



**LISBOA
SCHOOL OF
ECONOMICS &
MANAGEMENT**

MESTRADO
GESTÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO

**O IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DE RFID: UM ESTUDO DE
CASO SOBRE A TAP MANUTENÇÃO E ENGENHARIA**

DAVID TAVARES DE ALMEIDA RIBEIRO

OUTUBRO - 2014



**LISBOA
SCHOOL OF
ECONOMICS &
MANAGEMENT**

**MESTRADO EM
GESTÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO**

**O IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DE RFID: UM ESTUDO DE
CASO SOBRE A TAP MANUTENÇÃO E ENGENHARIA**

DAVID TAVARES DE ALMEIDA RIBEIRO

ORIENTAÇÃO:

**PROFESSORA WINNIE PICOTO
MESTRE PAULO ALMEIDA GONÇALVES**

OUTUBRO - 2014

Agradecimentos

Este texto pretende demonstrar, se for possível, a minha profunda gratidão a todos os que direta ou indiretamente contribuíram não só para a elaboração deste Trabalho Final de Mestrado mas também para a minha formação pessoal e académica.

Em primeiro lugar um enorme obrigado à minha família, por me ajudarem em qualquer circunstância mesmo com prejuízo próprio, por fazerem de mim quem sou hoje e por estarem presentes incondicionalmente. O vosso apoio e os vossos conselhos permitiram-me chegar onde cheguei e almejar chegar ainda mais longe.

Em segundo lugar, um especial obrigado à Catarina e a todos os meus amigos. Pela amizade, companheirismo, paciência, conselhos e ajuda. Obrigado, simplesmente por estarem presentes nos bons e maus momentos.

Aos meus orientadores, Professora Winnie Picoto e Mestre Paulo Almeida Gonçalves, muito obrigado pela disponibilidade, orientação e sapiência que me transmitiram. Sem a vossa orientação esta investigação não teria o mesmo nível de qualidade.

Obrigado ao Professor Eduardo Rodrigues, ao Doutor Carlos Quinta e ao Engenheiro Francisco Azevedo pela disponibilidade e contributo. Sem vocês de certeza que não estaria a escrever este texto. Obrigado também a todos os colaboradores da TAP M&E que participaram nesta investigação.

Com esta dissertação aproxima-se o fim de uma jornada de seis anos no Instituto Superior de Economia e Gestão. Não podia deixar de agradecer a todos os que fizeram parte do meu percurso nesta grande instituição. Obrigado a todos os colegas, pela amizade e ajuda. Obrigado a todos os funcionários e professores por me darem condições para alargar o meu conhecimento e crescer como pessoa.

A todos, o meu sincero obrigado!

Resumo

A manutenção de aeronaves representa um custo elevado, não só pelos processos de manutenção, como também pelas perdas associadas ao tempo fora de serviço. A identificação por rádio frequência (RFID) tem por isso despertado o interesse deste setor pela sua capacidade de identificar objetos de forma inequívoca, podendo assim aumentar a eficiência dos complexos processos de manutenção.

Com o presente estudo de caso pretende-se analisar o impacto da utilização de RFID numa empresa de manutenção de aeronaves. Paralelamente, pretende-se perceber como esta tecnologia afeta os *stakeholders* e a forma como a sua perceção da qualidade do sistema influencia a sua utilização. Para o efeito, foi selecionada a empresa TAP Manutenção e Engenharia (M&E) como unidade de análise, que implementou um sistema de RFID para facilitar a identificação e procura de componentes de motores de aviões comerciais nas instalações da sua oficina. Foram realizadas diversas entrevistas com utilizadores do sistema e com o gestor do projeto para obter informação de diferentes *stakeholders*.

Através da recolha dos dados foi possível identificar diversos benefícios que a RFID trouxe à M&E e aos seus colaboradores, bem como uma visão detalhada dos processos de desenvolvimento e implementação do sistema de RFID. A análise dos dados e as conclusões pretendem promover e melhorar a utilização de RFID de forma generalizada, bem como incentivar o desenvolvimento de *frameworks* para desenvolvimento e implementação de sistemas de RFID.

Palavras-chave: *Radio Frequency Identification* (RFID); Impacto; Setor aeronáutico; Manutenção.

Abstract

The maintenance costs of aircrafts represent a very large amount of its operating cost, not only because of the maintenance process itself but also because of the losses of having the aircraft out-of-service. Therefore, RFID has sparked the interest of aircraft maintenance companies for its ability to uniquely identify objects, increasing the efficiency of the complex maintenance procedures.

The present study aims to analyse the impact of utilizing RFID in an aircraft maintenance company. Simultaneously we intend to understand how this technology affects the stakeholders and the way the users perception of the quality of the system influences its utilization. With these goals in mind, TAP Maintenance and Engineering (M&E) was chosen as the unit of analysis. M&E implemented an RFID system to improve the identification and search of components from commercial aircraft engines within its facility. Several interviews were performed with the users of this system and with the project manager (PM) in order to gather information from different stakeholders of the project.

The interviews with the stakeholders allowed the identification of some benefits that RFID brought not only to M&E but also its employees. Additionally, it was possible to gain an insight of the development and implementation processes. With the analysis of the gathered information and the conclusions presented on this study, the author intends to promote and improve the utilization of RFID, as well as encourage the creation of frameworks for the development and implementation of RFID systems.

Keywords: Radio Frequency Identification (RFID); Impact; Aircraft; Maintenance.

Lista de quadros

Quadro I - Níveis de integração de RFID nas organizações.....	5
Quadro II - Categorias de aplicações.....	6
Quadro III - Lista de Entrevistados.....	17
Quadro IV - Matriz de análise das entrevistas.....	18

Lista de acrónimos, siglas e abreviaturas

- AWACS: *Airborne Early Warning and Control*
- BD: Base de Dados
- CID: Chefe da Inspeção Dimensional
- COTS: *Commercial Of The Shelf*
- EASA: *European Aviation Safety Agency*
- EPC: *Electronic Product Code*
- ERP: *Enterprise Resource Planning*
- FAA: *Federal Aviation Administration*
- GENESIS: *General Engine Shop Information System*
- GPS: *Global Positioning System*
- GSE: *Ground Support Equipment*
- IFF: *Identify Friend or Foe*
- JIT: *Just in time*
- M&E: TAP Manutenção e Engenharia
- MEERA: *Mobile Enabled Engine Repair Application*
- MMIS: *Maintenance Management Information System*
- MRO: *Maintenance, Repair and Overhaul*
- MTMS: *Mobile Tooling Management System*
- NPV: *Net Present Value*
- PDA: *Personal Digital Assistant*
- PLM: *Product Lifecycle Management*
- PM: *Project Manager*
- RFID: *Radio Frequency IDentification*
- ROI: *Return On Investment*
- SI: Sistema de Informação
- SUS: *System Usability Scale*
- TAT: *Turnaround Time*
- TI: Tecnologia de Informação
- TPPC: Técnico de Preparação, Planeamento e Compras
- WMS: *Warehouse Management System*

Índice

Agradecimentos	I
Resumo.....	II
Abstract	III
Lista de quadros	IV
Lista de acrónimos, siglas e abreviaturas.....	V
1. Introdução	1
2. Revisão da literatura	3
2.1. <i>História da RFID</i>	3
2.2. <i>RFID e os códigos de barras</i>	4
2.3. <i>RFID e as diferentes aplicações</i>	5
2.4. <i>Benefícios</i>	6
2.5. <i>Maiores desafios/barreiras à adoção</i>	8
2.6. <i>RFID no setor aeronáutico e na manutenção</i>	9
2.7. <i>Modelos e escalas de sucesso, qualidade e usabilidade de sistemas</i>	12
3. Metodologia de investigação	14
3.1. <i>Estudo de caso</i>	14
3.2. <i>Recolha de dados</i>	16
3.3. <i>Análise dos dados</i>	18
4. Caracterização do caso.....	18
4.1. <i>TAP Manutenção e Engenharia</i>	19
4.2. <i>Projeto de RFID - MEERA</i>	20
5. Apresentação e discussão dos resultados.....	23
5.1. <i>Qualidade do sistema</i>	23
5.2. <i>Satisfação dos utilizadores e impacto individual</i>	27
5.3. <i>Impacto organizacional</i>	29
6. Conclusões, limitações e estudos futuros	32
Bibliografia	36
Anexo A - Alguns estudos sobre RFID no setor aeronáutico.....	40
Anexo B – Modelos utilizados	42
Anexo C – Guião de entrevista	43

1. Introdução

Identificação por rádio frequência (*Radio Frequency Identification* ou RFID) é uma tecnologia de identificação automática que utiliza ondas de rádio para identificar um animal, uma pessoa ou um objeto de forma inequívoca (Wyld, 2006). A RFID não é uma tecnologia recente. A sua utilização remonta à Segunda Grande Guerra (Wyld, 2006). No entanto, segundo Giannakouris e Smihily (2011) em 2011 apenas quatro por cento das empresas europeias utilizavam RFID.

Na indústria aeronáutica, os equipamentos e produtos com vidas úteis longas e configurações complexas são um grande desafio. As empresas de *Maintenance Repair and Overhaul* (MRO - Manutenção, Reparação e Revisão Geral em português) neste setor precisam de garantir a performance contínua dos seus produtos. Por isso, o conceito de *Product Lifecycle Management* (PLM), em português, gestão do ciclo de vida do produto, é muito referido no setor e os objetivos da sua aplicação são: reduzir o tempo de manutenção de uma aeronave (TAT); reduzir os custos com manutenção; e aumentar o tempo entre operações de manutenção (Lee *et al.*, 2008). Harun *et al.* (2008) e Ferrer *et al.* (2011) referem especificamente que na manufatura e manutenção de aeronaves, a RFID tem ganho reconhecimento pela sua habilidade de rastreio de objetos de forma inequívoca, em tempo real e com um elevado nível de precisão. A RFID em conjunto com práticas de PLM pode facilitar o alcance dos objetivos supracitados.

Em termos da despesa com atividades de MRO, Doan (2012) estimou que as companhias aéreas de todo o mundo iriam gastar, em 2012, 49.500 milhões de dólares americanos em atividades de MRO. Lampe *et al.* (2004) estimaram que os custos de MRO correspondem a 12% do total de custos operacionais de um avião. Por sua vez, Brown (2003) refere que os custos por hora de ter um avião parado para manutenção

não planeada rondam os 23.000 dólares americanos. Ao considerar estes valores em conjunto, é visível a importância de melhorar a gestão e a qualidade destas atividades.

O principal objetivo deste estudo é perceber como é que a utilização de RFID pode afetar uma empresa de manutenção de aeronaves. Para tal, foi escolhida a TAP Manutenção e Engenharia (M&E) como unidade de análise, tendo esta empresa incorporado RFID na sua oficina de Lisboa para identificar componentes de motores de aviões, dentro do recinto da oficina. Associado a este objetivo principal, o presente estudo pretende também dar resposta a duas questões, nomeadamente: “Como é que a utilização de RFID afeta os colaboradores da empresa?”; e “De que forma a qualidade do sistema de RFID influencia o uso do mesmo?”. Para responder a estas questões, foi realizado um estudo de caso. O método de recolha de dados baseou-se em entrevistas semi-estruturadas com colaboradores da M&E. A principal motivação para este tema prende-se com a necessidade de aprofundar o conhecimento em relação a esta tecnologia em termos da qualidade dos sistemas RFID e do impacto destes nos utilizadores. Assim, este estudo pretende ser uma mais-valia para organizações que venham a implementar sistemas RFID na sua atividade, procurando demonstrar os principais benefícios que estes sistemas podem trazer bem como alguns conselhos para que implementações futuras sejam bem-sucedidas.

Este projeto está organizado em seis capítulos, sendo este o primeiro. No segundo, é apresentada uma revisão da literatura relevante para o estudo e o seu enquadramento teórico. Posteriormente é apresentada a metodologia do estudo, seguida pela caracterização do caso (M&E e o projeto de implementação de RFID). De seguida, é feita a apresentação e discussão dos resultados obtidos. Por fim, são derivadas conclusões de forma a resumir o conhecimento produzido com a elaboração do estudo.

