

**Estudo da implementação de RFID no controlo de
produtos em armazém**

O caso da Imprensa Nacional-Casa da Moeda

Rui Pedro Moreira Flor Henriques Machado

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Prof. Amílcar José Martins Arantes

Júri

Presidente: Prof. Paulo Vasconcelos Dias Correia

Orientador: Prof. Amílcar José Martins Arantes

Vogal: Prof. Francisco Afonso Severino Regateiro

Junho de 2017

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer ao professor Amílcar Arantes por ter aceitado ser orientador neste trabalho. A sua inteira disponibilidade e paciência, os inúmeros conselhos de grande utilidade, o apoio no contacto com a Imprensa Nacional-Casa da Moeda e a ajuda na organização de pensamentos e ideias foram contributos indispensáveis na realização desta Dissertação.

Agradeço a João Ricardo por me ter posto em contacto com a Casa da Moeda, e também a Paulo Leitão, Carlos Catela e Alcides Gama pela sua hospitalidade e disponibilidade para me apresentarem a empresa por dentro e responderem às minhas questões.

Um agradecimento profundo vai para a minha família, em particular os meus pais, avó, madrinha e tia-avó, por todo o apoio, força e incentivos que me deram ao longo dos anos.

Por último, mas não menos importante, deixo um agradecimento especial aos meus professores e amigos, sejam do Técnico ou não. Todos fizeram com que isto fosse possível.

Resumo

O custo é um dos factores de competitividade mais reconhecidos no mercado, e o controlo de inventário e das operações em armazém pode desempenhar um papel importante na sustentabilidade financeira de uma empresa. Assim, de forma a aumentar o controlo e a visibilidade de produtos cuja monitorização é considerada vital mas insuficiente, a secção de logística da Imprensa Nacional-Casa da Moeda (INCM) pretende introduzir tecnologia RFID no seu armazém, mas apenas se essa opção for viável.

A presente Dissertação procura estudar a viabilidade de uma eventual implementação desta tecnologia, que deverá identificar e localizar todos os produtos que passam pelo armazém da INCM. Para esse efeito, este trabalho apresenta conceitos relevantes relacionados com a gestão de armazéns, logística, sistemas de informação e RFID, detalhando as características operacionais desta tecnologia. Foram também analisados vários estudos semelhantes e as conclusões que deles advêm, e foi feito o devido enquadramento desses estudos à situação actual da empresa.

Tendo em conta a revisão da literatura e as várias reuniões com colaboradores da INCM, foi desenhado um sistema para a implementação da tecnologia RFID no armazém da empresa, que inclui sugestões de *hardware* e *software* a utilizar. Porém, apesar das vantagens inicialmente esperadas da utilização de RFID, a sua implementação prática na INCM requer um grande esforço de tentativa e erro e pode não ter a viabilidade desejada.

Deste estudo conclui-se que a escassez de estudos relacionados, a pouca padronização global de equipamentos e o comportamento imprevisível da tecnologia em cenários reais são factores que influenciam de forma negativa o potencial da tecnologia RFID em criar valor em operações de armazém. Para que as empresas possam fazer decisões mais informadas sobre a implementação desta tecnologia, é urgente compreender melhor a forma como a tecnologia se comporta em cenários reais.

Palavras-chave: RFID, gestão de armazéns, sistemas de informação, visibilidade de produtos, monitorização de produtos

Abstract

Cost is one of the main competitiveness factors in today's markets and, to that effect, controlling inventory and warehouse operations may play an important part in a company's financial balance. In order to increase the visibility and control of products whose monitoring is considered vital but insufficient, the logistics section at Imprensa Nacional-Casa da Moeda (INCM) is looking to introduce RFID technology in its warehouse, but only if that option is viable.

This essay seeks to study the feasibility of implementing a RFID-based system that should identify and track all products that go through the company's warehouse. With that end in mind, this study presents relevant concepts related to warehouse management, logistics, information systems and RFID, detailing this technology's core operational features. Several similar studies were also analyzed and the company's current situation was reviewed under the light of their results.

From the literature review and various meetings with the company's managers a simple RFID system was designed, including hardware and software suggestions. However, despite the expected opportunities presented by RFID, its implementation may not be as feasible as desired, requiring big efforts in trial and error.

This study concludes that the shortage of related studies, the lack of globally standardized equipment and the technology's unpredictable behaviour in real scenarios are factors that can negatively influence RFID's real potential for creating value in warehouse operations. If companies are looking to implement this technology, it's urgent to better understand how it behaves in real world scenarios.

Keywords: RFID, warehouse management, information systems, product visibility, product monitoring

Índice

| | |
|--|------|
| Agradecimentos | i |
| Resumo | ii |
| Abstract | iv |
| Lista de Figuras..... | viii |
| Lista de Tabelas..... | x |
| Lista de Abreviaturas | xii |
| 1 – Introdução | 1 |
| 1.1 – Contextualização e Motivação | 1 |
| 1.2 – Objectivos da Dissertação | 3 |
| 1.3 – Metodologia de Trabalho | 3 |
| 1.4 – Estrutura da Dissertação..... | 4 |
| 2 – Estado da Arte | 7 |
| 2.1 – Introdução | 7 |
| 2.2 – Tecnologias e Sistemas de Informação..... | 7 |
| 2.3– Gestão Logística | 9 |
| 2.4– Gestão de Armazéns | 10 |
| 2.5 – RFID | 13 |
| 2.5.1 – Etiquetas RFID..... | 14 |
| 2.5.2 – Leitores RFID | 17 |
| 2.5.3 – Frequências Utilizadas..... | 19 |
| 2.5.4 – Dados de Sistemas RFID | 20 |
| 2.6– Estudos de Implementação de Sistemas RFID | 25 |
| 2.7 – Desenho de um sistema RFID..... | 29 |
| 2.7.1 – Alcance | 30 |
| 2.7.2 – Read Rate | 32 |
| 2.7.3 – Ambiente e materiais presentes | 32 |
| 2.7.4 – Orientação e localização..... | 33 |
| 2.7.5 – Fiabilidade na presença de múltiplos leitores e/ou etiquetas | 34 |
| 2.8 – Conclusão | 35 |

| | |
|--|----|
| 3– A Imprensa Nacional-Casa da Moeda | 37 |
| 3.1 – Introdução da Empresa..... | 37 |
| 3.2 – Documentos Personalizados | 38 |
| 3.2.1 – Situação actual..... | 39 |
| 3.3 – Conclusão | 42 |
| 4 – Viabilidade da implementação de um sistema RFID na Imprensa Nacional-Casa da Moeda | 45 |
| 4.1 – Especificidades do caso da INCM | 47 |
| 4.2 – Solução RFID proposta..... | 52 |
| 4.3 – Selecção de material RFID | 54 |
| 4.3.1 – Etiquetas | 55 |
| 4.3.2 – Leitores | 57 |
| 4.3.3 – Middleware | 60 |
| 4.4 – Conclusão | 63 |
| 5 – Síntese Final e Conclusões | 65 |
| 6 – Referências Bibliográficas..... | 69 |
| Anexos | 77 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Etapas da Dissertação..... | 4 |
| Figura 2 – Fases que compõem o fluxo de produtos em armazém..... | 11 |
| Figura 3 – Técnicas anti-colisão..... | 22 |
| Figura 4 – Arquitectura genérica de um sistema RFID..... | 25 |
| Figura 5 – Mapa da zona do Armazém da INCM..... | 41 |
| Figura 6 – Trajecto dos documentos personalizados, desde a recepção até à expedição..... | 41 |
| Figura 7 – Cassete típica dos CTT..... | 42 |
| Figura 8 – Gaiola rolante metálica..... | 42 |
| Figura 9 – RFID Tunnel Reader..... | 50 |
| Figura 10 – Sistema RFID proposto..... | 53 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Frequências utilizadas por sistemas RFID..... | 20 |
| Tabela 2 – Principais efeitos de materiais nas ondas RF..... | 33 |
| Tabela 3 – Sensibilidade (dBm) de etiquetas RFID UHF passivas..... | 56 |
| Tabela 4 – Características importantes das etiquetas RFID UHF passivas..... | 56 |
| Tabela 5 – Leitores RFID testados..... | 59 |
| Tabela 6 – Plataformas de integração de dados..... | 61 |

Lista de Abreviaturas

3PL – Third Party Logistics

AIDC – Automatic Identification and Data Capture

CDMA – Code Division Multiple Access

CSCMP – Council of Supply Chain Management Professionals

CTT – Correios de Portugal, S.A.

EAN – European Article Numbering

EDI – Electronic Data Interchange

EPC – Electronic Product Code

EPC-IS – Electronic Product Code-Information Service

ERP – Enterprise Resource Planning

ETSI – European Telecommunications Standards Institute

FCC – Federal Communications Commission

FDMA – Frequency Division Multiple Access

HF – High Frequency

HTTP – Hypertext Transfer Protocol

ICMA – International Card Manufacturers Association

IFF – Identify, Friend or Foe

INCM – Imprensa Nacional-Casa da Moeda

ISM – Industrial Scientific Medical

ISO – International Standards Organization

LF – Low Frequency

LHCP – Left Hand Circular Polarization

ONS – Object Name Server

PDA – Personal Digital Assistant

RFID – Radio-frequency identification

SAP – Systemanalyse und Programmentwicklung

SDMA – Space Division Multiple Access

SI – Sistemas de Informação

SKU – Stock Keeping Unit

SOA – Service-Oriented Architecture

TDMA – Time Division Multiple Access

TI – Tecnologias de Informação

TCP/IP – Transmission Control Protocol/Internet Protocol

UCC – Uniform Code Council

UHF – Ultra High Frequency

USB – Universal Serial Bus

WMS – Warehouse Management Systems

1 – Introdução

1.1 – Contextualização e Motivação

Num mundo em que o custo é o factor decisivo em muitas decisões estratégicas, a implementação de uma tecnologia com potencial para gerar poupanças pode assegurar o futuro de uma empresa. Neste sentido, o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias de informação nas empresas despertou um maior interesse pelos conceitos de gestão logística e gestão de armazéns, que têm um papel determinante na estabilidade das operações diárias e apresentam um potencial de lucro a ser explorado (Ding *et al.*, 2008).

A logística pode ser vista como o processo de planeamento, implementação e controlo de procedimentos para o eficaz e eficiente transporte e armazenamento de bens e de informação, a fim de satisfazer as necessidades dos consumidores. Por sua vez, a gestão logística coordena e otimiza todas as actividades ligadas à logística (CSCMP, 2013). Neste sentido, Awuah-Gyawu *et al.* (2015) defendem que a gestão de armazéns e inventário é uma componente vital da gestão logística.

