

# **O Impacto da Utilização de RFID: Um Estudo de Caso numa Empresa de Manutenção e Engenharia**

*The impact of RFID utilization: A case study in a engineering and maintenance company*

David Ribeiro, ISEG Lisbon School of Economics and Management, Universidade de Lisboa, Portugal,  
davidtribeiro@gmail.com

Winnie Picoto, ISEG Lisbon School of Economics and Management, Universidade de Lisboa, Portugal,  
w.picoto@iseg.ulisboa.pt

Paulo Almeida Gonçalves, ISEG Lisbon School of Economics and Management, Universidade de Lisboa,  
Portugal, pagoncalves@iseg.ulisboa.pt

## **Resumo**

A manutenção de aeronaves representa um custo elevado, pelos processos envolvidos e também pelas perdas associadas ao tempo fora de serviço. A identificação por rádio frequência (RFID) tem despertado o interesse deste setor pela sua capacidade de identificação de objetos de forma inequívoca, podendo assim contribuir para o aumento da eficiência destes processos complexos. O presente estudo de caso pretende analisar o impacto da utilização da RFID numa empresa de manutenção de aeronaves, como a perceção da qualidade do sistema influencia a utilização do sistema e como a utilização do mesmo afeta os colaboradores da organização. Foram realizadas diversas entrevistas com utilizadores do sistema e com o gestor do projeto para obter informação das diferentes perspetivas. A análise dos dados e as conclusões pretendem promover e melhorar a utilização da 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); Setor aeronáutico; Manutenção, Processos complexos.

## **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

## 1. INTRODUÇÃO

Na indústria aeronáutica, a gestão dos equipamentos e produtos com vidas úteis longas e configurações complexas é um 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 e por isso, o conceito de gestão do ciclo de vida do produto é essencial no setor, e os objetivos da sua aplicação passam por reduzir o tempo de manutenção de uma aeronave, geralmente referido como TAT (*Turnaround Time*), reduzir os custos com manutenção e aumentar o tempo entre operações de manutenção [Lee et al. 2008].

Os custos de MRO correspondem a 12% do total dos custos operacionais de um avião [Lampe et al. 2004] e os custos por hora de ter um avião parado para manutenção não planeada rondam os 23.000 dólares americanos [Brown 2003]. É por isso visível a importância de melhorar a gestão e a qualidade destas atividades.

Na produção e manutenção de aeronaves, a RFID tem ganho reconhecimento pela sua capacidade de rastreio de objetos de forma inequívoca, em tempo real e com um elevado nível de precisão [Harun et al. 2008; Ferrer et al. 2011].

O presente estudo pretende responder a duas questões de investigação, nomeadamente: Quais os impactos organizacionais do uso de RFID?, “Como é que a utilização da 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. Para tal, foi escolhida uma empresa aeronáutica de Manutenção e Engenharia (M&E) como unidade de análise, cujo nome não será referido por razões de confidencialidade. Esta empresa incorporou o uso da RFID na sua oficina para identificar componentes de motores de aviões. 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. Este estudo pretende contribuir para que as organizações compreendam melhor os benefícios da implementação de sistemas RFID na sua atividade.

Este artigo está organizado em cinco seções, sendo esta a primeira. Nas seções seguintes apresentam-se respetivamente a revisão da literatura relevante para o estudo, a metodologia, a caracterização do caso, a apresentação e discussão dos resultados obtidos e por último são apresentadas as conclusões e limitações do estudo.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

A 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 utilização da RFID pode ter três tipos de impactos numa organização – automatização, informatização e transformação [Tellkamp 2006]. A automatização do processo de recolha e transmissão de dados pode eliminar a necessidade de ter um trabalhador numa zona de entrada de mercadoria para identificar os produtos rececionados [Gille & Strüker 2008]. Sendo a poupança associada à utilização da RFID, dependente da frequência da atividade de recolha de dados [Subirana et al. 2003]. A automatização é mais evidente em empresas que apresentem muitas atividades de recolha de dados, como é o caso do retalho [Gille & Strüker 2008]. Por exemplo, a Gillette eliminou os processos de leituras e contagens manuais através do recurso a RFID e conseguiu um aumento da eficiência operacional de 400% e a redução do número de erros humanos associados [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. Relativamente à transformação ou reengenharia e novos processos de negócio, os novos processos de *picking* num centro de distribuição podem resultar na redução de inventário, libertando fundos de capital [Gille & Strüker, 2008].