2. Revisão da literatura

Neste capítulo apresenta-se uma perspetiva histórica da RFID bem como o conceito de identificação automática. Posteriormente é feita uma breve comparação entre esta tecnologia (RFID) e os códigos de barras. De seguida, são abordadas diferentes aplicações desta tecnologia, os benefícios e os desafios da adoção de RFID, em particular no setor aeronáutico e de manutenção de aeronaves com o intuito de perceber o estado de arte da tecnologia no setor da empresa em estudo. Por fim, são expostos os modelos que serviram de base para a elaboração desta dissertação.

2.1. História da RFID

A RFID não é uma tecnologia recente. A sua utilização remonta à Segunda Grande Guerra com o sistema IFF (*Identify Friend or Foe*) para distinguir os aviões aliados dos inimigos (Wyld, 2006). No entanto, foram necessárias muitas décadas e avanços em diversas áreas para que esta tecnologia fosse difundida com maior intensidade (Asif e Mandviwalla, 2005; Wyld, 2006). Na Coreia do Sul, os passes dos autocarros já incorporam esta tecnologia desde 1997 (Srivastava, 2005). No entanto, a sua utilização apenas sofreu um *boom* quando, em 2003, o Wall Mart e o Departamento de Defesa Americano forçaram os seus fornecedores a adotar RFID nos seus processos (Castro e Wamba, 2007). Depois disso, empresas como a Michelin, a Toyota, a HP e a Boeing também adotaram esta tecnologia (Castro e Wamba, 2007). Apesar disso, segundo Giannakouris e Smihily (2011), em 2011, apenas quatro por cento das empresas europeias utilizavam RFID. Em termos de volume de mercado, Das (2013) mostra que em 2012 o mercado global de RFID rondava os 7.000 milhões de dólares americanos e estima que em 2014 alcance os 9.000 milhões.

2.2. RFID e os códigos de barras

Um sistema de RFID contém três elementos chave: uma etiqueta com um chip e uma antena para enviar e receber dados; um interrogador ou leitor (pode ser móvel ou estático) e as respectivas antenas para comunicar com a etiqueta através de ondas de rádio; e por fim, o *middleware* que gere, filtra, agrega e encaminha os dados recolhidos. Geralmente, esta infraestrutura de RFID está integrada com outros sistemas de informação (SI) como WMS (*Warehouse Management Systems*) e ERP's (*Enterprise Resource Planning*), podendo até ser complementada com outras tecnologias como o GPS (Felix e Valverde, 2014; Asif e Mandviwalla, 2005).

Num mundo onde a informação ganha cada vez mais importância e os avanços nas tecnologias de informação influenciam as dinâmicas de mercado e a performance de uma organização, é fundamental conhecer e comparar as tecnologias disponíveis (DeLone e McLean, 2003; Eun *et al.*, 2008). A tecnologia de códigos de barras juntamente com a RFID representa um subconjunto de tecnologias de identificação automática que são usadas na identificação de pessoas, objetos ou animais e permitem a recolha automática de informação sobre os mesmos, sem intervenção humana (Wyld, 2006). Esta tecnologia encontra-se institucionalizada na maioria das indústrias/setores para identificação dos mais variados objetos (Wu *et al.*, 2009; Wyld, 2006). Para Wyld (2006), os códigos de barras e a RFID são conceptualmente muito semelhantes. Porém, os códigos de barras contêm informação acerca da categoria de um objeto. Por oposição, as etiquetas de RFID contêm informação mais completa (como números de série), identificando assim um item de forma inequívoca (Wyld, 2006). Wyld (2006) e White *et al.* (2007) concluem que estas tecnologias têm grande potencial quando utilizadas em conjunto. Por isso mesmo, aplicações de sucesso podem resultar de

sistemas híbridos onde, por exemplo, os conjuntos de bens (paletes, ou contentores) são identificados com RFID e os bens individuais com códigos de barras; aplicando cada tecnologia tendo em consideração o rácio entre custo e eficiência (White *et al.*, 2007). Schmidt *et al.* (2013) concluem que conceitos como coexistência, convergência e hibridização terão um papel crítico no processo de transição para RFID e que devem por isso ser contemplados nas *frameworks* de implementação.

2.3. RFID e as diferentes aplicações

Wamba e Chatfield (2009) identificaram três níveis de integração de RFID nas organizações. No nível mais baixo, *Slap and Ship*, verifica-se uma baixa integração tecnológica e uma baixa transformação organizacional. O segundo nível consiste num Projeto intraorganizacional onde já existe integração com os SI (Sistemas de Informação) da empresa e que contempla alguma reestruturação organizacional. Por último, os Projetos interorganizacionais pressupõem não só a integração desta tecnologia com os SI dos parceiros mas também a uniformização de processos de negócio e interfaces entre as organizações. Para uma perceção mais detalhada desta categorização, pode ser consultado de seguida o Quadro I com os benefícios e custos de cada nível de integração:

Quadro I

Níveis de integração de RFID nas organizações

Âmbito Projeto	Integração tecnológica	Integração/Transformação Organizacional	Benefício	Custo
Nível 1: <i>Slap and ship</i>	Limitada a etiquetas	Ligeira transformação organizacional	Controlo do inventário interno	Compra de etiquetas, impressoras e <i>staff</i>
Nível 2: Intra-organizacional	Integração com os SI da organização (ERP)	Restruturação do armazém	Inventário em tempo real; Redução custos operacionais; Aumento da integridade de dados	Infraestrutura de RFID e integração com os SI; Formação
Nível 3: Inter-organizacional	Integração externa com os SI dos parceiros	Uniformização dos processos de negócio e interfaces entre empresas e fornecedores	Dados em tempo real entre a cadeia de fornecimento; Melhorias na previsão e planeamento da procura	Uniformização de processos e interfaces; Confiança entre empresas

Fonte: Adaptado de Wamba e Chatfield (2009)

Srivastava (2005) separa as aplicações de RFID em quatro grupos: aplicações de negócio, aplicações públicas, aplicações para consumidores e por fim, aplicações relacionadas com laboratórios. De seguida é apresentado o Quadro II, onde consta a classificação feita por Srivastava (2005) de forma mais detalhada.

Quadro II

Categorias de aplicações

Aplicações de negócio	Transportes e logística; Segurança e controlo de acessos; Gestão da cadeia de fornecimento; Aplicações médicas e farmacêuticas; Manufatura e processamento; Agricultura.
Aplicações públicas	<i>E-government</i> ; Defesa e segurança; Bibliotecas
Aplicações para consumidores	Bem estar e segurança; Desportos e lazer; Compras e restauração; "Casas inteligentes"
Aplicações relacionadas com laboratórios	Tecnologia de sensores <i>wireless</i> ; <i>Smartphones</i> ; RFID em ponto reduzido

Fonte: Adaptado de Srivastava (2005)

À medida que a RFID continua a amadurecer, o conhecimento técnico e teórico são aprofundados e o custo do *hardware* e dos sistemas desce. Estes factos levam ao aumento do interesse em aplicações de RFID, difundindo-as pelas mais variadas indústrias (Castro e Wamba, 2007).

2.4. Benefícios

A RFID estende o alcance dos SI para além de computadores ligados em rede, ao incluir objetos sem capacidade inerente de processamento de informação como produtos num hipermercado ou peças numa oficina. Esta mudança pode representar uma oportunidade estratégica para as empresas (Asif e Mandviwalla, 2005). Roh *et al.* (2009) decompõem os benefícios em diretos e indiretos, sendo que os diretos são operacionais por natureza (reduções de custos e de tempos de execução) e os indiretos mais intangíveis como, por exemplo, a criação de novos processos de negócio.

Seguindo o estudo de Tellkamp (2006), a utilização de RFID pode ter três efeitos numa organização: Automatização, Informatização e Transformação. O primeiro, a automatização do processo de recolha e transmissão de dados, pode, por exemplo, eliminar a necessidade de ter um trabalhador na zona de entrada de mercadoria de uma empresa para identificar os produtos que dão entrada (Gille e Strüker, 2008). De acordo com o estudo realizado por Subirana *et al.* (2003), o montante que é possível poupar com a utilização de RFID está dependente da frequência da atividade de recolha de dados. Por isso mesmo, a automatização será mais evidente em empresas que apresentem muitas atividades de recolha de dados, como é o caso do retalho (Gille e Strüker, 2008). Um exemplo desse aumento de eficiência é a empresa Gillette que tinha de fazer cinco leituras manuais às suas lâminas da produção até ao embalamento e havia uma contagem manual do número de caixas que uma palete continha para questões de controlo (Roh *et al.*, 2009). Com RFID, esses processos foram eliminados, conseguindo um aumento da eficiência operacional de 400% e a redução do número de erros humanos durante trabalhos manuais (Roh *et al.*, 2009). A informatização refere-se à capacidade de recolher mais informação e com maior qualidade em termos de dados precisos, objetivos, atempados e completos (Tellkamp, 2006). As decisões de coordenação de operações entre parceiros podem assim ser melhoradas através de, por exemplo, comparações automáticas em tempo real de quantidades encomendadas e recebidas. No que diz respeito à Transformação ou Reengenharia e novos processos de negócio, Gille e Strüker (2008) afirmam que novos processos de *picking* num centro de distribuição podem resultar na redução de inventário, libertando fundos de capital.

Para Zelbst *et al.* (2010), a utilização de RFID melhora a capacidade de uma organização responder às necessidades dos clientes. Os autores dão o exemplo de

organizações de manufatura que adotaram RFID e se tornaram mais ágeis, o que por norma, representa maiores níveis de performance operacional e logística. Zelbst *et al.* (2010) concluem que a utilização de RFID influencia diretamente a agilidade e performance de uma organização. Para Chappell *et al.* (2003) a utilização de RFID na manufatura permite a realização de benefícios como: o aumento das vendas até um por cento derivado do aumento da qualidade e serviço ao cliente; a diminuição de capital fixo de um a cinco por cento; a redução do capital operacional de dois a oito por cento, reduzindo os *stocks* através de menores ciclos e maior visibilidade; e por fim, a redução do custo dos produtos vendidos de um a cinco por cento pela eficiente utilização dos equipamentos. Para ser possível alcançar estes benefícios, é aconselhável a elaboração de um estudo de viabilidade para identificar as oportunidades de maior valor acrescentado; elaborar testes piloto para refinar o modelo de implementação e, por último, uma implementação faseada com o intuito de maximizar os benefícios (Chappell *et al.* 2003).

2.5. Maiores desafios/barreiras à adoção

Para Srivastava (2005), a definição de *standards* facilita a compatibilidade e interoperabilidade entre características tecnológicas, estruturas de dados e aplicações específicas. Wu *et al.* (2006) afirma que um dos desafios à adoção generalizada de RFID é a falta de padrões universalmente aceites e a divergência na alocação dos espectros de ondas de rádio. Devido a esta falta de *standards*, surgem alguns problemas tecnológicos tais como: interferências de outros aparelhos (telefones, PDA, etc.) pela utilização da mesma frequência (Wu *et al.* (2006); McFarlane e Sheffi (2003)); elevados custos de produção, personalização e integração de sistemas (intra e interorganizacionais) ligados à falta de uma arquitetura bem desenvolvida e

universalmente aceite (Wu *et al.*, 2006). Outro problema tecnológico é a questão do volume de dados e a respetiva capacidade de processamento e armazenamento dos mesmos (McFarlane e Sheffi, 2003).

A popularidade dos Códigos de Barras, referida por Tajima (2007), ligada à dificuldade em medir o ROI (*Return On Investment*) de um projeto de RFID, referida por Wu *et al.* (2006), cria mais um entrave à adoção generalizada de RFID. De facto, Lee e Ozer (2007) questionam a credibilidade de relatórios e publicações pela dificuldade em medir com precisão, se a melhoria de certas métricas se devem ao efeito da RFID na organização ou à melhoria dos processos internos. Segundo Lee e Lee (2010), apesar de haver uma grande procura de métodos para avaliar estes projetos, estes ainda não foram devidamente desenvolvidos. Métricas habituais como ROI, NPV (*Net Present Value*) e *Payback Period* são limitados à partida pela difícil quantificação dos benefícios realizados com a utilização de RFID. Lee e Lee (2010) propõem um método de avaliação de investimento em RFID com três vertentes: eficiência das compras, eficiência JIT (*Just in time*) e eficiência operacional, derivando níveis ótimos de investimento para cada vertente.