A eficácia da gestão de armazéns pode ser aumentada através do uso de tecnologia de informação, ajudando a garantir operações em armazém mais rápidas, económicas e seguras. Segundo Awuah-Gyawu *et al.* (2015), o uso de tecnologia informática e a transferência electrónica de dados, caracterizados por uma rápida colecção, análise e utilização de dados, ajudou a melhorar os níveis de serviço, a reduzir o nível de inventário, a utilizar eficientemente recursos, a rastrear bens e a reduzir ou mesmo eliminar a ocorrência de erros e a utilização de papel. Assim, as ferramentas de tecnologia de informação podem suportar uma gestão mais eficaz e eficiente de inventário em armazém. Exemplos de algumas ferramentas são os códigos de barras associados a dispositivos de leitura óptica, sistemas de verificação biométrica ou sistemas EDI (trocas de dados electrónicas).

Um outro exemplo é a tecnologia RFID (*Radio-Frequency IDentification* – identificação por radiofrequência), que se engloba no conceito de AIDC (*Automatic Identification and Data Capture*), ou seja, um conjunto de tecnologias que permitem identificar objectos, recolher informação acerca deles, e fornecer essa informação a sistemas de tratamento de dados de forma automática. Em particular, a RFID é uma técnica automática de identificação remota, isto é, sem necessidade de contacto e intervenção humana (Li *et al.*, 2006; Min *et al.*, 2007). Esta tecnologia aumenta drasticamente a capacidade de uma empresa aceder a uma vasta gama de dados sobre a localização e propriedades de uma entidade que possa ser fisicamente etiquetada e monitorizada. Pode ser aplicada a uma grande variedade de tarefas, estruturas, sistemas de trabalho e contextos ao longo da cadeia de valor, incluindo a logística relacionada com *business-to-business*, operações internas, *marketing* e aplicações pós-venda (Curtin *et al.*, 2007).

O objectivo principal da tecnologia RFID é a identificação de objectos em tempo real com etiquetas. Estas emitem mensagens, que são lidas por leitores especializados e contêm informação sobre os objectos a que se referem. As etiquetas são, na sua maioria, pequenas, e podem ser encerradas em diversos materiais. O plástico é um dos mais comuns, e é com ele que se integra RFID em cartões

de identificação, cartões de acesso, cartões de crédito e débito, ou mesmo passes de transportes públicos (Weinstein, 2005). Assim sendo, a RFID pode ser vista como uma maneira simples de obter a identificação única de um item, e, ao ligar a tecnologia a bases de dados cria-se a possibilidade de ter acesso a mais dados sobre os produtos etiquetados (McFarlane e Sheffi, 2003).

Dadas as suas características, a RFID mostra ter um grande potencial para a introdução de melhorias na gestão de armazéns e demais actividades da gestão logística. Concretamente, ao providenciar em tempo real a informação precisa sobre a localização de produtos, assim como as suas características e quantidades, a RFID possibilita a eliminação da contagem manual de inventário, e de erros na selecção/verificação de produtos e expedição de encomendas (Niederman *et al.*, 2007).

O desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação, aliado à redução de preços de componentes de sistemas RFID e à adopção de soluções deste género por grandes retalhistas, como por exemplo a Wal-Mart, tornou esta tecnologia numa das mais procuradas pelas empresas para o rastreamento de itens, gestão de inventário, controlo de acessos e partilha de informação (Bhattacharya *et al.*, 2007).

Apoiada em informações como as acima mencionadas, a secção de logística da Imprensa Nacional-Casa da Moeda (INCM – empresa portuguesa maioritariamente associada ao fabrico de moedas e à publicação do Diário da República) decidiu que a implementação de um sistema RFID no seu armazém poderia eventualmente ser uma boa solução para aumentar a visibilidade e o controlo sobre um determinado tipo de produtos, cuja monitorização é considerada vital mas insuficiente. Os produtos em questão são documentos personalizados, os quais são contados à entrada do Armazém por via de um leitor de códigos de barras e depois separados por tipo e código postal. Porém, a quantidade significativa de documentos deste género que entra no Armazém diariamente torna a sua contagem e monitorização individual impraticável e susceptível a erros humanos, o que contribui para falhas de segurança, acarreta custos desnecessários e pressiona o nível de serviço.

Neste âmbito, a presente Dissertação tem como objectivo principal estudar a viabilidade da implementação de um sistema RFID na INCM. Mais concretamente, identificar e detectar todos os documentos personalizados, substituindo os leitores de códigos de barras na função de verificação e contagem de produtos, a fim de aumentar a visibilidade, a segurança e o controlo sobre estes. Esta Dissertação aborda as principais áreas relacionadas com o assunto, nomeadamente a tecnologia RFID, a gestão logística e de armazéns, e as tecnologias e sistemas de informação. Para que a empresa possa tomar uma decisão informada e sustentada, são igualmente expostas as experiências e conclusões de diversos autores que abordaram situações similares.

1.2 – Objectivos da Dissertação

O principal objectivo desta Dissertação é estudar a viabilidade da implementação de um sistema RFID na INCM. Nomeadamente, identificar e analisar os efeitos da eventual implementação de um sistema RFID para rastreamento de objectos no armazém da INCM, com vista a aumentar a visibilidade e o controlo sobre um determinado tipo de produtos, identificando vantagens, desafios e oportunidades que possam ajudar a empresa a tomar uma decisão mais informada. Para tal, são propostos os seguintes objectivos operacionais para a presente Dissertação:

1. Abordar a tecnologia RFID, explicando o seu funcionamento e principais características, e alertando para a significativa quantidade de possíveis configurações de sistemas que recorrem a esta tecnologia;
2. Fazer uma revisão da literatura existente que aborda casos semelhantes;
3. Compreender e caracterizar o caso de estudo, apresentando a empresa e os processos actuais relacionados com os documentos personalizados;
4. Estudar a viabilidade da implementação de um sistema RFID na empresa, distinguindo as principais vantagens, oportunidades e problemas inerentes;
5. Sugerir soluções para a implementação e apresentar alternativas, tanto em termos de processos como de equipamento.

1.3 – Metodologia de Trabalho

Face aos objectivos propostos para a presente Dissertação, a metodologia de trabalho adoptada encontra-se ilustrada na Figura 1.

Na primeira fase são caracterizados de forma sintetizada o problema em questão e os conceitos centrais necessários para a sua compreensão e abordagem. São também descritos os objectivos principais deste trabalho, assim como a metodologia adoptada para os atingir.

Na segunda fase é levada a cabo uma revisão da literatura, abrangendo os tópicos relevantes para o presente trabalho: tecnologias e sistemas de informação, gestão logística, gestão de armazéns e tecnologia RFID.

A terceira fase assenta na caracterização do caso em estudo, com uma descrição mais pormenorizada da empresa.

Na quarta fase é analisada a aplicação da tecnologia ao caso em questão. São identificados os principais desafios e obstáculos presentes numa eventual implementação de um sistema RFID na Imprensa Nacional-Casa da Moeda e posteriormente sugeridas soluções e analisadas alternativas, tudo com o fim de apoiar a empresa nas suas decisões.

A quinta e última fase consiste no resumo dos principais resultados, na elaboração de conclusões e na identificação dos aspectos limitativos da Dissertação, bem como de futuras orientações.

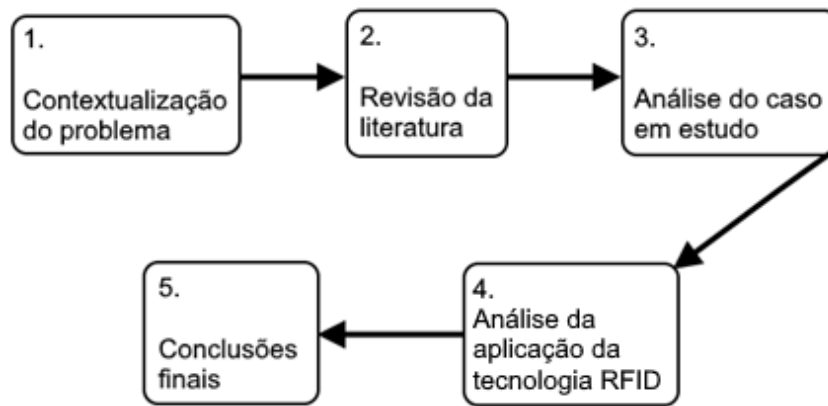


Figura 1 – Etapas da Dissertação

1.4 – Estrutura da Dissertação

O presente trabalho está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 1 – O presente capítulo. É apresentada a contextualização e a motivação do problema, bem como a metodologia adoptada na sua abordagem e os objectivos deste Projecto;
- Capítulo 2 – Realiza-se uma revisão de literatura, a fim de permitir uma melhor compreensão do tema em estudo. Abordam-se as tecnologias e sistemas de informação, gestão logística, gestão de armazéns e as principais características operacionais da tecnologia RFID. Neste capítulo pretende-se ainda identificar possíveis vantagens, desvantagens, desafios e oportunidades na implementação de um sistema RFID, utilizando como base casos práticos descritos por diversos autores;
- Capítulo 3 – Caracteriza-se o caso em estudo. Este inicia-se com uma breve apresentação da empresa, seguida da definição do caso em questão. É descrito o trajecto que os produtos fazem desde que saem da Produção até à sua entrega às empresas transportadoras, e também o processo de controlo dos mesmos;
- Capítulo 4 – O caso em questão é analisado com mais detalhe, sobretudo no que toca à viabilidade da implementação de um sistema RFID nos moldes sugeridos pela INCM. A aplicação da tecnologia RFID ao caso específico da empresa é estudada, e são também apresentadas alternativas. Por fim, é sugerido um sistema que sirva de guia para a implementação, bem como o material que o poderá compor, tendo por base alguns testes práticos efectuados por diversos autores.
- Capítulo 5 – É elaborado um resumo do trabalho efectuado, realçando as maiores vantagens e desvantagens da introdução de RFID na INCM, os desafios inerentes ao desenho e implementação de um sistema, e as principais conclusões. São igualmente

identificadas as limitações encontradas na elaboração do presente trabalho, bem como o seu efeito para as conclusões finais.