Além dos tipos de impacto da RFID, também é possível identificar diferentes níveis de integração. Wamba & Chatfield [2009] identificaram três níveis de integração da RFID nas organizações. No nível mais baixo, *Slap and Ship*, verifica-se uma baixa integração tecnológica e uma baixa transformação organizacional. No segundo nível – projeto intraorganizacional, já existe integração com os SI (Sistemas de Informação) da empresa e é considerada alguma reestruturação organizacional. No último nível – projeto interorganizacionais considera-se a integração da tecnologia com os SI dos parceiros e também a uniformização de processos de negócio e interfaces entre as organizações. O Quadro I apresenta em resumo, as características de cada nível de integração.

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>

<b>Nível 2: Intra-organizacional</b>	Integração com os SI da organização (ERP)	Reestruturação do armazém	Inventário em tempo real; Redução custos operacionais; Aumento da integridade de dados	Infraestrutura de RFID e integração com os SI; Formação
<b>Nível 3: Inter-organizacional</b>	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

Quadro I - Níveis de integração da RFID nas organizações Fonte: Adaptado de Wamba &amp; Chatfield [2009]

À medida que a RFID continua a amadurecer, o conhecimento técnico e teórico são aprofundados e o custo do *hardware* e dos sistemas diminui, o que leva ao aumento do interesse em aplicações de RFID e à respetiva difusão pelas mais variadas indústrias [Castro & Wamba 2007].

### 2.1. Benefícios da RFID

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

Para Zelbst et al. [2010], a utilização da RFID melhora a capacidade de uma organização responder às necessidades dos clientes. Os autores referem o exemplo de organizações produtivas que adotaram RFID e que se tornaram mais ágeis, concluindo que a utilização de RFID influencia diretamente a agilidade e performance operacional e logística de uma organização. Chappell et al. [2003] consideram que a utilização da RFID na produção 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, a redução dos *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.

### 2.2. Desafios/barreiras à adoção

Um dos desafios à adoção generalizada da RFID é a falta de *standards* e a divergência na alocação dos espectros de ondas de rádio [Wu et al. 2006]. Esta ausência de *standards*, contribui para o surgimento de

problemas tecnológicos como interferências de outros aparelhos (telefones, PDA, etc.) pela utilização da mesma frequência [Wu et al. 2006; McFarlane & Sheffi

2003], elevados custos de produção, dificuldades na personalização e integração de sistemas (intra e interorganizacionais) associados à falta de uma arquitetura bem desenvolvida e universalmente aceite [Wu et al. 2006] e um grande volume de dados e a respetiva capacidade de processamento e armazenamento dos mesmos [McFarlane & Sheffi 2003].

Outro dos entraves à adoção generalizada da RFID prende-se com a dificuldade em obter métricas precisas relativas ao impacto do efeito da RFID na organização, levando a questionar se esse impacto se deve ao efeito da RFID ou à melhoria dos processos internos [Lee e Ozer

2007]. Segundo Lee & Lee [2010], apesar de existir uma grande procura de métodos para avaliar estes projetos, estes ainda não foram devidamente desenvolvidos e métricas habituais como ROI, NPV (*Net Present Value*) e *Payback Period* são limitados, à partida, pela difícil quantificação dos benefícios realizados com a utilização da RFID. Estes autores 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.

### **2.3. A 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]. De facto, a Administração Federal de Aviação Americana aprovou formalmente a utilização de etiquetas passivas de RFID em peças de aviões [Chang et al. 2006; Ngai et al. 2012]. E 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 da RFID na indústria, nomeadamente em peças de aviões comerciais [Chang et al. 2006].

A eficiência dos processos de MRO é diretamente afetada pela gestão inadequada do inventário de peças, dos erros humanos e dos procedimentos de verificação [Ngai et al. 2012], contribuindo assim a RFID para obtenção de 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]. 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.