2.6. RFID no setor aeronáutico e na manutenção

De acordo com os testes efetuados nos EUA, a RFID apresenta resultados muito superiores aos códigos de barras na gestão das bagagens de passageiros em aeroportos (Chang *et al.*, 2006). Mais recentemente, a Administração Federal de Aviação americana (em inglês: *Federal Aviation Administration* - FAA), aprovou formalmente a utilização de etiquetas passivas de RFID em peças de aviões (Chang *et al.*, 2006; Ngai *et al.*, 2012). Posteriormente, a Boeing e a Airbus anunciaram planos para desenvolver uma especificação de RFID para ser usada por ambas, com o intuito de padronizar e

promover a utilização de RFID na indústria, nomeadamente em peças de aviões comerciais. Chang *et al.* (2006) consideram que estas decisões irão promover a adoção generalizada desta tecnologia no setor da aviação.

Harun *et al.* (2008) referem que na indústria da manufatura e manutenção de aeronaves, a RFID tem ganho reconhecimento pela sua habilidade de rastreio em tempo real com maiores níveis de precisão e pelo valor que pode trazer às cadeias de fornecimento. Ferrer *et al.* (2011) definem remanufatura como a recuperação de produtos ou peças para serem reutilizados. Este conceito é habitualmente denominado no setor por MRO. Difere das operações de reparação porque o produto é tipicamente desmontado por completo e todas as suas peças são inspecionadas e restauradas até ficarem em perfeitas condições para voltarem a ser montadas e rege-se pelos mesmos objetivos que a manufatura, incluindo a qualidade, a velocidade, a flexibilidade e o custo (Ferrer *et al.*, 2011). A especificidade de ter de montar as peças no módulo de onde foram desmontadas exige a identificação inequívoca das peças à medida que estas seguem de uma estação de trabalho para outra (Ferrer *et al.*, 2011). Ngai *et al.* (2012) referem que a eficiência dos processos de MRO é diretamente afetada pela gestão inadequada do inventário de peças, dos erros humanos e dos procedimentos de verificação.

Desde a década de 80 que as empresas têm vindo a adotar MMIS (*Maintenance Management Information System*), não só pela crescente importância das TI's (Tecnologias de Informação) mas também pelo aumento da complexidade dos requisitos do negócio (Pintelon *et al.*, 1999). Com a introdução de RFID nestes sistemas, as empresas podem obter benefícios como: a diminuição de atrasos, a diminuição de erros humanos, a automatização da documentação e o uso eficiente dos recursos disponíveis (Lampe *et al.* 2004). Por sua vez, Jimenez *et al.* (2011) resumem os benefícios que a

RFID pode trazer aos processos de manutenção em cinco pontos: (1) Simplificação do processo de configuração de produtos; (2) controlo do inventário; (3) melhor planeamento e antecipação das tarefas de manutenção, traduzindo-se em menores tempos de intervenção e maior disponibilidade das aeronaves; (4) melhorias nas tarefas de manutenção (procura de peças, recolha de dados automática, preenchimento de documentos, etc.); (5) melhorias nos processos de verificação e controlo.

Para uma utilização eficiente da RFID, Ramudhin *et al.* (2008) recomendam ter em conta cinco questões: uma estratégia para configuração e escolha do *hardware*; uma estratégia para a informação contida nas etiquetas e para o fluxo da mesma; o desenho do *middleware* que recolhe e filtra um grande volume de dados; estratégia para a tomada de decisão (que informação guardar, onde guardar, como a tratar); e por fim, o desenho do processo de negócio que espelha estas estratégias.

Em termos da comunidade académica, diversos autores dedicaram-se ao estudo da utilização de RFID neste setor. Por exemplo, Lampe *et al.* (2004) propõem um sistema num ambiente computacional ubíquo para a manutenção de aeronaves. Chang *et al.* (2006) também propuseram um sistema de manutenção de peças de avião. Legner e Thiesse (2006) por sua vez apresentaram o caso do aeroporto de Frankfurt que integrou RFID e uma aplicação móvel no seu sistema de manutenção. Ngai *et al.* (2007), através de um estudo de caso, fazem a análise do desenvolvimento de um sistema de rastreio baseado em RFID numa empresa de engenharia de aeronaves com o intuito de partilhar as suas experiências e aprendizagens. Jimenez *et al.* (2011) criaram um modelo para medir as melhorias na manutenção de aeronaves. Ngai *et al.* (2014) estudaram o valor da RFID na cadeia de fornecimento de peças de aeronaves. No anexo A constam alguns trabalhos neste setor com alguma informação adicional sobre cada um.

2.7. Modelos e escalas de sucesso, qualidade e usabilidade de sistemas

Em 1992, DeLone e Mclean propuseram um modelo interativo (ver anexo B) para estudar o sucesso de SI. Para os autores, a medição do sucesso ou da eficácia de um SI é crucial para avaliar os investimentos efetuados nesta área e as ações da gestão de SI (DeLone e McLean, 2003). Este modelo contém seis dimensões ou variáveis que representam medidas do sucesso de um SI. Os autores referem a qualidade da informação, a qualidade do sistema, a utilização, a satisfação dos utilizadores, o Impacto individual e o impacto organizacional como variáveis interrelacionadas e não independentes. DeLone e McLean, em 1992, recomendaram aos investigadores que utilizassem o seu modelo a combinação das diferentes medidas de sucesso para criar um instrumento de medição completo (DeLone e McLean, 1992).

Posteriormente, os mesmos autores decidiram analisar as contribuições académicas que aplicaram, validaram, desafiaram ou propuseram melhorias ao modelo de sucesso desenvolvido em 1992. Com base nessa análise e nas mudanças da gestão de SI, fizeram alguns ajustes no modelo com o intuito de o atualizar (DeLone e McLean, 2003). Após o processo de análise, os autores propuseram duas extensões para o modelo: a introdução do conceito qualidade de serviço (inclui itens como confiança, empatia, capacidade de resposta, entre outros) que podia ser considerada um subconjunto da qualidade do sistema mas que para os autores, pelas alterações no papel dos SI, deve ser considerada uma variável à parte; e em termos das medidas de impacto (individual e organizacional) que pela quantidade de entidades (desde indivíduos a entidades governamentais) afetadas pela atividade dos SI, devem ser mais genéricas, surgindo assim o conceito de benefícios líquidos. Caberá ao investigador escolher quais os impactos que deve medir consoante o sistema que está a ser avaliado e os seus

objetivos, conseguindo assim simplificar o modelo em vez de criar mais dimensões, mantendo no entanto em aberto a hipótese de investigadores no futuro expandirem o conceito (DeLone e McLean, 2003). Este modelo pode ser consultado no anexo B.

Dwivedi *et al.* (2013) afirmam que uma boa qualidade do sistema incentiva a utilização do mesmo resultando numa maior satisfação do utilizador. Também a qualidade da informação tem um efeito semelhante. O uso do sistema tem uma influência positiva sobre a satisfação dos utilizadores. Os autores concluem que é necessário um ambiente favorável durante as fases iniciais da implementação de um sistema com o intuito de cativar e instruir os utilizadores promovendo a utilização do mesmo.

Kang *et al.* (2013), com base na norma ISO/IEC 9126-1 (que contempla atributos que definem a qualidade de um sistema) e no modelo de sucesso de SI de DeLone e McLean (2003), desenvolveram um modelo de qualidade de serviço para sistemas que utilizem tecnologia de sensores integrados com RFID. Este modelo também consta no anexo B. O modelo de qualidade da norma ISO/IEC 9126-1 contém seis critérios ou atributos: funcionalidade, fiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenção e portabilidade, e cada um divide-se em subcritérios. Os autores, com base neste modelo, propuseram um conjunto de seis atributos (consultar anexo B) para a qualidade de um sistema de RFID, sendo que os primeiros cinco mantêm-se, apenas a portabilidade é substituída pelo conceito de negócio que no fundo está ligado a aspetos da organização como os custos. Os outros critérios que sofreram mais adaptações foram: a funcionalidade que passou a incluir subcritérios ligados à RFID como alcance de leitura e precisão de leitura; e a eficiência à qual foi acrescentado o subcritério capacidade de dados, em termos de armazenamento ou tráfego (Kang *et al.*, 2013). Do modelo de DeLone e McLean (2003), Kang *et al.* (2013) substituíram as dimensões de qualidade (do sistema, da

informação e de serviço) pelos seus atributos de qualidade de um sistema de RFID, mantiveram a variável satisfação do utilizador, adicionaram a satisfação do *developer* que substituiu o uso e a intenção de uso, e por fim os benefícios do sistema em vez de benefícios líquidos. Os atributos de qualidade influenciam a satisfação do utilizador e do *developer*, até ao ponto em que atingem um nível que permite realizar benefícios do sistema (Kang *et al.*, 2013).

Para avaliar a usabilidade do sistema foi contemplada a *Systems Usability Scale* (SUS). A SUS é um método validado e padronizado que pode ser usado para medir a usabilidade de praticamente qualquer interface de utilizador (Sauro 2011). Criada por John Brooke em 1986, foi utilizada em centenas de publicações para testar a usabilidade de *hardware*, *software*, *sites*, telemóveis e até das páginas amarelas (Sauro, 2011; Brooke, 2013). Os utilizadores devem responder a dez questões com uma escala de um a cinco em que um representa “Discordo completamente” e cinco “Concordo completamente”. Esta escala não permite diagnosticar problemas de usabilidade; o seu intuito é apenas testar a perceção dos utilizadores da usabilidade para avaliar se é necessário melhorá-la. A forma e o porquê da necessidade de melhoria terão que ser estudados por outro processo (Sauro e Lewis, 2009).

3. Metodologia de investigação

Para responder às questões de investigação deste projeto optou-se pelo método de estudo de caso, o método de investigação qualitativa mais utilizado na investigação em sistemas de informação (Orlikowski e Baroudi, 1991).

3.1. Estudo de caso

Foi escolhido um método qualitativo como o estudo de caso porque para além de se enquadrar nos objetivos da investigação, privilegia o contacto direto com o

fenómeno/caso em estudo. Procurou-se uma empresa que tenha adotado RFID nos seus processos, tendo a escolha recaído sobre a M&E uma empresa conceituada do grupo TAP que adotou RFID na identificação de peças de motores que dão entrada na sua oficina para serem efetuados trabalhos de MRO.

Esta metodologia é caracterizada por estudar fenómenos contemporâneos, num contexto real e sem influência ou manipulação, com questões de investigação do tipo “porquê?” e “como?” (Benbasat *et al.*, 1987; Yin, 2014). Para Macnealy (1997), um estudo de caso surge da necessidade de explorar ma situação que não está bem definida, como processos organizacionais ou maturação de indústrias. Seguindo a classificação de Yin (2014), esta investigação pode ser considerada um estudo de caso descritivo e exploratório visto que se pretende descrever um fenómeno no seu contexto e se trata de um problema pouco conhecido. Esta classificação está ligada ao seu objetivo de estudar o impacto que a introdução de RFID teve na M&E e nos seus colaboradores, bem como avaliar a perceção dos colaboradores acerca da qualidade do sistema.

Yin (2014) apresenta seis fontes para a recolha de dados: registo de arquivos, documentação, entrevistas, observação direta, observação participante e artefactos físicos (podem ser ferramentas, instrumentos, etc.).

Para Guion *et al.* (2011), a validade de uma investigação qualitativa avalia-se pela veracidade das suas conclusões. Estas devem representar de forma exata a situação e ser devidamente suportadas pelas provas (fontes de informação). Yin (2014) afirma que a utilização de múltiplas fontes de informação permite ao investigador cobrir um maior leque de assuntos, e desenvolver linhas convergentes de investigação pelo processo de triangulação. Johnson *et al.* (2007) e Guion *et al.* (2011) referem cinco tipos de triangulação: de dados (fontes de informação), de investigadores (vários investigadores

na análise), de teorias (para a análise dos dados), de metodologias (qualitativas a quantitativas), ou de ambiente (o mesmo estudo em diferentes ambientes).