2 – Estado da Arte

2.1 – Introdução

Tal como foi referido anteriormente, o principal objectivo desta Dissertação é o estudo da implementação de um sistema RFID no armazém da Imprensa Nacional-Casa da Moeda. Para tal, são abordados no presente capítulo os seguintes temas considerados relevantes para a compreensão do problema:

- Tecnologias e Sistemas de Informação
- Gestão Logística
- Gestão de Armazéns
- RFID

Segue-se um levantamento das principais conclusões e recomendações de alguns autores que estudaram tópicos semelhantes e abordaram situações similares, que podem ajudar a perceber as principais oportunidades e desafios inerentes.

2.2 – Tecnologias e Sistemas de Informação

A falta de informação numa empresa pode ter um impacto negativo no que toca à maximização do lucro e até no próprio funcionamento da mesma. Sem acesso a informação, as empresas não têm como competir de forma sustentada numa economia de mercado. Através da informação as empresas conseguem saber as necessidades dos mercados onde se inserem, desenhar e planear acções e processos, e determinar a melhor forma de entregar os seus produtos e serviços (Grabara *et al.*, 2014).

Há uma relação positiva entre o uso de Tecnologias de Informação (TI) e o desempenho das empresas – o impacto é positivo e até maior do que o sentido pelo investimento em publicidade. Ao permitir que as empresas consigam ir de encontro às necessidades dos seus clientes de forma mais fácil (através do maior conhecimento sobre padrões, hábitos de consumo e necessidades por colmatar), as tecnologias de informação possibilitam a captura e utilização da informação para otimizar, entre outros, os processos de encomendas, produção e entrega de produtos e serviços (Mithas *et al.*, 2012). Neste sentido, a existência de tecnologia e sistemas apropriados para a gestão de operações logísticas pode resultar na criação de valor (Ketikidis *et al.*, 2008).

Segundo Alshawi (2001), a adopção de TI é um dos mais importantes desafios com que as empresas de produção e serviços se deparam. As Tecnologias de Informação podem ser vistas como recursos de base tecnológica, que incluem *hardware*, *software*, e sistemas periféricos e de comunicação. De acordo com Davenport e Short (2003), as TI são usadas como ferramenta de análise e modelação, e os engenheiros industriais são os maiores responsáveis pela sua aplicação em ambientes industriais.

A utilização de TI na indústria acontece sobretudo nas áreas de modelação de processos, controlo e calendarização de produção, logística e sistemas de informação para gestão de materiais.

As TI possibilitam a redução ou até mesmo a eliminação de intervenção humana num processo, a transferência rápida e fácil de informação a grandes distâncias (tornando os processos independentes da área geográfica), a aplicação de processos analíticos complexos, a mudança na sequência de tarefas num processo, a existência de várias tarefas a serem executadas em simultâneo, e uma melhor gestão da informação, capturando e disseminando informação detalhada sobre os processos (Davenport e Short, 2003). Powell e Dent-Micallef (1997) alegam, todavia, que as TI, por si só, não garantem vantagens sustentáveis, embora tenham chegado à conclusão que houve empresas a ganhar vantagens no seu desempenho ao usar as TI para alavancar recursos intangíveis e complementares, como as relações com os fornecedores, cultura flexível e planeamento estratégico.

As empresas fazem grandes investimentos em tecnologias de informação sobretudo no sentido de aumentarem a sua eficiência. Porém, quando se discute o valor real dos investimentos em TI, as opiniões divergem. Estes investimentos podem até levar à redução de custos e ao aumento da qualidade do serviço, mas por si só raramente são suficientes para extrair todo o potencial das TI na melhoria do desempenho das empresas. É preciso investir em outras áreas, como mudanças organizacionais, conhecimento, rotinas de trabalho e novos processos (Wamba *et al.*, 2008).

O conceito de Sistemas de Informação (SI) é mais amplo que o de TI, e engloba um conjunto de processos da empresa que apoiam a recolha de informações dos fornecedores, o que, por consequência, envolve interação humana. Estes sistemas são responsáveis pela forma como o fluxo de informação vai de encontro às necessidades da empresa, e, quando são computadorizados, a informação é processada através de ferramentas IT (Alshawi, 2001).

As empresas usam SI para adquirir, interpretar, reter e distribuir informação (Huber, 1991). As inovações em tecnologias de informação continuam a melhorar a capacidade das empresas fazerem isso mesmo, com uma cada vez melhor relação entre custo e desempenho. Sistemas de gestão do conhecimento permitem aos gestores a interpretação dos dados e a criação de informação útil. Melhoramentos técnicos em material de armazenamento de dados permitem às empresas a acumulação de grandes armazéns de dados, e o aumento da capacidade de processamento permite aos gestores procurar de forma cada vez melhor a informação útil sobre as suas operações, clientes e potenciais mercados a explorar. Para além disso, os avanços em sistemas de recolha de informação em tempo real e de suporte à decisão promovem a pronta tomada de decisões e possibilitam um melhor desempenho operacional das empresas (Curtin *et al.*, 2007).

Grabara *et al.* (2014) referem a importância crescente dos SI na realização dos processos das empresas, dadas as soluções existentes para a aquisição e transmissão de informação de forma rápida e quase contínua. Assim sendo, os SI são vistos como um conjunto de *hardware*, *software*, pessoas e procedimentos de troca ou recolha de informação (Alshawi, 2001).

2.3– Gestão Logística

Com origem na palavra grega *logos* (significando rácio, cálculo ou razão, entre outros), a palavra logística nem sempre teve o significado que hoje lhe é normalmente atribuído – *business logistics*, ou logística empresarial (Islam *et al.*, 2013).

A logística nasceu na disciplina militar com a criação de divisões nos exércitos que tinham por função o abastecimento de armas, munições e rações, mais todo o suporte necessário para o seu transporte e acondicionamento. Das suas raízes militares, a importância dada à logística veio crescendo a um ritmo lento, sendo actualmente considerada um dos tópicos mais importantes para as empresas. De acordo com Harrison e van Hoek (2005), o crescimento lento deve-se ao facto de ser uma disciplina interfuncional, recebendo contributos de marketing, finanças, operações e estratégia empresarial, e também ao facto de se estender para lá das fronteiras das próprias empresas, emergindo no conceito de cadeias de abastecimento. Para estes autores, a logística é vista como a gestão de dois fluxos principais: o fluxo de bens materiais desde os fornecedores até aos consumidores, e o fluxo de informação sobre a procura e a oferta, a fim de planear e controlar o fluxo de bens.

De forma um pouco mais extensa, o Conselho de Profissionais de Gestão de Cadeias de Abastecimento (CSCMP, 2013), a principal associação mundial de profissionais da área, define a logística como o processo de planeamento, implementação e controlo de procedimentos para o eficaz e eficiente transporte e armazenamento de bens (matérias primas, partes e produtos acabados), incluindo serviços associados e informação relativa, desde a origem até ao ponto de consumo, a fim de satisfazer as necessidades dos consumidores. A gestão logística é vista como integradora, já que coordena e otimiza todas as actividades ligadas à logística, e também as integra com outras funções, como marketing, vendas, produção, finanças e tecnologias de informação. As actividades típicas da gestão logística incluem a gestão de transporte de bens de e para a empresa, gestão de frotas, armazenagem, manuseamento de materiais, cumprimento de encomendas, projecto da rede logística, gestão de inventário, planeamento de procura e oferta e a gestão de fornecedores de serviços 3PL (*Third Party Logistics* – empresas subcontratadas para a realização de tarefas e actividades logísticas). A definição também inclui, com graus de variabilidade, as actividades de abastecimento e compras, produção e calendarização de produção, empacotamento, montagem e serviços ao cliente.

Para Mangan *et al.* (2008), logística envolve levar o produto certo, na quantidade certa, na qualidade certa, da maneira certa, no sítio certo, na hora certa, para o consumidor certo e ao preço certo. Rushton *et al.* (2014) definem logística como a transferência eficiente de bens desde a origem até ao consumidor final, de maneira económica e de forma a providenciar um serviço aceitável ao cliente. Referem igualmente que os grandes desafios da logística se prendem com o equilíbrio necessário entre os custos logísticos totais e a necessidade de alcançar o nível de serviço pretendido pelo cliente. Sob este ponto de vista, o conceito de logística pode ser entendido como um conjunto de *trade-offs*.

Para garantir níveis de serviço com este tipo de exigência sem perder o equilíbrio financeiro, torna-se essencial ter acesso a informação que possibilite o planeamento eficaz deste tipo de actividades. Assim, a existência de sistemas de informação de logística pode melhorar o fluxo de informação, integrar todas as unidades dentro de um processo ou de uma cadeia de abastecimento, e assegurar decisões mais certeiras, o que garante operações mais eficazes e eficientes (Gunasekaran e Ngai, 2004; Howden, 2009). Embora as empresas decidam implementar sistemas e tecnologias de informação (não só em logística mas também ao nível das cadeias de abastecimento) sobretudo para aumentar a sua flexibilidade e capacidade de resposta perante as mudanças de mercados cada vez mais integrados, competitivos e globais, o custo continua a ser um factor chave na competitividade.

Por se tratar da implementação de um sistema RFID num armazém para controlar produtos acabados de sair da produção, o âmbito do presente trabalho relaciona-se, sobretudo, com o processo de *Outbound Logistics*, ou seja, o armazenamento e distribuição de bens desde o fim da linha de produção até ao consumidor final (CSCMP, 2013).

2.4– Gestão de Armazéns

A utilização de armazéns pelo Homem tem-se verificado ao longo da História. As populações mantinham reservas de comida e animais para fazer face a situações de emergência e escassez, e ao longo do tempo a armazenagem passou a estar ligada com as actividades comerciais, o transporte de bens e a manufactura. Com o aparecimento de rotas comerciais internacionais, o papel dos armazéns também passou a incluir a organização dos produtos envolvidos nas trocas, e o primeiro grande armazém comercial foi construído em Veneza, uma cidade portuária e grande centro de rotas comerciais. Desde então, e passando por alturas de transformação como a Revolução Industrial e as duas Guerras Mundiais, a gestão de armazéns tornou-se uma competência essencial e uma arma estratégica utilizada por muitas empresas para melhorar a sua posição competitiva (Tompkins e Smith, 1998).

De acordo com Bartholdi e Hackman (2011), os armazéns servem dois propósitos principais: a de melhorarem a capacidade de resposta face à eventual variabilidade da procura (permitindo a acumulação de inventário quando a procura desce e a rápida capacidade de satisfazer pedidos quando aumenta) e a de reduzir custos de transporte e de produção através da consolidação de quantidades, aumentando o nível de serviço. Poon *et al.* (2009) são da opinião que os armazéns funcionam como ligações importantes entre as entidades a montante (produção) e a jusante (distribuição) na cadeia de abastecimento. Richards (2014) declara que os armazéns são uma parte crucial da cadeia de abastecimento moderna, garantindo que o produto certo é entregue na quantidade certa, em boas condições, na altura pretendida e com o mínimo de custos – em suma, uma encomenda perfeita.