## 2.4. Modelos e escalas de sucesso, qualidade e usabilidade de sistemas

A medição do sucesso ou da eficácia de um SI é crucial para avaliar os investimentos e as ações da gestão de SI [DeLone & McLean 2003]. Assim, com base no modelo de qualidade da norma ISO/IEC 9126-1, Kang et al. [2013] propuseram um conjunto de seis critérios para a qualidade de um sistema de RFID: funcionalidade, fiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenção e conceito de negócio. Os critérios estão subdivididos em subcritérios: a funcionalidade inclui subcritérios ligados à RFID como alcance de leitura e precisão de leitura, a eficiência considera o subcritério capacidade de dados, em termos de armazenamento ou tráfego [Kang et al. 2013].

Relativamente ao modelo proposto por DeLone & McLean [2003], Kang et al. [2013] substituíram as dimensões de qualidade (do sistema, da informação e de serviço) pelos atributos de qualidade de um sistema de RFID, mantiveram a variável satisfação do utilizador, adicionaram a satisfação do programador 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 programador, até ao ponto em que atingem um nível que permite realizar benefícios do sistema [Kang et al. 2013].

No presente artigo, para avaliar a usabilidade do sistema foi adotada a *Systems Usability Scale* (SUS). Trata-se de um método validado e padronizado que pode ser usado para medir a usabilidade de praticamente qualquer interface de utilizador [Sauro 2011] e já foi amplamente utilizado para testar a usabilidade de *hardware*, *software*, *sites*, telemóveis e até das páginas amarelas [Sauro 2011; Brooke 2013].

## 3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Para responder às questões de investigação, este artigo aplica o método de estudo de caso único, porque para além de se enquadrar nos objetivos da investigação, privilegia o contacto direto com o fenómeno/caso em estudo.

Esse método é caracterizado por estudar fenómenos contemporâneos, num contexto real e sem influência ou manipulação, sendo adequado para responder às questões de investigação do tipo “porquê?” e “como?” [Benbasat et al. 1987; Yin 2014]. Esta investigação pode ser considerada um estudo de caso descritivo e exploratório [Yin 2014] visto que se pretende descrever um fenómeno no seu contexto e se trata de um problema pouco conhecido – o impacto que a introdução de RFID teve na empresa e nos seus colaboradores, bem como a avaliação da perceção dos colaboradores acerca da qualidade do sistema.

Escolhemos uma empresa que tivesse adotado RFID nos seus processos, a M&E, uma empresa conceituada de um grupo aeronáutico que adotou RFID para a identificação de peças de motores que dão entrada na sua oficina para serem efetuados trabalhos de MRO.

A recolha de dados foi realizada através de nove entrevistas com colaboradores da organização e de uma organização parceira, escolhidos com base no seu envolvimento no desenho e implementação do sistema ou por serem os atuais utilizadores da aplicação Mobile (*nome fictício que corresponde à aplicação móvel de reparações*). Foram assim inquiridos colaboradores das equipas de Técnico de Preparação, Planeamento e Compras, de Inspeção e o *Project Manager* de uma empresa externa responsável pela implementação, empresa gestora dos SI do grupo. Todas as entrevistas foram gravadas e posteriormente transcritas.

As entrevistas foram semiestruturadas com recurso a guião e a elaboração deste teve por base o modelo de Kang et al. [2013], contemplando os diferentes critérios de qualidade de um sistema de RFID, bem como a SUS, para melhor analisar a Usabilidade do sistema e como a utilização do mesmo afeta os colaboradores [Sauro 2011; Brooke 2013]. 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.

Adicionalmente, esta investigação envolve uma triangulação de dados ao contemplar múltiplas fontes de informação [Yin, 2014], 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.

#### 4. O ESTUDO DE CASO

A M&E é a organização de manutenção de um grupo aeronáutico e o seu *core business* divide-se em três áreas de manutenção: de aeronaves, de motores e de componentes. Este estudo incide na área de manutenção de motores, presente 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/repados por ano, o volume de peças que é preciso gerir em qualquer momento é significativo.

Os processos da manutenção de motores envolvem aproximadamente quinhentas peças de um motor, sendo geridos por uma combinação de folhas de serviço e um *Maintenance Management Information System* que por razões de confidencialidade, será denominado de MMIS. 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 o de Recursos Humanos.