3.2. Recolha de dados

A recolha de dados foi realizada através de entrevistas com colaboradores do grupo TAP. As entrevistas tiveram lugar na primeira semana de Junho de 2014 nas instalações da M&E no Aeroporto de Lisboa. Os entrevistados foram escolhidos com base no seu envolvimento no desenho e implementação do sistema ou por serem os atuais utilizadores da aplicação MEERA (*Mobile Enabled Engine Repair Application*). Por isso mesmo foram inquiridos colaboradores das equipas de TPPC (Técnico de Preparação, Planeamento e Compras), de Inspeção e o *Project Manager* (PM) da Megasis, empresa gestora dos SI do grupo TAP. As entrevistas foram gravadas para facilitar a sua posterior análise, no entanto, para proteger a privacidade dos intervenientes, os seus nomes não são revelados. Saunders *et al.* (2009) refere que muitos livros de investigação recomendam recolher dados qualitativos, como a condução entrevistas adicionais, até atingir um nível de saturação de dados. Ou seja, até ao ponto em que os novos dados recolhidos acrescentem pouco ou nenhum conhecimento (Saunders *et al.*, 2009). Tendo por base esta afirmação foram consideradas suficientes oito entrevistas a utilizadores da aplicação MEERA e ao *Manager* do projeto (PM). Pretendia-se entrevistar o *Sponsor* do projeto com o intuito de obter um ponto de vista da Gestão da oficina, no entanto não houve disponibilidade da sua parte para participar neste estudo. Porém, o *Sponsor* foi essencial para este estudo, tendo permitido a realização das entrevistas aos colaboradores da oficina. De seguida pode ser consultado o Quadro III com a codificação feita para os diferentes entrevistados:

Quadro III

Lista de Entrevistados

Nº	Função/Cargo	Anos de serviço	Código
1	Técnico de Preparação, Planeamento e Compras	7	TPPC1
2	Técnico de Preparação, Planeamento e Compras	3	TPPC2
3	Chefe Inspeção Dimensional	34	CID
4	Técnico Inspeção Dimensional	10	TID
5	Técnico de Preparação, Planeamento e Compras	5	TPPC3
6	Técnico de Preparação, Planeamento e Compras	10	TPPC4
7	Técnico de Preparação, Planeamento e Compras	5	TPPC5
8	Técnico de Preparação, Planeamento e Compras	7	TPPC6
9	<i>Project Manager</i>	N/A	PM

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi definido que as entrevistas seriam semiestruturadas com recurso a guião. A elaboração do guião (que pode ser consultado no anexo C) teve por base o modelo de Kang *et al.* (2013), contemplando os diferentes critérios de qualidade de um sistema de RFID. Porém, para melhor analisar a Usabilidade do sistema de RFID, foi incorporada a SUS (Sauro, 2011; Brooke, 2013). Apesar do modelo de Kang *et al.* (2013) ter sido desenvolvido especificamente para estudar sistemas de RFID, o artigo dos autores é limitado em termos da explicação dos critérios. Neste contexto, o trabalho de DeLone e McLean (2003) provou ser extremamente útil. Ao basear os guiões em modelos e escalas amplamente utilizados, é pretendido que as conclusões desta investigação sejam apoiadas em dados consistentes e relevantes para o tema. Não foram abordados os conceitos de satisfação do *developer* e de custos por diferentes motivos. O primeiro por motivos logísticos (empresa sediada em França), o segundo por haver *Non-Disclosure Agreements* entre a M&E e os seus parceiros.

Durante as entrevistas foi requisitado junto dos entrevistados documentação relativa ao desenho e implementação do sistema. Os documentos facultados dizem respeito a dados da M&E, ao estudo de viabilidade do projeto da aplicação MEERA, bem como de um novo projeto que está a ser desenvolvido que também incorpora a RFID. É com base nesta documentação que será apresentada a empresa e o projeto no capítulo seguinte.

3.3. Análise dos dados

Seguindo Yin (2014) e Johnson *et al.* (2007), esta investigação envolve uma triangulação de dados ao contemplar múltiplas fontes de informação, nomeadamente diferentes tipos de *stakeholders* do projeto de RFID bem como documentação do mesmo. Esta técnica foi adotada com o intuito de aumentar a validade das conclusões do estudo, confrontando os diferentes dados recolhidos. Assim, foi utilizado o *software* Excel para a construção de uma matriz com a transcrição das respostas obtidas nas entrevistas. De seguida é apresentado um esboço da mesma (esta matriz não consta na totalidade como anexo para proteger dados sensíveis referidos durante as entrevistas):

Quadro IV

Matriz de análise das entrevistas

	Pergunta 1	Pergunta 2	Pergunta 3	Pergunta 4	Pergunta 5	(...)
Entrevista 1						
Entrevista 2						
Entrevista 3						
(...)						

Fonte: Elaborado pelo autor.

4. Caracterização do caso

Tal como referido anteriormente, o caso em estudo é a M&E e a sua ferramenta de RFID, MEERA. Neste ponto é apresentada a empresa M&E, a unidade de análise deste estudo, sendo posteriormente descrito o projeto de RFID implementado.

4.1. TAP Manutenção e Engenharia

A M&E é a organização de manutenção da TAP Portugal. Tem a sua unidade principal em Lisboa e outras duas no Brasil, nomeadamente em Porto Alegre e no Rio de Janeiro. Emprega cerca de 4000 técnicos adequadamente treinados e qualificados para prestar serviços de manutenção e engenharia em aviões, motores e componentes, com uma qualidade internacionalmente reconhecida, num mercado extremamente exigente onde a segurança é um fator primordial. A M&E está devidamente certificada por várias Autoridades Aeronáuticas, entre as quais a FAA e a EASA (equivalente europeia da FAA). A qualidade dos serviços da M&E tem sido internacionalmente reconhecida por clientes e fabricantes ao longo dos anos. Em 2007, recebeu um diploma de reconhecimento como Melhor Empresa de Manutenção de Base para Reatores e Aviões do Programa NATO AWACS (*Airborne Early Warning and Control*) (TAP, 2014).

O seu *core business* divide-se em três áreas: manutenção de aeronaves, manutenção de motores e manutenção de componentes. Este estudo incide na área de manutenção de motores em Portugal que é executada em quatro edifícios separados. Um motor contém entre quatro a seis módulos, dezassete minimódulos (em média) e aproximadamente cinco mil peças. Com aproximadamente cem motores restaurados/reparados por ano, o volume de peças que é preciso gerir em qualquer momento é significativo.

Os processos da oficina de motores da M&E envolvem aproximadamente quinhentas peças de um motor, sendo geridos por uma combinação de folhas de serviço e um MMIS denominado GENESIS (*General Engine Shop Information System*). Este sistema foi desenvolvido internamente e suporta as atividades da oficina através da gestão de componentes e ordens de serviço nas diversas fases de manutenção. O sistema encontra-

se na segunda versão e está interligado a outros sistemas como o Financeiro, o de Inventário e Compras e por último de Recursos Humanos.

4.2. Projeto de RFID - MEERA

Desde 2007 que surgiu um interesse da equipa de gestão da M&E em explorar o potencial da tecnologia de RFID. Pouco tempo depois, a Airbus procurou parceiros para projetos inovadores com recurso a RFID e a M&E aceitou esse desafio formando assim uma parceria. Para além da M&E e da Airbus, participaram neste projeto inovador: a Megasis no *design*, suporte de TI e gestão do projeto; a Accenture na análise de negócio e definição do caso e na arquitetura da solução; e a OATSystems responsável pelo desenvolvimento da aplicação móvel MEERA e apoio operacional. Este projeto visou corrigir alguns problemas identificados pela M&E tais como o tempo gasto à procura de peças nas várias fases da manutenção e a não confirmação de entrega de peças de uma estação para a seguinte (*serial processing*). Segundo o PM: “*O objetivo não visou obter ganhos de eficiência por via da automatização de tarefas, mas sim a redução de custos por facilitar a execução de tarefas que eram cem por cento manuais e por isso time consuming (...)*”. Este sistema é composto por etiquetas nas folhas de serviço e nas prateleiras (*racks* fixas e móveis), PDA e impressoras de etiquetas, *middleware* (OATXpress) e sistemas *backend* como o GENESIS.

Segundo Matos (TAP, 2012, p.7): “O sistema de identificação de peças é um ponto crítico para a gestão eficiente de todo o processo de manutenção. Após a remoção e inspeção para avaliar a sua condição, as peças são identificadas com um código único (de 96bits baseado no standard EPC, *Electronic Product Code*) gravado na etiqueta RFID, sendo esta etiqueta depois colada na folha que acompanha a peça no circuito oficial, onde se encontra impressa informação detalhada da mesma, nomeadamente o

respetivo *part number*, *serial number* e *industry number* e uma descrição dos trabalhos a serem executados. O código da etiqueta RFID fica assim associado univocamente à peça e a toda a informação detalhada impressa na folha que a acompanha, mantendo essa identificação até voltar a ser instalada no respetivo reator, ou destruída no caso de ser considerada sucata.” Existem três tipos de etiquetas: *repairable* (ainda com trabalhos por executar), logística (já com os trabalhos executados, pronta para ser montada) e sucata (quando a peça deve ser destruída).

A aplicação MEERA foi desenvolvida para PDA. Através de um *script*, carrega as listas de minimódulos e outros dados do inventário armazenados e disponíveis no GENESIS. Para tal, os PDA têm de ser conectados diariamente a um computador com ligação à rede interna. Tendo em conta o trabalho de Wamba e Chatfield (2009), este foi um projeto intraorganizacional porque envolveu a integração da RFID com os SI da empresa. A aplicação desenvolvida pela OATSystems contém as seguintes funcionalidades: inventário, pesquisa e *mini module kitting*. A primeira funcionalidade permite obter uma lista de peças presentes num local e fazer a comparação com os valores em sistema, permitindo a deteção de faltas ou peças mal colocadas. A funcionalidade de pesquisa permite a localização física de uma etiqueta através do PDA, com indicador sonoro e visual da proximidade da mesma. Por fim, o *mini module kitting* consiste num processo de confirmação da presença do conjunto de peças necessárias à montagem de um minimódulo, onde através da leitura de um local, o PDA apresenta as peças que faltam e as que não pertencem ao conjunto.

Quando os técnicos usam os PDA para efetuar leituras, os dados são processados pela aplicação MEERA e apresentados em tempo real no visor, permitindo ao utilizador acesso a informação sobre as etiquetas lidas. Quando os PDA são ligados à rede trocam

dados com um *middleware* da OATSystems que posteriormente comunica com o GENESIS. Os dados são utilizados para apresentar informação pertinente nos PDA, como por exemplo a última localização de uma peça, comparar leituras de inventário, sendo os relatórios mais complexos gerados através da aplicação GENESIS.

O projeto de implementação durou dez meses, embora desde os primeiros contactos e conceção até à implementação tenham passado três anos. Durante o desenho do sistema, foram delineados alguns benefícios esperados: o aumento da eficiência dos colaboradores (quer nos processos de reparação, quer nos de logística) reduzindo custos com os mesmos; a redução do TAT (*Turnaround time*); a redução de multas por atrasos (com o menor número de peças perdidas, o risco de paragens de trabalhos/produção diminui); a redução do risco de repor peças perdidas, incorrendo mais custos; uma melhor experiência para os utilizadores; por ser um projeto inovador pode potenciar o desenvolvimento de projetos de TI futuros dentro do grupo TAP com recurso a RFID.