A actividade de um armazém engloba movimentações de itens de e para o próprio armazém (figura 2). Este fluxo de produtos pode ser dividido em fases ou processos distintos (Rouwenhorst *et al.*, 2000). Por ordem, estes são:

- Recepção – os produtos chegam ao armazém e são descarregados. O registo do inventário é actualizado e é feita uma inspecção para avaliar se o que chegou veio na quantidade certa e em boas condições (De Koster *et al.*, 2007);
- *Put-away* – Os produtos são transferidos para os seus respectivos lugares de armazenagem. Esta fase pode também incluir o desempacotamento dos produtos (De Koster *et al.*, 2007);
- Armazenagem – Os produtos são colocados nos lugares que lhes foram alocados para serem armazenados (Rouwenhorst *et al.*, 2000);
- *Order-picking* – É a maior actividade na maioria dos armazéns, e corresponde a obter a quantidade certa dos produtos certos para satisfazer um determinado conjunto de encomendas (De Koster *et al.*, 2007). Este processo pode ser feito de forma automática ou manual, ao qual se pode seguir o processo de consolidação, no qual se dividem e agrupam produtos diferentes destinados aos mesmos clientes (Rouwenhorst *et al.*, 2000);
- Expedição – As encomendas são verificadas, empacotadas e posteriormente carregadas nos veículos que as transportarão para fora do armazém (Rouwenhorst *et al.*, 2000).

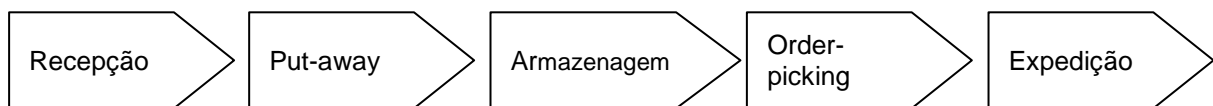


Figura 2 – Fases que compõem o fluxo de produtos em armazém (adaptado de De Koster *et al.*, 2007 e Rouwenhorst *et al.*, 2000)

Convém fazer referência à actividade de *cross-docking*, em que os produtos recebidos são transferidos directamente para a zona de expedição, podendo requerer um curto tempo de armazenagem mas sem necessitarem de *order-picking* (De Koster *et al.*, 2007).

Com isto em mente, um armazém pode ser distinguido consoante o fornecedor dos bens que recebe e o cliente a quem os entrega. São reconhecidos os armazéns de matérias-primas e os de produtos acabados. As actividades de ambos são idênticas; a única diferença entre os dois tipos é que o que armazena matérias-primas recebe os bens de uma fonte exterior e entrega-os a um consumidor interno, enquanto o de produtos acabados recebe os bens de uma fonte interna e entrega-os a um consumidor externo. De igual modo, também existem armazéns que guardam inventário entre dois processos diferentes (recebem e entregam bens internamente) e armazéns de distribuição, que recebem e entregam bens a entidades externas (Tompkins e Smith, 1998). Bartholdi e Hackman

(2011) criam outro tipo de categorias, distinguindo centros de distribuição a retalho (entregam os produtos a retalhistas), centros de distribuição de peças de serviço (armazenam peças e outro tipo de material utilizado na construção de carros, aviões, computadores ou equipamento médico, por exemplo), armazéns 3PL, armazéns de produtos frescos (como comida, plantas ou vacinas, por exemplo) e armazéns ao serviço de catálogos ou comércio electrónico, em que as encomendas são feitas pela internet, fax ou telefone. No caso abordado por este projecto, o armazém em causa não só contém matérias-primas fornecidas por entidades exteriores, prontas para serem entregues internamente à área produtiva, como também produtos acabados a serem entregues aos clientes.

Hompel e Schmidt (2006) descrevem a gestão de armazéns como a arte de operar um armazém de forma eficiente, com bom desempenho logístico e custos minimizados. Awuah-Gyawu *et al.* (2015) defendem que a gestão de armazéns e inventário é uma componente vital da gestão logística. Van den Berg (2007) vai mais além e introduz o conceito de *Integral Warehouse Management*, isto é, a gestão de armazéns integral. Segundo este autor, o armazém ou centro de distribuição é uma parte integral da cadeia de abastecimento logística, já que é a entidade que detém o inventário. Assim, a gestão de armazéns é vista como a tentativa contínua de operar e melhorar os seus processos, a sua estrutura organizacional e a utilização de tecnologia de informação, assim como a colaboração com os restantes parceiros da cadeia de abastecimento. Também Tompkins e Smith (1998) vêem o planeamento envolvido na gestão de um armazém como uma actividade contínua, já que o ambiente económico em que se encontra é dinâmico e mutável. Consequentemente, para que um armazém atinja os seus objectivos, os seus gestores têm de estar sempre atentos aos recursos disponíveis e moldá-los consoante as necessidades, isto é, devem maximizar a utilização dos seus recursos ao mesmo tempo que satisfazem as necessidades dos clientes.

Segundo estes últimos autores, os recursos de um armazém são o espaço físico, o equipamento e os trabalhadores. Porém, as necessidades dos clientes são a recepção do produto certo, na hora e sítio certos, da forma certa. Por conseguinte, para que um armazém tenha sucesso, tem de maximizar o uso eficiente do seu espaço e equipamento, o eficiente trabalho do seu pessoal, a fácil acessibilidade a todos os itens e a sua protecção.

Para Van den Berg e Zijm (1999), as forças do mercado e os desenvolvimentos tecnológicos na movimentação de materiais afectaram as operações em armazém de forma significativa. Hoje em dia as empresas tentam ter altos níveis de produção e distribuição com o mínimo de inventário, tendo encomendas com prazos cada vez mais apertados. Isto provocou uma mudança no sentido de haver entregas mais frequentes de uma cada vez maior variedade de SKU (*stock keeping units*), embora em menor quantidade e no menor tempo possível. Neste sentido, tornou-se essencial integrar a gestão de armazéns com sistemas informáticos de apoio à decisão, chamados *Warehouse Management Systems* (WMS), ou sistemas de gestão de armazéns. Estes sistemas facilitam a gestão de inventário e o registo, planeamento e controlo dos processos e actividades do armazém.

As situações tipicamente mais abordadas no planeamento de um armazém são a gestão do inventário e a atribuição de locais de armazenamento. A primeira pode reduzir os custos, no sentido em que uma gestão eficaz pode garantir um alto nível de serviço com recurso a menos inventário, o

que significa menos custos de armazenamento e um aumento na eficiência de *order-picking*. A segunda pode diminuir os tempos médios de movimentação, armazenamento e *picking* de produtos, bem como facilitar a movimentação dos trabalhadores, eliminando focos de trânsito. Por outro lado, o controlo de processos lida maioritariamente com problemas de sequenciamento de operações de armazenamento e *picking*.

2.5 – RFID

A tendência actual em automação industrial é a de evolução para a identificação rápida e em tempo real, melhorando ainda mais o nível de precisão necessário para a monitorização contínua. O interesse por parte das empresas na adopção de RFID cresce a um ritmo elevado, uma vez que sistemas baseados nesta tecnologia disponibilizam a visibilidade de objectos em tempo real com precisão. Isto possibilita saber a identificação e localização contínuas de todos os itens e, conseqüentemente, permite a gestão dos dados em tempo real em vez de providenciar apenas “fotografias” instantâneas (Penttilä *et al.*, 2006). Isto é conseguido de forma relativamente simples, associando uma entidade electrónica a um objecto (Hodges *et al.*, 2007).

A tecnologia RFID tem origem nas técnicas utilizadas na Segunda Guerra Mundial, que permitiam a identificação de aeronaves como aliadas ou inimigas (IFF – *Identification: Friend or Foe*). Até aos dias de hoje, embora se tenham verificado avanços tecnológicos, os princípios básicos de identificação por radiofrequência não mudaram muito (Hassan e Chatterjee, 2006). A partir dos anos 70 do século XX, comercializaram-se etiquetas para rotular animais através da Amtech Corporation. Nos anos 80 introduziram-se as etiquetas que permitiam a identificação de veículos em portagens, e começaram a ser usadas aplicações industriais para automação de produção e rastreamento de produtos. No início da década de 90, a indústria de caminhos-de-ferro da América do Norte implementou a tecnologia da Amtech Corporation para seguir mais de 30.000 locomotivas e 1,2 milhões de carruagens. No entanto, o uso de RFID tornou-se mais visível a partir do momento em que a Wal-Mart e o Departamento de Defesa dos Estados Unidos, organizações de grande dimensão, começaram a pedir que os carregamentos dos seus produtos fossem identificados com recurso a esta tecnologia (Niederman *et al.*, 2007).

O racional principal por detrás da tecnologia RFID é o de marcar objectos com etiquetas. Estas emitem mensagens, que são captadas e lidas por leitores especializados. Por se tratar de comunicação através de ondas rádio, este processo não requer uma linha de visão entre as etiquetas (entidades interrogadas) e os leitores (aparelhos interrogadores). As etiquetas contêm um número de identificação, como o número de um cliente ou o código de uma SKU (*Stock Keeping Unit* – unidade mantida em inventário) de um determinado produto, por exemplo, mas também podem guardar mais informação (Weinstein, 2005).

Há uma grande variedade de configurações diferentes para sistemas RFID, cada uma virada para satisfazer uma necessidade diferente. Hassan e Chatterjee (2006) propõem uma classificação dos sistemas RFID com recurso a quatro dimensões diferentes: utilização, física, frequência e dados.

Relativamente à primeira dimensão, a utilização, os sistemas RFID podem pertencer a uma de duas categorias: monitorização e autorização. Os primeiros permitem saber a localização e/ou composição de determinados objectos, animais ou pessoas, e caracterizam-se pela natureza indissociável entre a etiqueta e a entidade a que se refere. Os segundos formam um complemento adicional aos sistemas tradicionais de autorização, através da aplicação de etiquetas em chaves, bilhetes ou cartões de acesso.

A dimensão física inclui as etiquetas, os leitores e os seus subcomponentes respectivos. Este tópico é desenvolvido nas secções 2.5.1 e 2.5.2.

Em relação à frequência, é importante referir que a gama utilizada influencia significativamente a escala do sistema. Este tópico está explicado de uma forma mais abrangente na secção 2.5.3.