Neste projeto participaram ainda, uma empresa de sistemas de informação no *design*, suporte de TI e gestão do projeto, uma consultora na análise de negócio e definição do caso e na arquitetura da solução e a empresa responsável pelo desenvolvimento da aplicação Mobile e pelo apoio operacional. Este sistema é composto por etiquetas nas folhas de serviço e nas prateleiras (*racks* fixas e móveis), PDA e impressoras de etiquetas, *middleware* e sistemas *backend* como o MMIS. 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 (...)”.*

A aplicação Mobile carrega, através de um *script*, as listas de minimódulos e outros dados do inventário armazenados e disponíveis no MMIS nos PDA, que para isso têm de ser conectados diariamente a um computador com ligação à rede interna. Quando os técnicos usam os PDA para efetuar leituras, os dados são processados pela aplicação Mobile 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 o middleware que por sua vez comunica com o MMIS. O PDA disponibiliza informação, como por exemplo a última localização de uma peça, a comparação de leituras de inventário, sendo os relatórios mais complexos gerados através da aplicação MMIS. Este foi um projeto intraorganizacional pois envolveu a integração da RFID com os SI da empresa [Wamba & Chatfield 2009].

O projeto de implementação durou dez meses, embora desde a conceção até à implementação tenham decorrido três anos. De acordo com informação recolhida nas entrevistas e a documentação do projeto, os principais benefícios esperados do sistema são o aumento da eficiência dos colaboradores (quer nos processos de reparação, quer nos de logística) reduzindo custos com os mesmos, a redução do TAT, 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 reposição de peças perdidas, incorrendo mais custos, uma melhor experiência dos utilizadores e a possibilidade de potenciar o desenvolvimento de projetos de TI futuros dentro do grupo aeronáutico com recurso a RFID, por se tratar de um projeto inovador.

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 segundo 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 (...)*”. O sistema entrou em produção em Janeiro de 2012.

## **5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Em termos do processo de leitura através de PDA, todos os entrevistados consideraram uma experiência satisfatória, apresentando uma boa capacidade de leitura. No entanto, há dois fatores que afetam a leitura de



etiquetas, nomeadamente a sobreposição de peças ou etiquetas, “quando estamos a fazer picagem ou nas prateleiras, principalmente em caixas. É preciso ter algum cuidado mas com a experiência torna-se fácil”. O outro fator é a infraestrutura da oficina que pode ser um fator negativo para o processo de leitura porque “ (...) não está adequada ao sistema, (...) ” tendo um dos colaboradores explicado que obter uma taxa de cem por cento é difícil, especialmente num ambiente ofical onde predominam peças de metal. Os utilizadores confiam nas leituras do PDA, no entanto, é muitas vezes feita uma confirmação visual: “faço a leitura com a máquina mas também faço a confirmação visual.”. 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.” Este exemplo evidencia que apesar de a tecnologia reduzir a probabilidade de erro humano, é necessário formar os utilizadores para promover uma correta utilização da mesma.

De acordo com as entrevistas efetuadas, o sistema foi avaliado positivamente 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. Um dos entrevistados afirmou que para “ (...) quem está ligado às novas tecnologias isto é muito fácil de utilizar” e outro referiu que “ (...) para mim é facilimo; aquilo é quase um Windows em ponto pequeno.”

A eficiência foi avaliada através de três critérios, a velocidade de processamento/tempo de resposta, a velocidade de arranque do PDA e a velocidade de sincronização do PDA com o MMIS. Em relação aos dois primeiros critérios, todos os entrevistados avaliaram-nos positivamente. Apenas em relação à velocidade de sincronização a avaliação foi menos positiva.

A manutenção da aplicação Mobile é 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, (...) e o resultado final não correspondeu a cem por cento ao pretendido. Por não termos acesso ao código fonte (...) estamos completamente dependentes (...) ”. Em contrapartida, 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 com competências nesta tecnologia.” Em termos de projetos futuros o gestor de projeto 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 (...)”

Através da análise da qualidade do sistema foi possível detetar pontos a melhorar e erros cometidos no processo de desenvolvimento e implementação, nomeadamente a falta de arquiteturas disponíveis para sistemas de

RFID (tal como referido por McFarlane & Sheffi [2003] e Wu et al. [2006]), que nem o profundo *know-how* dos parceiros conseguiu mitigar.

A qualidade do sistema, ao influenciar a utilização do mesmo, influencia também a capacidade de obtenção de benefícios [DeLone & McLean 2003; Kang et al. 2013]. Apesar das funcionalidades existentes serem adequadas, os aspetos referidos prejudicam a perceção da qualidade do sistema, permanecendo a convicção de que o potencial do sistema ainda não foi totalmente atingido, o que constitui um impacto negativo na realização dos benefícios potenciais.