A fase de implementação e testes teve alguns desafios, nomeadamente em termos do ambiente da oficina. Tendo em conta a grande quantidade de metais (das peças, ferramentas, etc.) existente na oficina de motores e a possibilidade de interferirem com as ondas de rádio, houve necessidade de um processo de análise cuidadoso para prevenir problemas nas leituras. Por isso mesmo, a conjugação de *hardware*, *software* e etiquetas teve de ser alvo de testes rigorosos para garantir a eficiente utilização do sistema. Para além disso, revelou-se extremamente importante a formação dada aos utilizadores, não só na utilização dos PDA como também em termos da reestruturação de alguns processos, nomeadamente na arrumação e disposição das peças no recinto da oficina. Segundo o PM existiram: “ações de formação para um grupo alargado de utilizadores, onde se incluíram todas as chefias de produção, as chefias de 2º nível e cerca de 30

utilizadores. As ações de formação tiveram uma componente teórica em sala e uma componente prática ao nível da oficina, utilizando dados reais de produção (...)”. Este sistema entrou definitivamente em funcionamento em Janeiro de 2012.

5. Apresentação e discussão dos resultados

Neste capítulo pretende-se apresentar os resultados da aplicação dos questionários, resumindo a informação retirada para dar resposta às questões de investigação. Em primeiro lugar, é analisada a qualidade do sistema procurando avaliar “de que forma a qualidade do sistema influencia a utilização do mesmo”. De seguida, é abordada a satisfação dos utilizadores, que está relacionada com o Impacto Individual, para aferir “como é que a utilização de RFID afetou os colaboradores da empresa”. Por fim, para responder à questão central deste trabalho, “como é que a utilização de RFID afetou a empresa”, será analisado o Impacto Organizacional.

5.1. Qualidade do sistema

Não foi possível observar todas as funcionalidades da aplicação MEERA, dado que ainda não tinha terminado o desenvolvimento dos *scripts* necessários para a integração dos PDA com o novo sistema GENESIS2. Durante esta fase transitória, os colaboradores da oficina de motores apenas utilizam os PDA para a procura de peças. Serão de seguida abordados os subcritérios relacionados com a funcionalidade do sistema de RFID. Em termos do processo de leitura com os PDA, este revelou-se uma experiência muito satisfatória. Todos os entrevistados consideram que os PDA têm uma boa capacidade de leitura, em termos de manuseamento do PDA e eficácia do processo. No entanto, há duas questões que afetam a leitura de etiquetas: a sobreposição de peças ou etiquetas, e a infraestrutura da oficina tal como referido pelos colaboradores. O colaborador TPPC7 corroborou esta informação: “*Tem principalmente a ver com*

sobreposição de etiquetas, quando estamos a fazer picagem ou nas prateleiras, principalmente em caixas. É preciso ter algum cuidado mas com a experiência torna-se fácil.” A infraestrutura da oficina pode ser um fator negativo para o processo de leitura porque “ (...) *não está adequada ao sistema, (...)* ” (TPPC8). Outro referiu: “*Quando tenho uma prateleira de um lado e outra do outro e quero focar-me só numa é difícil.*” (TPPC6). Relativamente a interferências, o PM refere que em termos da tecnologia *wireless* que cobre as instalações “ (...) *não se detetou qualquer interferência, dado que estes equipamentos operam na gama dos Gigahertz.*” Em relação a aparelhos elétricos que emitem necessariamente ondas eletromagnéticas “ (...) *tanto na prova de conceito, como durante a fase de produção, não se detetaram interferências.*” (PM). Outro ponto importante de um sistema de identificação automática é a taxa de leitura. O PM explicou que obter uma taxa de cem por cento é difícil, especialmente num ambiente oficial onde predominam peças de metal. No entanto, apresentou uma técnica que pode ajudar a obter uma taxa de leitura satisfatória: “*Dado que as tags não são colocadas diretamente sobre o componente, isto é, fixadas no próprio metal, é possível obter uma taxa de leitura razoável de todas as etiquetas existentes numa prateleira.*” Os utilizadores confiam nas leituras do PDA, no entanto, é muitas vezes feita uma confirmação visual como referido por TPPC5 “*Faço a leitura com a máquina sim, mas também faço a confirmação visual e tácita.*” Isto porque: “*Ainda confiamos mais em nós, no nosso know-how (...) Até porque pode haver uma troca de etiquetas com peças. Houve um caso com 3 peças trocadas que causou alguns problemas.*” (TPPC1). Este exemplo demonstra que apesar de a tecnologia reduzir a probabilidade de erro humano, é necessário formar os utilizadores para promover uma correta utilização da mesma.

O sistema obteve uma avaliação muito positiva em termos da existência e recuperação de *bugs* (fiabilidade). O único problema reportado foi o facto de ocasionalmente os cartões usados para fazer login no PDA não serem reconhecidos à primeira.

Como referido anteriormente, para analisar a capacidade do sistema satisfazer as necessidades dos utilizadores de forma simples e eficaz (usabilidade) foi utilizada a SUS. TPPC2 afirmou que para “ (...) *quem está ligado às novas tecnologias isto é muito fácil de utilizar.*” TPPC4 partilha a mesma opinião ao afirmar: “ (...) *para mim é fácil. Aquilo é quase um Windows em ponto pequeno.*”

A eficiência foi avaliada através de três critérios: velocidade de processamento/tempo de resposta; velocidade de arranque do PDA; e velocidade de sincronização do PDA com a BD (base de dados) do GENESIS. Em relação ao primeiro critério, todos os entrevistados se mostraram muito satisfeitos. A velocidade de arranque do PDA melhorou com a mudança dos dispositivos, sendo atualmente bastante satisfatória. Apenas em relação à velocidade de sincronização houve algumas queixas, nomeadamente antes da entrada em produção do sistema GENESIS2.

A manutenção da aplicação MEERA é algo limitada pela dependência de um fornecedor externo. Quando foi requisitado um *upgrade* funcional “ (...) *para acomodar os pedidos efetuados pelos utilizadores durante as ações de formação, (...) o processo revelou-se demorado, muito formal e burocrático, (...) sendo que o resultado final não correspondeu a cem por cento ao pretendido. Por não termos acesso ao código fonte (...) estamos completamente dependentes (...)* ” (PM). Por outro lado, o recurso a um fornecedor externo “ (...) *com um profundo know-how e experiência nesta tecnologia aplicada ao mesmo setor de atividade, acabou por alavancar a criação de uma equipa Megasis com competências nesta tecnologia.*” (PM). Em termos de projetos futuros o

PM disse: “*Relativamente a futuras soluções internas nesta tecnologia, sem dúvida seremos nós a desenvolvê-las, a menos que estas soluções sejam COTS (Commercial Off-The-Shelf) disponibilizadas no mercado para satisfazer requisitos específicos do negócio da aviação, suportadas em standards globais (...)*” (PM).

Através da análise da qualidade do sistema foi possível detetar pontos a melhorar, desafios e erros cometidos no processo de desenvolvimento e implementação. Não considerando o potencial do sistema, apesar de alguns problemas a nível da infraestrutura da oficina e de alguma sobreposição de etiquetas, a avaliação global foi bastante positiva. O critério mais negativo para o PM é a manutenção, pelo facto de o *developer* ser externo e estrangeiro, o que dificulta a comunicação e o eventual processo de correção ou evolução do sistema. Um dos desafios deste projeto foi a falta de arquiteturas disponíveis para sistemas de RFID (tal como referido por McFarlane e Sheffi (2003) e Wu *et al.* (2006)). O profundo *know-how* dos parceiros não foi suficiente para mitigar a falta de frameworks e a não integração dos *key users* do sistema no processo de conceção e desenvolvimento. Assim, como realçado por vários entrevistados, o sistema não foi inteiramente concebido de acordo com as necessidades dos *key users*.

Dwivedi *et al.* (2013) afirmam que uma boa qualidade de sistema incentiva a utilização do mesmo, resultando numa maior satisfação do utilizador. Seguindo os estudos de DeLone e McLean (2003) e Kang *et al.* (2013) a qualidade do sistema ao influenciar a utilização do mesmo, influencia também a capacidade de obtenção de benefícios. Na M&E, questões como a infraestrutura da oficina, a atual desintegração com o GENESIS2 e a adequabilidade das funcionalidades às tarefas dos utilizadores prejudicam a perceção da qualidade do sistema. As funcionalidades existentes são

adequadas, no entanto, existe a percepção que o potencial do sistema ainda não está totalmente atingido. Foi confirmado através das entrevistas que estes factos influenciam negativamente a frequência e vontade de utilização do sistema, o que dificulta a realização dos benefícios potenciais do projeto. Indo ao encontro do referido na literatura, PM afirmou: *“Acredito que com uma plena utilização da aplicação, seria possível alcançar por completo os benefícios estimados no estudo de viabilidade.”*

O sistema gera dados para a gestão relativos à atividade da oficina. No entanto, segundo o que foi possível apurar, não existe um método para utilizar estes dados para avaliar o próprio sistema. Para Yuthas e Young (1998) analisar a satisfação e o uso não é uma alternativa a medir diretamente a performance do sistema. Seguindo esta ideia, a falta de avaliação do sistema leva à não contemplação das suas falhas/problemas. Sem este conhecimento torna-se mais difícil adequar o sistema às necessidades dos utilizadores e da organização, o que por sua vez não permite a realização do potencial do primeiro.

5.2. Satisfação dos utilizadores e impacto individual

Dada a relação próxima entre estes conceitos, serão abordados em conjunto. No processo de desenvolvimento, não foram envolvidas as equipas da oficina de motores. Por isso mesmo, TPPC8 refere que *“ (...) devia haver da parte de quem concebe o programa, uma noção mais profunda do que realmente se passa no terreno, porque isto é uma ferramenta de trabalho (...) Não nos sentimos muito integrados.”* (TPPC8). Este facto pode ser prejudicial para projetos de TI por não adequar a solução aos utilizadores como foi indicado pelo PM: *“Os requisitos de negócio que estiveram na origem da solução MEERA não foram objeto de uma participação ativa em termos de discussão e concepção por parte das áreas de produção das oficinas de motores, principais utilizadores da aplicação. Um caso típico de insucesso ou relativo sucesso de*

implementação duma solução de TI numa área de produção (...) A título de exemplo, nas funcionalidades de procura de peças e commissioning, o elevado nº de etiquetas ativas em oficina tornava particularmente morosa a tarefa de selecionar numa drop-down list a etiqueta desejada (...) Foi necessário efetuar um workarround logo após a entrada em produção do sistema para permitir ao utilizador digitar uma substring de caracteres da etiqueta e o sistema fornecer automaticamente a etiqueta desejada. Aparentemente simples, esta alteração tornou a aplicação mais apelativa e fácil de utilizar.” (PM). Confirmando o já referido pelo PM, TPPC1 referiu também que “ (...) na fase de testes houve abertura para adaptar o sistema às nossas necessidades (...) ”. Afirmou ainda que durante a formação e implementação do sistema houve “ (...) o cuidado de explicar às pessoas o funcionamento. Houve esse apoio. Várias pessoas de cargos de topo envolveram-se (...) para passar a mensagem do porquê da mudança e de como utilizar o sistema.” (TPPC1). TPPC4 referiu que “ (...) sentimo-nos acompanhados, tivemos pessoas para ensinar e testar muitas vezes. Nesse aspeto não tenho nada a apontar (...) ”. Porém, o sistema acabou por não corresponder por completo às expectativas de todos os colaboradores da oficina, evidenciado por TPPC3: “ (...) a imagem que tinha, ao princípio, deste sistema parecia que ia ser muito mais útil. Com o tempo é que se percebeu que de facto não correspondeu às expectativas (...) ”. Foi possível detetar um consenso de que o sistema trouxe vantagens, principalmente às tarefas de reparação, logística e preparação. TPPC2 refere que “ (...) como lidamos com stocks e valores muito altos, pode haver falhas e não sabermos onde estão peças. Através da RFID conseguimos encontrá-las e isso facilita bastante (...) “. Com algumas modificações e desenvolvimentos, o sistema poderia ter um maior impacto a nível da produtividade e responsabilização dos colaboradores bem como na sua satisfação.