Por último, relativamente à quarta dimensão (dados), o tipo de dados e a maneira como são processados é uma parte fulcral para o funcionamento de qualquer sistema RFID. Cada etiqueta contém um determinado número de bits que têm a informação a si relevante. Estes bits passam por processos de extracção, descodificação, filtração, análise e *feedback* num curto espaço de tempo, que envolvem *hardware* (etiquetas e leitores), *software* e sistemas informáticos. Este tópico é exposto com mais detalhe na secção 2.5.4.

2.5.1 – Etiquetas RFID

De forma resumida, uma etiqueta RFID é um conjunto composto por um *chip* ou um circuito integrado e uma antena que recebe e transmite ondas rádio, juntos e encapsulados. Estes conjuntos são colocados em entidades, como objectos ou animais, e permitem a identificação destes perante a presença de leitores. Isto é feito através da comunicação da informação em si contida por via de radiofrequência (Ward *et al.*, 2006).

As etiquetas existem em diversos tamanhos e formatos. Segundo Hassan e Chatterjee (2006), podem ser classificadas de acordo com os seguintes critérios:

Fonte de energia

Etiquetas alimentadas através de um campo indutivo gerado por um leitor são chamadas passivas; se tiverem alimentação interna através de uma bateria são etiquetas activas. Estas são, regra geral, mais caras que as passivas, já que podem ser lidas a maiores distâncias, o que implica um maior nível de sofisticação, como a inclusão de transmissores e algoritmos de coordenação aquando da leitura de várias etiquetas em simultâneo. Há também etiquetas semi-passivas, que têm uma bateria a alimentar o seu microprocessador mas não o transmissor.

Ambiente de funcionamento

A temperatura e a humidade influenciam o funcionamento das etiquetas, limitando o seu desempenho. Os seus fabricantes incluem nas especificações intervalos de temperatura e humidade ideais para funcionamento e armazenagem.

Antena

As antenas captam os sinais emitidos pelos leitores e, no caso de as etiquetas serem passivas, conduzem a energia destes para alimentar as próprias etiquetas. As dimensões das antenas, bem como o seu formato, determinam o intervalo de frequências que captam e influenciam a sua *performance*.

Normas

As normas ou padrões são importantes, uma vez que estabelecem níveis de qualidade, segurança, compatibilidade, fiabilidade, produtividade e eficiência de produtos. Ao determinar soluções uniformes e garantir a interoperabilidade de produtos, os padrões criam um método de comunicação unificado para os fabricantes e os consumidores (Aguirre, 2007).

O aumento do uso comercial de RFID nos anos 90 do século XX levou ao surgimento de várias acções no sentido de criar padrões e normas que regularizassem as actividades e o funcionamento dos equipamentos. A maior parte foi feita pela ISO (Organização Internacional de Padrões) e pela IEC (Comissão Electrotécnica Internacional). Em 1999, a EAN International (Europa) e o UCC (Estados Unidos), as duas organizações responsáveis pelas normas dos códigos de barras e ambas agora conhecidas como GS1, criaram o Auto-ID Center no MIT, com o intuito de desenvolver um padrão global de RFID chamado EPC (Chawla e Ha, 2007). Para desenvolver, suportar e promover a adopção global da RFID e do padrão EPC, o Auto-ID Center desenvolveu a rede EPCglobal (Curtin *et al.*, 2007).

O EPC é um identificador único atribuído a objectos, unidades de carga, locais e outras entidades identificáveis que tenham impacto num negócio. Estes códigos podem ter várias representações, como as formas binárias codificadas em etiquetas RFID e as formas de texto que permitem a partilha de informação entre sistemas de informação das empresas (<http://www.gs1.org/epc-rfid>, 14/11/2016). Quando um EPC, que tem um determinado número de bits (entre 64 e 128), é incorporado numa etiqueta e um leitor identifica essa etiqueta, a informação a ela relativa é transmitida ao *middleware*, situado entre os leitores e os sistemas de gestão das empresas. Este *middleware* filtra e agrega informação, e interage com o EPC-IS e o ONS local. O EPC-IS armazena e disponibiliza o acesso em tempo real a qualquer código EPC pela internet, funcionando como uma ponte entre as bases de dados internas das empresas e as entidades interessadas em aceder à informação contida nas etiquetas (Wamba *et al.*, 2008).

No caso específico da RFID, as normas são importantes para potenciar o uso da informação, e a padronização facilita a integração desta tecnologia com soluções e sistemas já existentes. Assim, as etiquetas devem funcionar de acordo com determinados parâmetros definidos por normas internacionais. A ISO tem já criadas mais de 180 especificações detalhadas, divididas e agrupadas em séries. As normas EPC focam-se sobretudo na gestão de cadeias de abastecimento, definindo metodologias para a captação, transferência, armazenamento e acesso a dados de sistemas RFID. Estas ganharam força quando a Wal-Mart as adoptou para uso com os seus fornecedores, e, desde então, vários outros retalhistas de grandes dimensões juntaram-se à iniciativa. O Departamento de Defesa dos Estados Unidos também requereu que os seus fornecedores as seguissem (Niederman *et al.*, 2007).

A norma EPCglobal providencia uma estrutura para classificar as etiquetas, baseada no seu tipo de operação e funcionalidade. Classe 1 é a que agrupa as etiquetas menos sofisticadas – as etiquetas passivas que podem ser programadas apenas uma vez. Etiquetas de Classe 2 são também passivas, mas suportam várias operações de escrita e podem ter mais funcionalidades, como encriptação ou memória. Classe 3 representa etiquetas semi-passivas (incluem uma bateria que alimenta o circuito integrado mas não têm um transmissor incluído). Etiquetas activas estão nas Classes 4 e 5, e incluem bateria e transmissor. São capazes de comunicar com outras etiquetas activas e não precisam da energia dos leitores. As de Classe 5, para além disso, conseguem transmitir potência e activar outras etiquetas (Ramakrishnan e Deavours, 2006). Como nota, convém referir que a nomenclatura da EPC já incluiu uma Classe 0, que foi posteriormente agrupada com a Classe 1, passando a ser incluída nesta (Ward *et al.*, 2006; Bolan, 2008). Embora ambas fizessem referência a etiquetas passivas, a antiga Classe 0 representava etiquetas cuja identificação era programada na altura de fabrico (apenas podiam ser lidas), enquanto a antiga Classe 1 tratava de etiquetas cuja identificação podia ser programada posteriormente.

Memória

As etiquetas podem ter memória ou não. Etiquetas sem memória apenas conseguem indicar a sua presença na presença de um leitor, mas são mais baratas. Etiquetas com memória podem ser divididas em dois tipos: passíveis de serem lidas e escritas, ou apenas lidas. Das primeiras, há etiquetas que apenas permitem a escrita uma única vez, enquanto outras têm capacidade para suportar a escrita mais vezes. Etiquetas com uma maior capacidade de memória podem armazenar mais informação para além da sua identificação única, como medidas e localização. Actualmente, as etiquetas passivas contêm memórias com um tamanho relativamente pequeno, o que limita a informação que guardam a pouco mais do que o seu código de identificação e historial. Porém, a tendência é para que, dado o contínuo aperfeiçoamento da tecnologia, a capacidade das etiquetas vá aumentando, assim como a quantidade de informação que podem guardar e transmitir (Weinstein, 2005).

Lógica

As etiquetas podem não ter qualquer capacidade de processamento, como, por exemplo, etiquetas colocadas em artigos de lojas e que ajudam a prevenir roubos. Há igualmente etiquetas com processadores de estado finito, que suportam algum nível de criptografia. Por fim, há etiquetas que contêm microprocessadores, com capacidades de processamento variadas consoante as necessidades. Por norma, os microprocessadores existem em etiquetas activas (que têm bateria incluída), já que podem necessitar de mais energia do que aquela que os leitores conseguem fornecer.

Método de aplicação

As etiquetas podem ser anexadas, removíveis, embutidas ou transportadas. As primeiras e as segundas diferem apenas na capacidade de reutilização por parte das segundas, ao passo que as primeiras, após a sua aplicação num objecto, apenas podem referir-se a esse mesmo objecto. Etiquetas embutidas são feitas para se tornarem parte integral da entidade que ajudam a monitorizar, como aquelas que são introduzidas subcutaneamente em animais, por exemplo. Etiquetas transportadas referem-se àquelas que se encontram em cartões ou passes de transporte, por exemplo, e que servem principalmente uma função de autorização.

2.5.2 – Leitores RFID

Ao contrário da maioria dos métodos de recolha de dados, a tecnologia RFID não requer intervenção humana. Em particular, os leitores representam uma maneira não intrusiva de capturar dados para efeitos de visibilidade, documentação de acontecimentos, garantia de qualidade e segurança (ODIN Technologies Labs, 2007).

Os leitores RFID são aparelhos interrogadores, que captam as informações transmitidas pelas etiquetas. As suas características podem ser divididas em cinco categorias (Hassan e Chatterjee, 2006):

Polarização

Um leitor pode gerar um de dois tipos de campos electromagnéticos, linear e circular. Leitores circulares criam campos indutivos não direccionais, alimentando e interrogando etiquetas sem uma orientação específica. O padrão circular das suas ondas aumenta a probabilidade de captura do sinal por parte das etiquetas, mas o alcance do sinal é menor do que no caso dos leitores lineares. Leitores lineares geram campos focados e orientados, que permitem um maior alcance e capacidade de penetração. Neste caso, porém, as etiquetas devem estar orientadas numa determinada direcção para receberem o seu sinal.

Antenas

A antena de um leitor pode estar incluída dentro dos seus circuitos internos ou ser ligada externamente a uma ou mais portas de antena.

Protocolos

Há leitores que usam apenas um protocolo, isto é, conseguem comunicar com etiquetas baseadas só em normas da ISO ou só da EPC. Outros, chamados leitores multiprotocolo, conseguem comunicar com etiquetas dos dois tipos;

Interface

Leitores RFID podem ser integrados com sistemas informáticos de gestão já existentes nas empresas, como o caso de *software* ERP, por exemplo. A ligação pode ser feita através de uma variedade de meios, como Wi-Fi, Ethernet ou portas USB. Isto possibilita a transmissão de informação do leitor para o sistema e vice-versa. Por exemplo, o leitor poderia ser ligado e desligado através de sinais enviados pelo servidor do sistema;

Portabilidade

Os leitores podem ser portáteis ou fixos. Os primeiros, passíveis de serem transportados à mão e utilizados por um trabalhador onde houver necessidade, podem incluir antena interna, *User Interface* e capacidade de transmissão e recepção de dados através de tecnologia sem fios, como Wi-Fi, por exemplo. Os leitores fixos podem ser multiportas, ou seja, conseguem ler sinais de várias etiquetas situadas em locais diferentes em simultâneo, desde que as suas antenas estejam ligadas a portas de antena por via de cabos. Leitores fixos também podem vir em formato de pórtico, detectando todas as entidades etiquetadas que por eles passam.