No processo de desenvolvimento, não foram envolvidas as equipas da oficina de motores e por isso um dos entrevistados referiu 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*”. Este fato 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 [Mobile] não foram objeto de uma participação ativa em termos de discussão e conceção por parte das áreas de produção das oficinas de motores, principais utilizadores da aplicação*”. O sistema acabou por não corresponder por completo às expectativas de todos os colaboradores da oficina: “ (...) *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. Um dos colaboradores 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 facilitou o processo de 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 considerada uma transformação dos processos internos. Desta forma, principalmente para os técnicos, 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 consequentemente 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 (...)* ” e o envolvimento dos superiores “ (...) *para passar a mensagem do porquê da mudança e de como utilizar o sistema,*” também tiveram um impacto positivo na satisfação dos utilizadores.

Para analisar o impacto organizacional do projeto Mobile, as respostas dos entrevistados foram comparadas com os benefícios esperados, definidos na fase do *proof of concept* do projeto.

Vários colaboradores da empresa referem ganhos de eficiência nas suas tarefas, por exemplo: “*automatização de tarefas e aumento da eficiência das pessoas*” e “*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 & 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. Um colaborador da empresa há trinta e quatro anos, que conhece bem esta indústria referiu: “*(...) a manutenção tem a ver com o TAT 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.*”. Legner & 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 [Mobile] 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 uma redução do tempo de entrega e um melhor serviço ao cliente.

O projeto proporcionou também uma “*(...) situação de win-win em termos da parceria*” entre a empresa fornecedora e o cliente. Com a já referida criação do núcleo interno de competência em RFID na empresa implementadora do sistema é possível oferecer mais soluções às empresas do grupo aeronáutico. 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.*”

Pode-se 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 o aumento da eficiência. Os segundos, em termos do desenvolvimento de competências internas na área da RFID. Apesar das expectativas dos utilizadores não terem sido totalmente conseguidas, os benefícios esperados definidos na fase inicial do projeto foram alcançados, ainda que nem todos ao nível desejado.

## 6. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E ESTUDOS FUTUROS

A avaliação global dos utilizadores em relação à qualidade do sistema foi positiva, persistindo a convicção de que o sistema não alcançou o seu potencial máximo e que não foi concebido totalmente de acordo com as necessidades de quem o iria utilizar. Isto prejudicou a adoção do sistema mas, apesar disso, a implementação

do projeto Mobile veio afetar positivamente o dia-a-dia dos colaboradores da oficina da M&E, tendo-se verificado melhorias de eficiência no processo de procura de peças e tendo aumentado a satisfação dos utilizadores ao evitar paragens de produção, perdas de peças e redução do tempo despendido à procura das mesmas. A eficiência dos colaboradores aumentou (reduzindo os custos com os mesmos) e foi possível reduzir o TAT. O sucesso do projeto foi alcançado na medida em que todos os benefícios esperados foram atingidos, ainda que aquém do nível pretendido.

O projeto teve alguns desafios, nomeadamente em termos da falta de *standards* e melhores práticas disponíveis para adoção da 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 o não envolvimento dos utilizadores do sistema na definição dos respetivos requisitos.

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.

As principais limitações deste estudo prendem-se com o facto da gestão da oficina da M&E não se ter mostrado disponível para oferecer o seu contributo a este estudo e com o facto do estudo apenas contemplar uma empresa de um setor específico.

Tendo em conta a maturidade da tecnologia, seria importante a realização de estudos futuros em implementações da 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.

## REFERÊNCIAS

- 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.

- 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.
- 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.
- 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.
- 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].
- 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*.
- 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.
- 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.
- McFarlane D. e Sheffi Y. (2003). The impact of automatic identification on supply chain operations. *International Journal of Logistics Management* 14 (1), 1-17.
- 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.
- Roh J., Kunnathur A. e Tarafdar M. (2009). Classification of RFID adoption: an expected benefits approach. *Information & Management* 46 (6), 357-363.
- 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].
- 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.
- 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](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.
- 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.
- Zelbst, P., Green Jr, K. e Sower, V. (2010). Impact of RFID technology utilization on operational performance. Management Research Review 33 (10), 994-1004.