Em termos dos benefícios para os colaboradores, o sistema dinamizou principalmente a procura de peças, que nalguns casos era bastante frustrante. Este benefício é de natureza operacional e seguindo Roh *et al.* (2009) pode ser classificado como um benefício direto da implementação de RFID. Em termos das categorias de Tellkamp (2006), pode ser considerado uma transformação dos processos internos. Desta forma, principalmente para os TPPC, o sistema teve um impacto bastante positivo no seu dia-a-dia, evitando erros humanos e eliminando tempos mortos. É então possível afirmar que em termos do processo de procura de peças, o objetivo de melhorar a experiência dos utilizadores foi sem dúvida alcançado. Seria no entanto muito vantajoso para a satisfação dos colaboradores e conseqüentemente para o desempenho da empresa, que este benefício fosse estendido a outros processos através de novas funcionalidades. Questões mais humanas como o acompanhamento no processo de transição, “ (...) o cuidado de explicar às pessoas o funcionamento (...) ” (TPPC1) e o envolvimento dos superiores “ (...) para passar a mensagem do porquê da mudança e de como utilizar o sistema.” (TPPC1) também tiveram um impacto positivo na satisfação dos utilizadores.

A perceção do potencial não alcançado da tecnologia e do sistema aliada aos problemas detetados na qualidade do sistema têm um impacto negativo para os utilizadores, afetando a sua satisfação e motivação para utilizar o sistema, que está de acordo com as ideias de Dwivedi *et al.* (2013), DeLone e McLean (2003) e Kang *et al.* (2013). Este facto tem uma influência negativa na realização dos benefícios potenciais.

5.3. Impacto organizacional

Para analisar o impacto organizacional do projeto MEERA, serão confrontadas as respostas das entrevistas com os benefícios esperados, definidos na fase do *proof of concept* e referidos na apresentação do projeto.

Vários colaboradores da empresa referem ganhos de eficiência nas suas tarefas. TPPC3 refere que com esta ferramenta foi possível uma “ (...) *automatização de tarefas e aumento da eficiência das pessoas (...)*”. TPPC4 referiu que “ (...) *facilitou imenso na picagem de material e na procura de peças.*” Estes benefícios vão ao encontro dos indicados por Lampe *et al.* (2004), Jimenez *et al.* (2011) e Legner e Thiesse (2006). Com este projeto mitigaram-se as fraquezas dos processos de MRO reportadas por Ngai *et al.* (2012), entre elas a gestão inadequada do inventário de peças, dos erros humanos e dos procedimentos de verificação. CID, colaborador da empresa há trinta e quatro anos, que conhece bem esta indústria referiu: “ (...) *a manutenção tem a ver com TAT's e o tempo que é necessário para a realizar. Cada vez mais são esmagados os tempos em termos contratuais. Encontrar ferramentas para aliviar a perda de tempo, é sempre benéfico.*” Esta afirmação ganha maior expressão quando consideramos que os custos de MRO correspondem a 12% do custo operacional de uma aeronave e que os custos por hora por ter um avião parado durante manutenções não planeadas, rondam os 23.000 dólares americanos (Lampe *et al.*, 2004; Brown, 2003). Legner e Thiesse (2006) referem que a RFID acrescenta valor, simplesmente reduzindo os tempos de procura, indo ao encontro do que o PM referiu: “O *processo manual de procura de peças no circuito oficial é extremamente moroso e ineficiente e a aplicação MEERA veio dar uma ajuda fundamental neste processo.*” Este facto permitiu melhorias operacionais, nomeadamente a redução do número de peças perdidas e tempo despendido na sua procura. Estas melhorias permitiram benefícios intangíveis como a redução do risco de paragens dos trabalhos e eventuais custos adicionais para repor uma peça perdida. Todas estas melhorias permitiram, segundo TPPC3, a “ (...) *redução do tempo de entrega (...)*” prestando um melhor serviço aos clientes.

Por último, (e talvez o maior benefício retirado deste projeto) proporcionou-se uma “ (...) *situação de win-win em termos da parceria entre a Megasis e a M&E.*” (PM). Com a já referida criação do núcleo interno de competência em RFID na Megasis, é possível oferecer mais soluções às empresas do grupo TAP. Nomeadamente a M&E ganhou “ (...) *um fornecedor interno para as suas soluções de negócio envolvendo tecnologia RFID, sem necessidade de recorrer a fornecedores externos, que representam um custo acrescido sem necessariamente trazerem vantagens óbvias e duradouras para o negócio.*” (PM). Neste âmbito, recentemente foi iniciado um segundo projeto no universo da M&E “ (...) *para gerir e controlar a utilização de ferramentas e GSE (Ground Support Equipment) (...), utilizando em simultâneo tecnologia RFID e código de barras.*” (PM). Estas ferramentas e GSE são considerados críticos pelo seu elevado custo, reduzido número e frequência de utilização. GSE são, por exemplo, plataformas para efetuar manutenção, escadas, geradores, entre outros. Este novo projeto, uma parceria da Megasis com a Airbus e a M&E, deu origem ao *Mobile Tooling Management System* (MTMS), que engloba uma aplicação para PDA com diversas funcionalidades. Entre elas destacam-se: a pesquisa de GSE, ferramentas e locais; requisição e devolução de ferramentas e GSE; *commissioning* de ferramentas, GSE e locais; e por fim, inventários de GSE. Para além de ser uma ferramenta *paper free*, irá permitir a realização de benefícios como: a redução de tempos na procura de ferramentas; a redução dos atrasos na inspeção; maior “visibilidade” das ferramentas nas áreas de produção; a melhoria do ciclo de reparação de ferramentas; e a redução do tempo gasto na gestão e controlo de ferramentas. Este é apenas o primeiro projeto desenvolvido internamente porque o grupo TAP reconhece o potencial da RFID para melhorar os seus processos internos e consequentemente os serviços prestados.

Por fim, será abordada a vertente financeira do projeto MEERA. Segundo o Jornal TAP número 95, o projeto teve um custo de cerca de 750.000€ (TAP, 2012). Fernando Matos afirmou que não será possível alcançar o ROI anunciado de 2,5 milhões de euros no primeiro ano, mas seguramente se recuperará o investimento (MRO Network, 2012). A única informação obtida através das entrevistas relativamente a custos foi que houve uma “ (...) grande poupança em termos de tempo de trabalho das pessoas com o aumento da produtividade.” (TPPC2). Também TPPC3 referiu: “*Situações como um grande atraso podem atingir valores exorbitantes. Se encontrarmos a peça com RFID já paga o investimento. O atraso de contratos envolve valores astronómicos.*”

É então possível afirmar que a utilização de RFID na M&E trouxe diversos benefícios diretos e indiretos. Os primeiros, em termos operacionais como a redução de custos e aumento da eficiência. Dos segundos, destaca-se a criação e desenvolvimento de competências internas na área da RFID. Apesar das expectativas dos utilizadores terem sido parcialmente defraudadas, os benefícios esperados definidos na fase inicial do projeto foram alcançados ainda que nem todos ao nível desejado.

6. Conclusões, limitações e estudos futuros

Após uma análise detalhada dos dados, foi possível alcançar o objetivo deste estudo e dar resposta às questões de investigação previamente definidas.

Em relação ao impacto que a qualidade do sistema tem na sua utilização, foi possível perceber que na M&E a perceção deste conceito por parte dos utilizadores tem um efeito direto na utilização do sistema. De uma forma geral, a avaliação feita pelos utilizadores em relação à qualidade do sistema foi positiva. No entanto, o problema detetado reside na ideia de que o sistema, para além de não ter alcançado o seu potencial máximo, não foi concebido totalmente de acordo com as necessidades de quem o iria

utilizar. Estes factos prejudicaram a adoção do mesmo por parte dos utilizadores que viram as suas expectativas defraudadas. Apesar de alguma relutância na adoção, a implementação do projeto MEERA veio afetar positivamente o dia-a-dia dos colaboradores da oficina da M&E. A principal mudança consistiu na transformação do processo de procura de peças, que nalguns casos era bastante frustrante. Com a introdução do sistema RFID este processo não só sofreu melhorias de eficiência como veio aumentar a satisfação dos utilizadores ao evitar paragens de produção, perdas de peças e reduzir o tempo despendido à procura das mesmas. Assim, foi possível aferir que este projeto foi bem-sucedido na medida em que todos os benefícios esperados foram alcançados, ainda que não ao nível pretendido. Com este projeto, a eficiência dos colaboradores aumentou (reduzindo os custos com os mesmos) e foi possível reduzir o TAT. Os dois benefícios com maior dificuldade de medição são a redução do risco de multas por atrasos e os custos com reposição de peças perdidas. Embora não seja possível quantificá-los, TPPC3 refere que *“Cada peça que eu não sei onde está e este equipamento me permite encontrar, ele está pago”*.

Por fim, este projeto foi vantajoso não só para a M&E, que teve ganhos operacionais e financeiros, mas para todo o grupo TAP ao promover o desenvolvimento de competências internas em RFID. Estas competências permitem que projetos futuros assentes nesta tecnologia possam ser desenvolvidos internamente, incorrendo em menores custos e facilitando a comunicação entre cliente e fornecedor. Neste sentido, já decorre um novo projeto com o propósito de gerir e controlar a utilização de ferramentas e GSE, tal como referido anteriormente. Este é apenas um exemplo das inúmeras aplicações que podem melhorar os processos internos e/ou externos do grupo.

O projeto teve alguns desafios, nomeadamente em termos da falta de *standards* e melhores práticas disponíveis para adoção de RFID em empresas de manutenção. Esta realidade obriga a elevados custos de desenvolvimentos à medida, o que somado ao facto do fornecedor desta aplicação ser estrangeiro, causou alguns problemas na comunicação e adequação do sistema às necessidades da empresa e dos seus colaboradores. Foram também cometidos erros durante o desenvolvimento do sistema, mais concretamente ao não se envolver os utilizadores do sistema na definição dos requisitos. Considerando o feedback destes e alguns estudos nesta área, são de seguida apresentadas algumas propostas de melhorias ao atual sistema.

Para minimizar os problemas ligados à infraestrutura da oficina, propõe-se a implementação de separadores (placas que bloqueiem as ondas de rádio) entre as diversas prateleiras e áreas da oficina. É também aconselhada a reorganização das estações de trabalho de forma a ser possível montar pórticos delimitadores de estações. Com estas medidas poderia haver uma visibilidade completa do percurso de uma peça ao longo do processo oficial. Tal como referido pelo PM, havendo uma infraestrutura *wireless* na oficina, esta deve ser aproveitada para que seja possível haver comunicação em tempo real entre os PDA e a BD do GENESIS2. Esta ligação com alguns desenvolvimentos iria permitir que os processos de inventário fossem inteiramente auxiliados pela tecnologia de RFID, não só tornando este processo *paper free* como também aumentando a sua eficiência. Por fim, seria recomendável a implementação de um método de avaliação dos SI da organização (e não apenas do sistema de RFID) que envolvesse os colaboradores. Esta avaliação poderia conduzir ao aumento da satisfação dos colaboradores por sentirem que a sua opinião é levada em conta e também iria revelar os pontos a melhorar nos diversos sistemas. Se algumas destas propostas

pudessem ser implementadas, seria possível retirar ainda mais benefícios do atual sistema de RFID da M&E.

Como considerações finais, é pretendido que o presente estudo possa contribuir para empresas que pretendam implementar RFID, ao apresentar um caso real onde são descritos não só os benefícios obtidos como os erros cometidos e técnicas criativas para contrariar problemas do uso da tecnologia. Para empresas que já tenham adotado RFID, este estudo pode contribuir para demonstrar a necessidade de acompanhar o projeto mesmo após a sua implementação e propor algumas funcionalidades que poderão ajudar a maximizar os benefícios potenciais da RFID. As principais limitações deste estudo prendem-se com duas questões. A primeira, consiste no facto da gestão da oficina da M&E não se ter mostrado disponível para oferecer o seu contributo a este estudo, o que prejudicou a fase de recolha de dados visto que a visão da gestão pode ser muito distinta da dos colaboradores. A segunda está ligada ao facto deste estudo apenas contemplar uma empresa de um setor específico. No entanto, tendo em conta as semelhanças entre os processos da M&E e da manutenção de componentes de outras áreas como os eletrodomésticos, algumas destas conclusões poderão ser transpostas para empresas de outros setores. Tendo em conta a maturidade da tecnologia, seria extremamente importante que estudos futuros se foquem em implementações de RFID que serão fulcrais para demonstrar como devem ser conduzidos os processos de análise e definição de um sistema de RFID, implementação e avaliação/manutenção posterior. Poderão ser desenvolvidas *frameworks* genéricas que irão não só fomentar a adoção desta tecnologia como reduzir custos com este processo, ao minimizar os custos de desenvolvimentos à medida. Por fim, seria pertinente alargar este estudo a outros setores de atividade para perceber se o efeito da RFID nesses setores é semelhante.