Os leitores RFID são aparelhos que transmitem e recebem dados simultaneamente. Assim, para uma eficaz detecção dos sinais transmitidos pelas etiquetas, é vital haver um bom isolamento entre os canais de transmissão e recepção. A configuração das antenas dos leitores é um factor importante para definir esse isolamento. Neste campo, as duas opções principais são as configurações mono-estática e bi-estática, e um leitor pode mudar de uma para a outra. Em ambos os casos, porém, a presença de objectos perto das antenas pode degradar bastante o funcionamento destas, bem como o isolamento entre os canais de transmissão e recepção.

A configuração bi-estática assenta na utilização de antenas diferentes para as operações de transmissão e recepção, separadas fisicamente e/ou com diferentes polarizações. Leitores nesta

configuração utilizam maioritariamente antenas com polarização circular e opostas entre si (RHCP e LHCP), o que diminui os efeitos do enfraquecimento do sinal. Por outro lado, configurações mono-estáticas fazem uso de um isolador de RF (radiofrequências) e uma única antena para transmitir e receber dados. Na maioria dos casos, esta configuração não assegura um isolamento entre os canais tão eficaz como a bi-estática. Todavia, a escolha pode recair nesta configuração em casos de constrangimentos de espaço ou capacidade limitada para usar mais antenas, como, por exemplo, no caso dos leitores portáteis (Nikitin e Rao, 2008).

2.5.3 – Frequências Utilizadas

A RFID é fundamentalmente baseada em comunicação sem fios através da utilização de ondas rádio. O alcance de leitura e captação de sinais, a velocidade de emissão e recepção de dados, a capacidade de penetração de superfícies (algumas frequências penetram melhor em fluidos) e a interoperabilidade estão directamente ligados à gama de frequências escolhida.

A maioria dos sistemas RFID opera em bandas de frequência específicas ISM (Industriais Científicas Médicas, do inglês *Industrial Scientific Medical*), que ocupam porções do espectro desde as baixas frequências até às Micro-ondas. O mais verificado é a existência de sistemas a operar em UHF (frequências ultra altas), ocupando bandas diferentes, de acordo com as regulações específicas de cada país ou região. Na maioria dos casos, a escolha por UHF tem a ver com a maximização da distância de leitura das etiquetas (Ramakrishnan e Deavours, 2006).

As hipóteses existentes estão resumidas na tabela 1. Pelo que se pode observar na tabela, as frequências mais altas permitem maiores alcances de leitura e escrita (tipicamente o alcance de leitura é maior do que o alcance de escrita). Porém, não são indicadas para utilização em situações que envolvam fluidos ou ambientes muito húmidos. Para além da água, o metal também pode prejudicar o desempenho de um sistema RFID, e o efeito negativo é tanto mais significativo quanto maior for a frequência usada. Consequentemente, sistemas que operem nas bandas UHF ou Micro-ondas são os que mais sofrem com este tipo de material (Chawla e Ha, 2007).

Por outro lado, convém referir que as frequências mais altas possibilitam maiores velocidades de transferência de dados, quando comparadas com as mais baixas (Hassan e Chatterjee, 2006). Como nota, realça-se que as frequências na banda de micro-ondas são as mais resistentes a campos electromagnéticos fortes, como aqueles criados por motores eléctricos ou sistemas de soldadura, por exemplo.

Os leitores RFID podem estar equipados com a capacidade de captar sinais em mais do que uma frequência, embora também haja aqueles que só recebem sinais numa única. As etiquetas podem responder ao sinal dos leitores numa variedade de gamas. Há etiquetas que enviam a resposta em frequências que são uma fracção daquela em que receberam o sinal, outras em que são um múltiplo da do sinal. Há igualmente etiquetas que respondem na mesma frequência que recebem, bem como outras que o fazem numa frequência independente da do leitor.

| Banda de frequências | Gama de frequências | Alcance | Uso tradicionalmente associado | Leitura de Várias Etiquetas | Tamanho das Etiquetas | Desempenho Perto de Água e/ou Metal |
|----------------------|---------------------|----------------|---|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Baixas (LF) | 30 – 300 kHz | 50 centímetros | Identificação de animais | Mais Lento | Maiores | Melhor |
| Altas (HF) | 3-30 MHz | 1 metro | Cartões de acesso ou transportes; segurança | ↓ | ↓ | ↓ |
| Ultra High (UHF) | 300 MHz – 3 GHz | 4-5 metros | Logística | | | |
| Micro-ondas | 2 – 30 GHz | 1 metro | Portagens de veículos em movimento; linhas de produção da indústria automóvel | Mais Rápido | Mais pequenas | Pior |

Tabela 1 – Frequências utilizadas por sistemas RFID (adaptado de Ward *et al.*, 2006; Chawla e Ha, 2007)

A frequência pode ser uma fonte de incompatibilidades a nível mundial. Os fabricantes de sistemas RFID têm de cumprir com regras criadas por agências regionais, como a Comissão Federal de Comunicações (FCC, Estados Unidos) ou o Instituto Europeu de Padrões em Telecomunicações (ETSI), que controlam o espectro de frequências utilizado nas suas regiões de responsabilidade. Por exemplo, na Europa, a gama UHF de frequências RFID é definida no intervalo 865-868 MHz, enquanto no Japão a mesma está nos 950-956 MHz. Isto resulta em processos dispendiosos e complexos para fabricantes que queiram desenvolver leitores capazes de lidar com múltiplas regras e protocolos (Hassan e Chatterjee, 2006).

2.5.4 – Dados de Sistemas RFID

A recolha automática de dados possibilita à RFID aumentar a visibilidade e velocidade dos produtos nas cadeias de abastecimento, melhorar a gestão de inventário, facilitar a monitorização e acompanhamento de produtos, e reduzir as oportunidades para o roubo e contrafação. Por outro lado, existe uma grande diferença entre o mundo físico e a interpretação do mesmo através da observação por sensores. Estas observações devem ser interpretadas automaticamente e transformadas em semântica de negócio antes de poderem ser integradas nas aplicações de gestão, como ERP ou WMS (Wang e Liu, 2005).

Os três aspectos mais importantes num sistema RFID, a nível de dados, são a segurança, a coordenação multi-etiqueta e o processamento (Hassan e Chatterjee, 2006).

A segurança dos dados é um tópico relevante, considerado um dos maiores desafios à utilização de RFID. As empresas não querem que os seus competidores consigam localizar e seguir os seus produtos e remessas, ou que acedam a segredos do negócio. Pessoas que tenham cartões onde

estão guardadas informações importantes, como códigos de acesso ou informação financeira, também não querem que terceiros tenham a capacidade de aceder a esses dados (Weinstein, 2005). Se não estiver protegida, a informação transmitida pelos leitores aos servidores que a guardam pode ser interceptada. Quanto mais sensível a informação transmitida for, mais necessidade há de se proteger a sua transmissão. Neste sentido, a protecção pode ser feita através da utilização de algoritmos públicos (testados e disponíveis) ou algoritmos próprios, desenvolvidos pelos próprios fabricantes. Há também a possibilidade de não proteger a transmissão dos dados. Neste caso, as etiquetas podem ser lidas por qualquer tipo de leitor de frequências correspondentes.

A coordenação multi-etiqueta também tem relevo, na medida em que há leitores com capacidade para ler várias etiquetas em simultâneo. Se houver mais do que uma etiqueta a receber a potência necessária para ser activada, todas as que se encontrarem nessa situação respondem, e as suas respostas colidem no canal de comunicação, o que impossibilita a recepção por parte do leitor. A isto dá-se o nome de *tag collision*, ou seja, colisão entre etiquetas. Para evitar a corrupção da informação recebida, surgiu a necessidade de desenvolver esquemas de coordenação de envio de informação entre as diversas etiquetas. A abordagem utilizada na detecção e resolução das colisões provocadas pela existência de várias etiquetas a responderem em simultâneo depende do protocolo (RFID *air-interface protocols*, protocolos que contém algoritmos anti-colisão) existente entre etiquetas e leitor (Cha e Kim, 2005; Ramakrishnan e Deavours, 2006). Hassan e Chatterjee (2006) destacam três tipos de técnicas utilizadas para evitar as colisões entre transmissões de etiquetas:

- Utilização de vários leitores e antenas numa rede que cobre uma determinada área, em que um canal de frequências é reutilizado em várias zonas – SDMA (*Space Division Multiple Access*), ou seja, Acesso Múltiplo por Divisão do Espaço;
- Utilização de vários canais de frequências pelas etiquetas, o que requer leitores com capacidade para leitura de múltiplas frequências – FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), ou seja, Acesso Múltiplo por Divisão da Frequência;
- Coordenação entre etiquetas para que cada uma envie a sua informação num período de tempo específico – TDMA (*Time Division Multiple Access*), ou seja, Acesso Múltiplo por Divisão do Tempo.

Chen *et al.* (2010) adicionam uma quarta técnica: CDMA (*Code Division Multiple Access*), ou seja, Acesso Múltiplo por Divisão de Código. CDMA baseia-se na codificação de dados, associando cada código a um canal de transmissão.

Conforme apresentado na figura 3, em sistemas RFID, as técnicas relativas a TDMA formam o grupo mais numeroso e dividem-se em procedimentos geridos pelos leitores e pelas etiquetas. Técnicas que dependem das etiquetas não funcionam de forma sincronizada, uma vez que os leitores não controlam a transferência dos dados. Exemplos incluem protocolos baseados em Aloha, nos quais as etiquetas transmitem o seu identificador com intervalos de tempo aleatórios até que um leitor confirme a transmissão. Por outro lado, as técnicas dependentes dos leitores funcionam de forma sincronizada, dado que todas as etiquetas são controladas e monitorizadas pelos leitores em simultâneo (Chen *et al.*, 2010).

