa na fap - módulo de gestão da manutenção, Setembro 2006.
- [24] R. C. Montrose. Object-oriented development using the shlaer-mellor method. *Project Technology, Inc., Irving, Texas*, 1995.
- [25] *Portuguese Ground Station (PGS) Main Application Software Design Description (SDD)*. Aerosystems International Limited, Alvington, Yeovil, Somerset BA22 8UZ, 2nd edition, November 2004. Reference: 1303J/1/TF.1-1.
- [26] *Maintenance Management System (MMS) Product Database Design Description*. Aerosystems International Limited, Alvington, Yeovil, Somerset BA22 8UZ, 1st edition, November 2004. Reference: 7162F/V001/TF.3-1.
- [27] *Ingres Connector – Manual de Utilização*. OutSystems Solutions Delivery Experts, Julho 2013.
- [28] *Delivering Great Apps: 11 Usability Rules for IT Developers*. OutSystems, September 2013.
- [29] Westland Helicopters. *EH101 Controlo Vibratório do Sistema de Transmissão através da PGS*, Outubro 2012.
- [30] Highcharts. Highcharts api documentaion. <http://api.highcharts.com/highcharts>, Visualizado em: 2013-12-01.
- [31] K. J. Astrom and B. Wittenmark. *Computer-Controlled systems: theory and design*, chapter 13.4 The Principle of Least Squares, pages 509–514. Prentice hall, 3rd edition, 1999.