Bibliografia

- Asif Z. e Mandviwalla M. (2005). Integrating the supply chain with RFID: a technical and business analysis. *Communication of AIS* 15 (24), 393–426.
- Benbasat, I., Goldstein, D. e Mead. M. (1987). The Case Research Strategy in Studies of Information Systems. *MIS Quarterly* 11, 369-386.
- Brooke, J. (2013). SUS: A Retrospective. *Journal of usability studies* 8 (2), 29-40.
- Brown, P. (2003). Companies get creative in their Inventory Management Solution. *Aviation Now*, 15.
- Castro L. e Wamba S. (2007). An Inside Look at RFID Technology. *Journal of Technology Management & Innovation*, 2 (1), 128-141.
- Chang, Y., Oh, C., Whang, Y., Lee, J., Kwon, J., Kang, M. S., Park, J. e Ung, Y. (2006). Development of RFID enabled aircraft maintenance system, *2006 IEEE International Conference on Industrial Informatics*, Singapura, 16-18 Agosto de 2006. IEEE [Em linha]. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4053391> [Acesso em 02/02/2014].
- Chappell, G., Ginsburg, L., Schmidt, P., Smith, J. e Tobolski, J. (2003). Auto-ID on the line: The value of Auto-ID technology in manufacturing. *Auto ID Center, ACN-AutoID-BC-005* 9.
- Das Raghu (2013). *RFID Forecasts, Players and Opportunities 2014-2024* [Em linha]. Disponível em: <http://www.idtechex.com/research/reports/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2014-2024-000368.asp> [Acesso em: 2014/01/04].
- DeLone, W. e McLean, E. (1992). Information systems success: The quest for the dependent variable. *Information Systems Research* 3 (1), 60–95.
- DeLone, W. e McLean, E. (2003). The DeLone and McLean model of information systems success: a ten-year update. *Journal of management information systems* 19 (4), 9-30.
- Doan C. (2012). *The Global MRO Forecast 2012-2022 – A changing landscape: MRO Americas 2012*. [Em linha]. Dallas Convention Center. Dalas 3-5 Abril 2012. TeamSAI, Inc.. Disponível em: http://teamsai.com/media/content/teamsai---2012_teamsai_global_mro_forecast_ams-121003f.pdf [Acesso em: 01/04/2014].
- Dwivedi, Y., Kapoor, K., Williams, M. e Williams, J. (2013). RFID systems in libraries: An empirical examination of factors affecting system use and user satisfaction. *International Journal of Information Management* 33 (2), 367-377.
- Eun K., Eunju K., HaeJung K. e Chang K. (2008) Comparison of benefits of radio frequency identification: Implications for business strategic performance in the U.S. and Korean retailers. *Industrial Marketing Management* 37, 797–806.
- Felix F. e Valverde R. (2014). An RFID simulation for the Supply Chain Management of the UK Dental Industry. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* 60 (2), 390-400.

- Ferrer, G., Heath, S. K. e Dew, N. (2011). An RFID application in large job shop remanufacturing operations. *International Journal of Production Economics*, 133 (2), 612-621.
- Giannakouris K. e Smihily M. (2011). Industry, Trade and Services: ICT usage in enterprises 2011. *Statistics in focus 2011*, 65.
- Gille, D. e Strüker, J. (2008). *Into the Unknown: Measuring the Business Performance of RFID Applications* [Em linha]. Disponível em: <http://is2.lse.ac.uk/asp/aspecis/20080218.pdf> [Acesso em 02/02/2014].
- Guion, L. A., Diehl, D. C. e McDonald, D. (2011). *Triangulation: Establishing the validity of qualitative studies* [Em linha]. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/fy394> [Acesso em 02/02/2014].
- Harun, K., Cheng, K. e Wibbelmann, M. (2008). RFID-enabled aerospace manufacturing: theoretical models, simulation and implementation issues. Em: *Industrial Engineering and Engineering Management*. Singapura, Dezembro 2008. IEEE, 1824-1829.
- Jimenez, C., Dauzère-Pérèz, S., Feuillebois, C. e Pauly, E. (2011). Simulation of aircraft maintenance improvement using RFID systems. *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management*.
- Johnson, R., Onwuegbuzie, A. e Turner, L. (2007). Toward a definition of mixed methods research. *Journal of mixed methods research* 1 (2), 112-133.
- Kang, A., Park, J., Barolli, L. e Jeong, H. (2013). A QoS Model for a RFID Enabled Application with Next-Generation Sensors for Manufacturing Systems. *International Journal of Distributed Sensor Networks* 2013.
- Lampe, M., Strassner, M. e Fleisch, E. (2004). A ubiquitous computing environment for aircraft maintenance, *2004 ACM symposium on Applied computing*, ACM, Nicósia, 14-17 Março de 2004. ACM [Em linha]. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=968217> [Acesso em: 02/02/2014].
- Lee, H. e Ozer, O. (2007). Unlocking the value of RFID. *Production and Operations Management* 16 (1), 40–64.
- Lee, I. e Lee, B. (2010). An investment evaluation of supply chain RFID technologies: a normative modeling approach. *International Journal of Production Economics*, 125 (2), 313-323.
- Lee, S., Ma, Y., Thimm, G. e Verstraeten, J. (2008). Product lifecycle management in aviation maintenance, repair and overhaul. *Computers in Industry*, 59 (2), 296-303.
- Legner, C. e Thiesse, F. (2006). RFID-based maintenance at Frankfurt airport. *IEEE Pervasive Computing* 5 (1), 34-39.
- MacNealy, M. (1997). Toward better case study research. *IEEE Transactions on professional Communication* 40 (3), 182-196.
- McFarlane D. e Sheffi Y. (2003). The impact of automatic identification on supply chain operations. *International Journal of Logistics Management* 14 (1), 1–17.

- MRO Network (2012). RFID developments. *Aircraft Technology Engineering & Maintenance* [Em linha]. 121. [Acesso em 20/06/2014].
- Ngai, E., Chau, D., Poon, J., Chan, A., Chan, B. e Wu, W. (2012). Implementing an RFID-based manufacturing process management system: Lessons learned and success factors. *Journal of Engineering and Technology Management* 29 (1), 112-130.
- Ngai, E., Cheng, T., Lai, K., Chai, P., Choi, Y. e Sin, R. (2007). Development of an RFID-based Traceability System: Experiences and Lessons Learned from an Aircraft Engineering Company. *Production and Operations Management* 16 (5), 554-568.
- Ngai, E., Cheung, B., Lam, S. e Ng, C. (2014). RFID value in aircraft parts supply chains: A case study. *International Journal of Production Economics* 147, 330-339.
- Orlikowski, W. e Baroudi, J. (1991). Studying Information Technology in Organizations - Research approaches and assumptions. *Information Systems Research* 2, 1-28.
- Pintelon, L., Du Preez, N. e Van Puyvelde, F. (1999). Information technology: opportunities for maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 5 (1), 9-24.
- Ramudhin, A., Paquet, M., Artiba, A., Dupré, P., Varvaro, D. e Thomson, V. (2008). A generic framework to support the selection of an RFID-based control system with application to the MRO activities of an aircraft engine manufacturer. *Production Planning and Control* 19 (2), 183-196.
- Roh J., Kunnathur A. e Tarafdar M. (2009). Classification of RFID adoption: an expected benefits approach. *Information & Management* 46 (6), 357-363.
- Saunders, M., Lewis, P. e Thornhill, A. (2009) *Research Methods for Business Students*, 5ª Ed. Harlow, Prentice Hall.
- Sauro, J. (2011). *Measuring Usability with the System Usability Scale (SUS)*. [Em linha]. Disponível em: <http://www.measuringu.com/sus.php> [Acesso em 02/02/2014].
- Sauro, J. e Lewis, J. (2009). The factor structure of the system usability scale. Em: *Proceedings of the 1st International Conference on Human Centered Design*. San Diego 19-24 de Julho de 2009. Berlim: Springer-Verlag, 94-103.
- Schmidt, M., Thoroe L. e Schumann M. (2013). RFID and Barcode in Manufacturing Logistics: Interface Concept for Concurrent Operation. *Information Systems Management* 30 (2), 100-115.
- Srivastava, L. (2005) *Ubiquitous Network Societies: The case of RFID* [Em linha]. Disponível em: www.itu.int/osg/spu/ni/ubiquitous/Papers/RFID%20background%20paper.pdf [Acesso em 02/02/2014].
- Subirana, B., Eckes, C., Herman, G., Sarma, S. e Barrett, M. (2003). *Measuring the Impact of Information Technology on Value and Productivity using a Process-Based Approach: The case for RFID Technologies*. [Em linha]. MIT Sloan School (223). Disponível em: <http://ccs.mit.edu/papers/pdf/wp223.pdf> [Acesso em 02/02/2014].
- Tajima, M. (2007). Strategic value of RFID in supply chain management. *Journal of Purchasing & Supply Management* 13, 261-273.

- TAP (2012). TAP M&E na vanguarda da tecnologia RFID. *Jornal TAP* [Em linha]. 95, 6-8. [Acesso em 02/02/2014].
- TAP (2014). *TAP Manutenção e Engenharia* [Em linha]. Disponível em: www.tapportugal.com/Info/pt/sobre-tap/grupo-tap/tap-manutencao-engenharia [Acesso em: 12/10/2014].
- Tellkamp, C. (2006). The Impact of Auto-ID Technology on Process Performance – RFID in the FMCG Supply Chain, Dissertação [Em linha]. Doutorado, Universidade de St. Gallen. Disponível em: http://cocoa.ethz.ch/downloads/2014/06/None_STG-AUTOID-WH003_01.pdf [Acesso em 02/02/2014].
- Wamba, S. e Chatfield, A. (2009). A contingency model for creating value from RFID supply chain network projects in logistics and manufacturing environments. *European Journal of Information Systems* 18 (6), 615-636.
- White, G., Gardiner, G., Prabhakar, G. P. e Abd Razak, A. (2007). A comparison of barcoding and RFID technologies in practice. *Journal of information, information technology and organizations* 2, 119-132.
- Wu D., Ng W., Yeung D. e Ding H. (2009). A brief survey on current RFID applications, *International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Baoding, 12-15 Jullho de 2009. IEEE [Em linha]. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5212147&tag=1> [Acesso em 02/02/2014].
- Wu, N., Nystrom, M., Lin, T. e Yu, H. (2006). Challenges to global RFID adoption. *Technovation* 26 (12), 1317-1323.
- Wyld, David C. (2006). RFID 101: the next big thing for management. *Management Research News* 29 (4), 154-173.
- Yin, R. (2014). *Case study research: Design and methods*, 5ª Ed. Thousand Oaks, CA, Sage Publications.
- Yuthas, K. e Young, S. (1998) Material matters: Assessing the effectiveness of materials management IS. *Information & Management*, 33 (3), 115–124.
- Zelbst, P., Green Jr, K. e Sower, V. (2010). Impact of RFID technology utilization on operational performance. *Management Research Review* 33 (10), 994-1004.