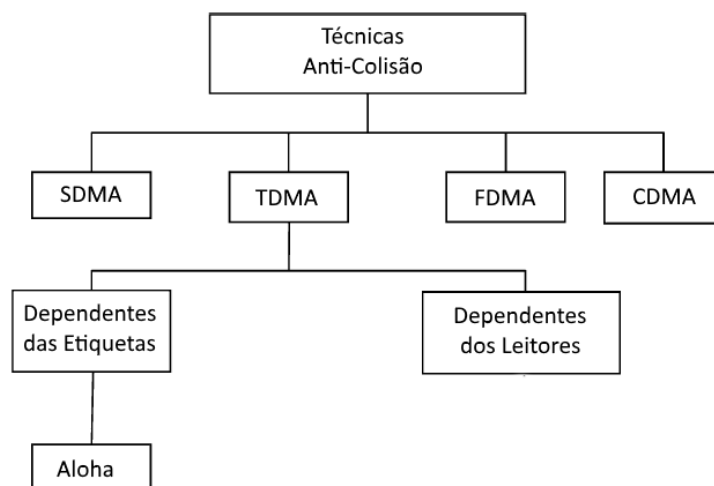


Figura 3 – Técnicas anti-colisão (adaptado de Chen *et al.*, 2010)

O processamento dos dados é feito por *software* conhecido como *middleware*, que pode estar instalado em servidores e também nos leitores. As suas principais funções são as de filtrar, converter, corrigir e transmitir os dados colhidos pelos leitores até ao sistema de informação da empresa. *Middleware* incluído num leitor tem a capacidade de filtrar alguns dados através de programação lógica, mas não é tão sofisticado como aquele que é instalado num servidor. Segundo Floerkemeier e Lampe (2005), *middleware* RFID tem de conseguir cumprir com os seguintes requisitos:

- Disseminação de dados RFID, já que a informação captada pelos leitores pode ter interesse para um variado número de aplicações na empresa – o *middleware* tem como função a transmissão em tempo útil da informação relevante às entidades da empresa que nela mostraram interesse;
- Filtração e agregação de dados, uma vez que todas as áreas da empresa que fazem uso desses dados desejam a recepção de informação já tratada, por oposição a um simples fluxo de dados em “estado bruto” – filtração e a agregação devem garantir que cada aplicação receba o subconjunto de dados na qual apresentou interesse;
- Leitura de etiquetas e escrita em etiquetas;
- Integração dos leitores na gestão dos serviços informáticos, de forma a conseguir lidar eficazmente com incidentes, mudanças e configurações;
- Privacidade, de forma a lidar com as preocupações dos consumidores – o tamanho relativamente pequeno da maioria das etiquetas torna possível a existência delas em objectos de uso pessoal sem que as pessoas se apercebam disso e, para muitas, a ideia de ter os seus movimentos ou hábitos de consumo guardados automaticamente e sem qualquer aviso é desconcertante e uma ameaça ao anonimato (Weinstein, 2005).

Muito embora a RFID apresente o potencial para uma nova era na otimização de processos, esta tecnologia coloca também vários desafios aos sistemas actuais de gestão e processamento de dados, dada a natureza da informação gerada (Mylyy, 2007). Não obstante a existência de variadas aplicações de RFID, os dados de sistemas deste género partilham várias características:

Temporais e dinâmicos

Todas as operações de leitura de etiquetas estão associadas a *timestamps* (indicadores de data e hora da leitura) e a localização dos objectos etiquetados pode mudar ao longo do tempo, pelo que é importante modelar toda a informação recolhida de forma a que possa ser usada em aplicações de rastreamento e monitorização.

Semântica implícita

Os dados recolhidos pelos leitores contêm informação implícita, como as mudanças de estado e processos de negócio (por exemplo, mudança de local) e mais informação derivada, como as agregações ou desagregações de objectos a serem monitorizados. Para fazer sentido dos dados RFID, as aplicações precisam de contexto para fazer as inferências certas. Um sistema que detecte a passagem de um determinado número de objectos e de uma caixa, desde que tudo esteja etiquetado, pode inferir que os produtos estão dentro da caixa.

Erros

Embora a precisão dos leitores esteja em constante melhoria, a existência de leituras erradas é comum, pelo que os erros nos dados recolhidos devem ser filtrados.

Grande volume

Os dados de sistemas RFID são gerados de forma rápida e automática, e acumulados para o rastreamento e monitorização. A quantidade de dados gerada pode ter dimensões significativas. Por exemplo, o uso de RFID na Wal-Mart é responsável por gerar cerca de 7 terabytes de dados por dia (Sheng *et al.*, 2008). Volumes grandes de dados requerem esquemas de escalonamento de armazenamento que assegurem consultas e *updates* frequentes.

Integração

Os dados devem ser integrados com aplicações já existentes, o que requer um sistema de gestão de dados que possa ser facilmente configurado para integração com diferentes aplicações.

Simplicidade

Os dados gerados pelos leitores podem não conter muita informação. Geralmente, indicam o identificador da etiqueta, o local e a data/hora onde a identificação foi feita;

Vida activa limitada

Os dados RFID têm, por norma, um período curto de vida activa, durante o qual um sistema activamente faz *updates* e o monitoriza. Num sistema de gestão de cadeias de abastecimento, por exemplo, este período começa quando o fornecedor de um produto o entrega, e acaba quando o cliente final o compra (Wang e Liu, 2005; Mylly, 2007; Derakhshan *et al.*, 2007; Sheng *et al.*, 2008).

A figura 4 representa uma arquitectura genérica de um sistema RFID. Segundo Sheng *et al.* (2008), as interações ocorrem em três camadas distintas:

- A camada “Dispositivos RFID” é composta pelas etiquetas, pelos leitores e por protocolos de leitura e escrita;
- A camada “Processamento de dados” é composta por diversos componentes de *software* para comunicar com os leitores, filtrar e limpar dados, e adaptar esses dados para que sejam usados pelas aplicações de gestão da empresa;
- A camada “Integração de dados” contém aplicações que exploram os dados do sistema RFID da própria empresa, bem como dados vindos de outras entidades envolvidas no negócio.

Para que uma empresa consiga uma integração perfeita dos dados gerados por um sistema RFID com os processos existentes, as aplicações devem compreender diferentes semânticas. Os dados podem ser formatados de várias formas e enviados para diferentes destinatários via Internet (Java Message Service, respostas http ou pacotes de dados TCP/IP).

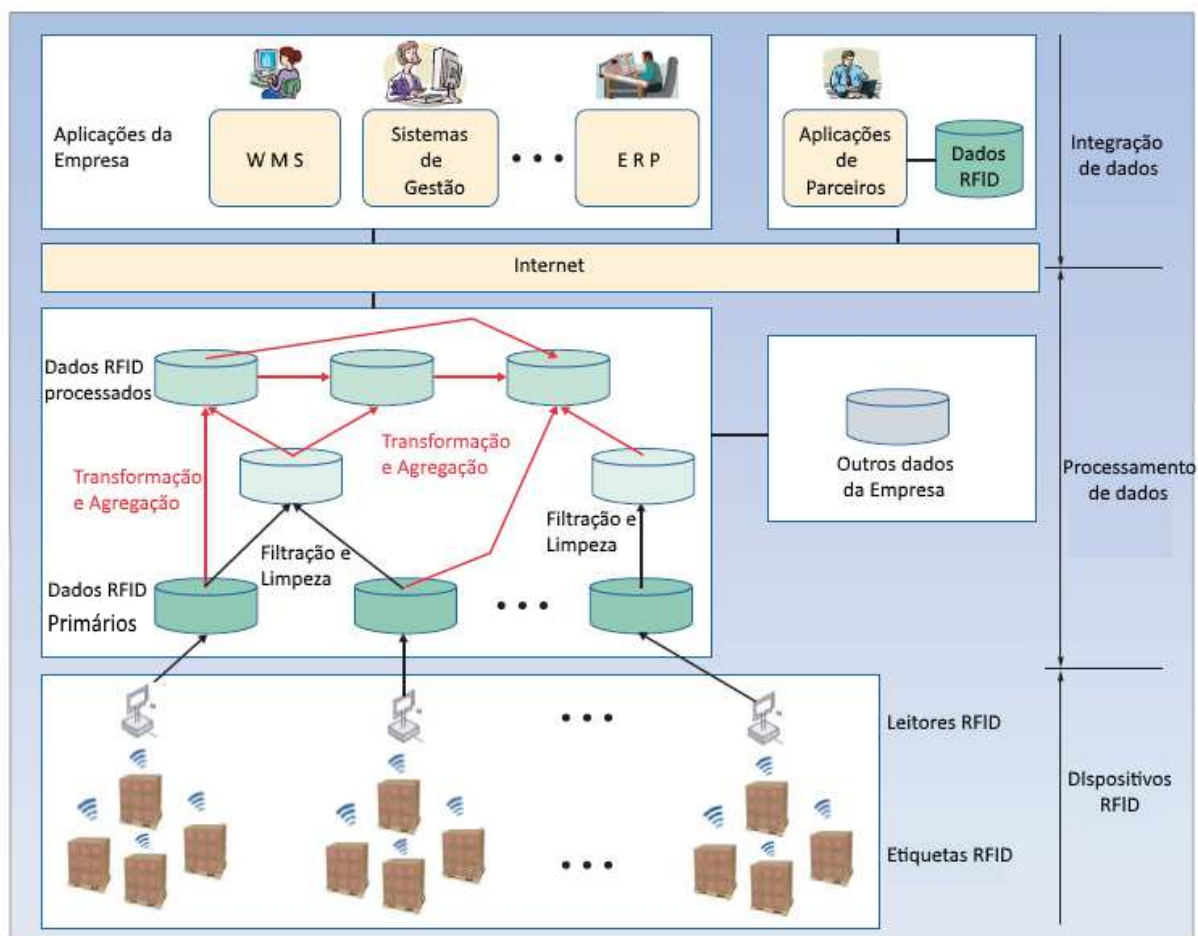


Figura 4 – Arquitectura genérica de um sistema RFID (adaptado de Sheng *et al.*, 2008)

2.6– Estudos de Implementação de Sistemas RFID

A implementação de um sistema RFID implica um estudo de viabilidade. No caso da INCM, o objectivo principal é aumentar o nível de visibilidade e controlo de produtos a entrar e a sair do armazém, reduzindo o tempo gasto, os erros de contagem e os custos associados à utilização da tecnologia de códigos de barras.

Num estudo relativo aos riscos para a segurança e privacidade da implementação de tecnologia RFID, Gao *et al.* (2004) referem várias das vantagens da RFID sobre os códigos de barras:

- Não é necessária uma linha de visão directa entre os leitores e as etiquetas;
- O alcance de leitura de uma etiqueta RFID é, na grande maioria dos casos, maior que a dos códigos de barras;
- Os leitores RFID podem ter a capacidade para identificar mais do que uma etiqueta em simultâneo;
- As etiquetas podem guardar mais informação do que os códigos de barras.