Anexo A - Alguns estudos sobre RFID no setor aeronáutico

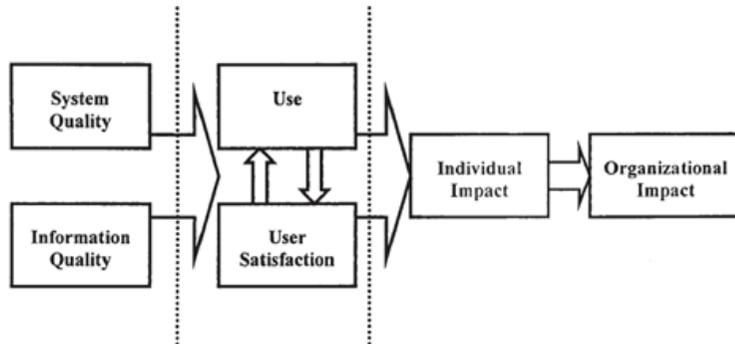
Autores	Lampe <i>et al.</i> (2004)	Chang <i>et al.</i> (2006)	Legner e Thiesse (2006)	Ngai <i>et al.</i> (2007)
Artigo	A Ubiquitous Computing Environment for Aircraft Maintenance	Development of RFID Enabled Aircraft Maintenance System	RFID-Based Maintenance at Frankfurt Airport	Development of an RFID-based Traceability System: Experiences and Lessons Learned from an Aircraft Engineering Company
Descrição	Os autores propõem um framework para um sistema, com recurso a RFID, de controlo de ferramentas nos processos de manutenção de aeronaves.	Os autores propuseram um sistema de manutenção de peças de avião (através de ordens de serviço seriam controlados os trabalhos a realizar, por quem e a que peça). Este sistema estaria ligado a um sistema de gestão das peças (localização, número de série, etc.).	Apresentam o caso do Aeroporto de Frankfurt que integrou RFID e uma aplicação móvel no seu sistema de manutenção. São enumerados os diversos benefícios do projeto. São também destacados os desafios da implementação bem como uma descrição de todo este processo.	Através de um estudo de caso é feita a análise do desenvolvimento de um sistema de rastreio baseado em RFID numa empresa de Engenharia de Aeronaves com o intuito de partilhar as suas experiências e aprendizagens. É apresentado detalhadamente o desenvolvimento do sistema, seguido dos desafios desse processo. Por fim são apresentados os fatores críticos de sucesso e as lições retiradas do projeto.
Conclusões	A RFID apesar dos desafios que enfrenta (tecnológicos e de uniformização) pode trazer vários benefícios na gestão de ferramentas na manutenção de aeronaves.	Os componentes dos aviões não estão preparados para serem controlados por RFID. Por isso mesmo devem ser adaptados os modelos de etiquetas de RFID para melhor contornar este desafio. Este sistema tem o objetivo de ser um pequeno guia para estudos futuros sobre a utilização de RFID na aviação.	O exemplo do aeroporto de Frankfurt ilustra o potencial da RFID e das tecnologias móveis para melhorar a manutenção e reparação de diversos tipos de instalações. Apesar da tecnologia ser considerada uma ferramenta para melhorar a eficiência dos processos, este caso demonstra como a RFID pode melhorar significativamente a qualidade dos processos. No futuro, com a informação em tempo real fornecida por RFID e tecnologias de sensores complementares, o impacto nos serviços de manutenção será ainda maior.	À medida que a tecnologia RFID "amadurece", os produtores de aeronaves deverão adicionar etiquetas RFID às suas peças. Para tal é necessária a definição de <i>standards</i> e "melhores práticas" para que as empresas consigam alcançar os benefícios potenciais desta tecnologia. É também necessário estudar como se deve fazer a migração para estes novos sistemas com recurso a RFID. Ao partilhar a experiência com este projeto os autores pretendem tornar os gestores mais pró-ativos em relação à RFID preparando-os para os processos de implementação.

Autores	Ramudhin <i>et al.</i> (2008)	Jimenez et al. (2011)	Ngai et al. (2014)
Artigo	A generic framework to support the selection of an RFID-based control system with application to the MRO activities of an aircraft engine manufacturer	Simulation of aircraft maintenance improvement using RFID systems	RFID value in aircraft parts supply chains: A case study
Descrição	Nesta publicação os autores apresentam uma framework passo por passo para escolher e configurar um sistema de RFID. Esta framework é genérica e independente de setor de atividade. Para testá-la, os autores aplicam-na a uma empresa de MRO de peças de aeronaves.	Os autores avaliam a contribuição da RFID no seguimento de peças de aeronaves no processo de manutenção. Para tal, foi criado um modelo para simular os resultados da incorporação de RFID. O modelo foi baseado no conhecimento de <i>experts</i> , dados de voo e de operações de manutenção.	Os autores apresentam um modelo analítico para ajudar a perceber as relações entre os vários custos incorridos e o efeito da RFID no processo de rastreio na manutenção de aeronaves.
Conclusões	Com a apresentação desta framework os autores pretendem fornecer uma ferramenta para implementações futuras de RFID poderem ser bem-sucedidas. Os autores resumem ainda alguns desafios que têm de ser ultrapassados para uma utilização eficiente de RFID em processos de MRO. Entre eles destacam-se: a disposição e configuração de etiquetas e leitores; o desenho do middleware; e estratégias de dados, fluxo de dados.	Após aplicação de dados reais ao modelo, os autores resumiram os benefícios da RFID para processos de manutenção em: rapidez e facilidade de acesso às configurações dos produtos; melhoria na gestão de inventários; melhor planeamento e antecipação da manutenção; melhorias nas tarefas de manutenção (procura de peças, etc.); e nas tarefas de inspeção. Assim, a RFID pode levar a menores tempos de intervenção e maior disponibilidade de aeronaves.	Ao utilizar dados reais no modelo proposto, os autores concluíram que a RFID pode trazer valor acrescentado para as empresas de manutenção de aeronaves. Os autores concluem também que a RFID pode ajudar a reduzir os custos operacionais, no entanto a sua utilização proporciona alguns desafios, como a integração com <i>legacy systems</i> .

Fonte: Elaborado pelo autor.

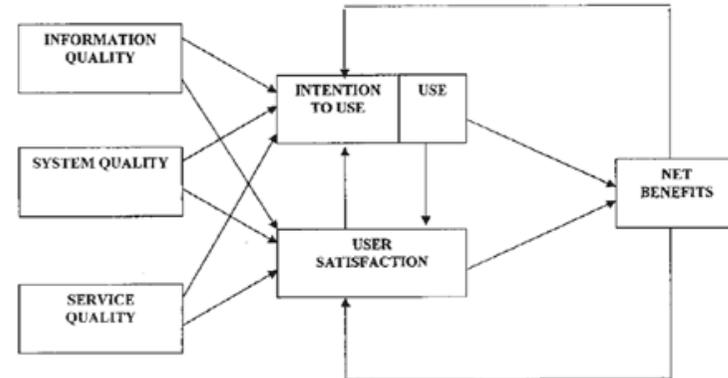
Anexo B – Modelos utilizados

Figura I – Modelo original de sucesso de SI



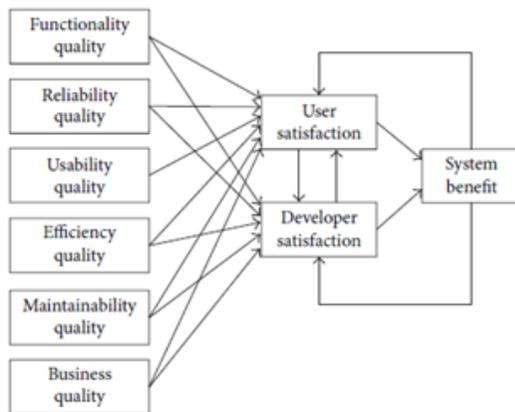
Fonte: DeLone e McLean (1992)

Figura II – Modelo atualizado de sucesso de SI



Fonte: DeLone e McLean (2003)

Figura III – Modelo de qualidade de um sistema de RFID



Fonte: Kang *et al.* (2013)

Figura IV – Critérios do modelo de qualidade de um sistema de RFID

Criteria	Sub-criteria
Functionality	Suitability; Read accuracy; Read range; Read rate; Identification; Interface
Reliability	Maturity; Recoverability; Fault tolerance
Usability	Easy to use; Understandability; Operability
Efficiency	Time behavior; Resource behavior; Data capacity
Maintainability	Stability; Analyzability; Changeability; Testability
Business	Cost

Fonte: Kang *et al.* (2013)

Anexo C – Guião de entrevista

Bom dia/Boa tarde,

O meu nome é David Ribeiro, aluno do mestrado de Gestão de Sistemas de Informação no ISEG. No âmbito da minha tese pretendo estudar o impacto da RFID na M&E.

As respostas às questões que lhe irei colocar devem refletir a sua opinião. Não existem respostas certas ou erradas.

Se não se importa vou gravar a entrevista para posteriormente poder fazer uma análise mais detalhada da mesma. A informação será analisada globalmente garantindo o anonimato. Esta entrevista tem uma duração de aproximadamente 20 a 25 minutos.

Eficiência

1. Como classifica as seguintes características do sistema:
 - Velocidade de processamento (das leituras).
 - Velocidade de arranque do PDA.
 - Velocidade da sincronização do PDA com a BD central.

Usabilidade

2. Em relação à usabilidade do sistema (PDA, impressoras, etiquetas):
 1. Considera que os colaboradores gostam de usar o sistema com frequência?
 2. Considera o sistema desnecessariamente complexo?
 3. Considera o sistema de fácil utilização?
 4. Considera os colaboradores da oficina são recetivos a novas tecnologias?
 5. Considera que as diversas funcionalidades estão bem integradas?
 6. Considera que existem algumas inconsistências no sistema?
 7. Considera que a maioria das pessoas é capaz de utilizar este sistema com rapidez?
 8. A utilização do sistema é penosa?
 9. Os colaboradores sentem-se confiantes a utilizar o sistema?
 10. Considera necessário aprender muitas coisas para poder utilizar o sistema?
3. O PDA é utilizado diariamente? Se não, quais os motivos no seu entender?

Funcionalidade

4. As funcionalidades do sistema facilitam as tarefas diárias dos utilizadores? Em que medida?
5. Quais as funcionalidades mais utilizadas e porquê?
6. As leituras são confiáveis? O sistema identifica com exatidão as peças?
7. Costuma haver problemas de leitura como interferências com outros materiais/objetos? Pode dar-me alguns exemplos?
8. Como classifica a capacidade de leitura do PDA em termos de facilidade e eficácia?

Confiabilidade

9. Costumam ocorrer *bugs* no PDA (bloqueios, falhas de imagem, etc.)? Se sim, que problemas costumam trazer? Como resolvem?
10. Como se comporta o PDA depois de um bug? Quanto tempo demora a recuperar? O que é preciso fazer?

Manutenção (PM)

11. Tendo em conta que o *developer* é externo, gostava de saber se surgirem novas necessidades que impliquem alterações na aplicação, qual a facilidade de serem implementadas?
12. Se surgirem novas necessidades conseguem desenvolver soluções internamente?

13. O que acha que podia ser melhorado a nível técnico (hardware, arquitetura, etc.)?

Satisfação do utilizador

14. Como foi o processo de aprendizagem para os utilizadores?

15. Considera que os utilizadores se tornaram mais produtivos (por terem mais tempo para as funções de MRO através da automatização de algumas tarefas por exemplo)?

16. Pensa que o uso da MEERA tornou as tarefas na oficina mais motivadoras (por perderem menos tempo a procura de peças, etc.)?

17. Considera que os utilizadores foram integrados no processo de desenvolvimento e mudança?

18. Concorda que a utilização por parte dos colaboradores é fulcral para a realização dos benefícios potenciais do sistema?

19. O que considera que pode ser alterado para influenciar positivamente a utilização e consequente satisfação dos utilizadores?

Impacto Organizacional

20. E para a empresa, quais os benefícios que a MEERA trouxe (redução do tempo de entrega ao cliente, redução de erros humanos, automatização de tarefas, gestão de inventário, reduções de perdas e aumento da eficiência)?

21. Conseguiram atingir todos os objetivos pretendidos? (PM)

22. O tempo de manutenção e consequente tempo de entrega foi reduzido?

23. Acha que a empresa conseguiu melhores resultados? Em termos financeiros, têm noção de quais as áreas mais afetadas?

24. Possuem alguma métrica que permita aferir as melhorias de processos (horas despendidas à procura de peças, etc.)? Se não qual a razão? Se sim pode dar-me alguns exemplos? (PM)

25. O que aprenderam com este projeto que possa beneficiar a empresa no futuro? Acha que há potencial para incorporar a tecnologia RFID noutras áreas?