McFarlane e Sheffi (2003) e Li *et al.* (2006) acrescentam que os códigos de barras são iguais para todos os itens de um determinado SKU, impossibilitando a sua diferenciação, mas a tecnologia RFID

torna a identificação individual (ao nível de cada item) possível. Os benefícios potenciais de etiquetar itens individualmente ou em grupos (caixas ou paletes, por exemplo) são enormes, uma vez que a identidade, localização e autenticidade desses itens pode ser monitorizada de forma muito mais fácil. Por sua vez, isto potencia o aumento da eficiência e de poupanças (Hodges *et al.*, 2007). Michael e McCathie (2005) adicionam a estes benefícios o facto de as etiquetas serem quase impossíveis de copiar, o que as torna aptas para aplicações de segurança. Um sistema RFID consegue assim prevenir furtos através da monitorização contínua dos produtos, alertando em tempo real os sistemas de gestão de que algo está a ser levado.

Niederman *et al.* (2007) avisam que a dimensão do investimento e a optimização em tecnologia de códigos de barras pode alterar a balança de vantagens e desvantagens quanto a uma eventual implementação de um sistema baseado em RFID. A longo prazo, porém, à medida que a tecnologia RFID se torna mais disseminada e integrada com outros sistemas, os autores estimam que possam aparecer mais e melhores oportunidades para usar o maior volume de informação disponibilizada pelas etiquetas para criar novos e inovadores modelos de negócio. Os autores afirmam também que, ao permitir determinar a hora e a localização exactas da leitura de etiquetas, a tecnologia RFID cria a possibilidade de identificação de *bottlenecks* nos processos e a determinação de prioridades de entrega quando houver estrangulamentos de recursos. A informação sobre a localização actual e passada de um produto possibilita a redução do tempo necessário para efectuar recolhas e retirar itens obsoletos, a criação de programas que evitem contrafacção, e a diminuição do número de ocorrências de ruptura de *stocks*. O rastreamento de produtos em tempo real permite a redução do tempo requerido para encontrar um determinado item, onde quer que esteja. A utilização da informação gerada pelas etiquetas cria a oportunidade para que se possam agrupar embalagens que tenham o mesmo destino numa fase mais inicial do canal de distribuição, ou mesmo o redireccionamento de encomendas, caso a informação sobre o destino ou as prioridades de entrega mudar.

Weinstein (2005) analisou a implementação de um sistema piloto de RFID passivo pela Marinha dos Estados Unidos, cujo objectivo era a diminuição dos erros nos registos de material carregado em contentores. Os erros resultavam da introdução manual ou semiautomática de dados no sistema. A introdução do sistema RFID resultou em maior precisão e rapidez na localização dos produtos, maior visibilidade da cadeia de abastecimento e maior velocidade e eficiência na verificação dos carregamentos. Para além disso, verificou-se que o processo implicava uma menor quantidade de pessoas a monitorizar, o que possibilitaria a libertação de algum pessoal para outras funções.

Min *et al.* (2007) sugerem que a aplicação de tecnologia RFID pode resolver os problemas causados por erros humanos nos processos de recepção de produtos, verificação de etiquetas, armazenamento e empacotamento, já que os trabalhadores estão sujeitos ao cansaço e a mudanças de estado de espírito ou humor. Poon *et al.* (2009) acrescentam que os sistemas que dependem da introdução de informação pelos trabalhadores de forma manual ou por códigos de barras levam inevitavelmente a erros, já que os erros humanos são uma realidade incontornável. Por sua vez, isto implica que a informação incorrecta chega aos decisores, que, baseados nela, podem chegar a

soluções menos apropriadas para a situação real. Estes autores apoiaram as suas conclusões com o estudo da implementação de um sistema RFID numa empresa fabricante de *smartphones* e *personal digital assistants* (PDA). O resultado foi uma melhoria na eficiência operacional e um aumento da produtividade dos seus armazéns, já que o sistema facilitou a partilha de informação em tempo real e a transferência de dados para os sistemas adequados.

Através da instalação de um sistema RFID num armazém no Instituto de Automação da Academia Chinesa de Ciências, Liu *et al.* (2006) conseguiram um decréscimo nos erros operacionais e custos associados, assim como um aumento na velocidade de trabalho. Ding *et al.* (2008) verificaram igualmente um aumento na eficiência das operações em armazém e uma redução dos custos de gestão na aplicação de um sistema RFID e Wi-Fi numa empresa da indústria automóvel.

Yan *et al.* (2008) sugerem um sistema de gestão de armazéns (WMS) que adoptaria RFID para controlar, entre outras coisas, o fluxo de materiais e as actividades de *picking* e verificação. Esta aplicação também possibilitaria a diminuição da intensidade do trabalho do pessoal e a eliminação de erros na verificação, melhorando a eficiência da gestão do armazém.

Wang *et al.* (2010), após a implementação de um sistema de gestão de armazéns (WMS) com base em tecnologia RFID num armazém de uma empresa afecta à indústria do tabaco, também chegaram à conclusão que houve um aumento na eficiência das operações, uma melhor utilização do espaço do armazém, menos erros de inventário, e potencial para reduzir a quantidade de trabalho necessária (por trabalhadores) e o tempo de carregamento.

De forma um pouco mais geral, Jones *et al.* (2015) referem que a Gillette estimou poupanças de 25% em custos operacionais pela utilização de etiquetas RFID nos produtos que fabrica.

Porém, há também potenciais problemas e desafios a ter em conta no processo de implementação de sistemas e/ou tecnologia novos. Jones *et al.* (2015) referem que a facilidade (ou dificuldade) de utilização da tecnologia, na óptica dos trabalhadores, é um dos aspectos mais importantes a considerar num processo de decisão quanto à implementação de um sistema novo. Awuah-Gyawu *et al.* (2015) revelam que alguns dos desafios relativos à introdução de um sistema informatizado de gestão num armazém da Unilever se deviam ao custo (e tempo necessário) de treinar o pessoal a utilizar o sistema novo e à complexidade da *interface* na óptica dos seus utilizadores.

Apesar de a RFID ser muitas vezes referida como os códigos de barras do futuro, um dos seus principais problemas tem a ver com a sua fiabilidade – normalmente não é possível ler as etiquetas com 100% de precisão na vida real. Em sistemas onde as etiquetas são aplicadas em cada produto, ou seja, ao nível individual de cada item, o caso ganha contornos de grande significância (Wang *et al.*, 2007). Mylyy (2007) chegou a conclusões semelhantes, alegando que um dos maiores entraves à adopção de tecnologia RFID é a sua fiabilidade. Embora a eficácia dos leitores tenha aumentado ao longo do tempo, a existência de erros de leitura é bastante comum. Os três erros típicos destacados pelo autor são:

- Falsos negativos: quando as etiquetas presentes deviam ser detectadas pelo leitor mas não o são;

- Falsos positivos, ou ruído: leituras inesperadas;
- Duplicados: quando uma etiqueta permanece no alcance de um leitor por tempo suficiente para gerar mais do que uma leitura, ou quando está ao alcance de mais do que um leitor ao mesmo tempo. Isto pode acontecer igualmente em casos onde os objectos têm mais do que uma etiqueta igual, como forma de aumentar a fiabilidade das leituras e garantir que os objectos são mesmo identificados.

Um estudo encomendado pela Grocery Manufacturers of America (2004) e realizado pela IBM e pela A.T. Kearney Consulting Group concluiu que a adopção de um sistema RFID obriga a um investimento inicial elevado. Assim, as empresas que consideram seriamente a implementação de um sistema RFID precisam de investir no *hardware*, *software* e também numa rede que suporte RFID. As principais conclusões deste estudo são as seguintes:

- O custo das etiquetas, aliado a dúvidas na sua fiabilidade, é uma barreira ao investimento em sistemas RFID;
- A implementação de um sistema RFID acarreta custos bastante significativos;
- Não existe nenhum *software* capaz de providenciar uma solução EPC integrada, e as alternativas existentes não têm os requisitos suficientes para que o sistema seja eficiente;
- As máquinas de aplicação de etiquetas são demasiado lentas e inconsistentes.

Weinstein (2005) conclui que um dos desafios complexos na implementação de RFID é a sua integração em sistemas já existentes, mas admite que é possível combinar esta tecnologia com outras (como códigos de barras), dada a existência de *middleware* que liga sistemas RFID a outros formatos e bases de dados já estabelecidas.

Niederman *et al.* (2007) afirmam que os custos de implementar uma tecnologia nova e lidar com a quantidade significativa de informação gerada por um sistema RFID são bastante tangíveis e ocorrem principalmente no início. De igual modo, os benefícios dependem, sobretudo, da qualidade da recolha de informação, e ocorrem numa fase posterior. Há também o risco de se chegar à conclusão que a reorganização dos processos não resultou em melhorias no processo de negócio, ou que esta era demasiado difícil de implementar.

Jones *et al.* (2015) alertam para eventuais percalços que podem surgir quando vários leitores apanham simultaneamente o sinal de uma só etiqueta ou, dependendo da capacidade do leitor, quando várias etiquetas são lidas ao mesmo tempo.

A presença de material próximo das etiquetas altera a forma como um sistema RFID se comporta. De acordo com Ramakrishnan e Deavours (2006), a presença de água e/ou metal cria dificuldades acrescidas ao desempenho de um sistema RFID, já que contribuem para o enfraquecimento causado por múltiplas vias, facilitando o aparecimento de zonas onde a potência do sinal do leitor é diferente daquela que seria em condições ideais. Os metais também podem alterar a frequência de ressonância das antenas, diminuindo a eficiência destas e também a transferência de potência para os *chips* das etiquetas.

Tratando-se de uma tecnologia emergente, os padrões e normas associados à RFID migrarão no decurso dos próximos tempos à medida que o suporte para diferentes capacidades tecnológicas aumentar. Curtin *et al.* (2007) prevêem problemas associados a isto em duas grandes áreas:

- Integração entre aplicações (*cross-application*): a capacidade dos sistemas actuais de lidar com as grandes quantidades de dados gerados por um sistema RFID;
- Conectividade do *middleware* entre plataformas diferentes: pode ser mitigada com a ajuda e assistência providenciadas pelos vendedores do *middleware*, de forma a facilitar a transição e a desenvolver soluções necessárias para que os sistemas antigos funcionem com os novos. Sem essa ajuda, os custos das mudanças requeridas podem ser demasiado grandes.

A integração dos dados gerados por um sistema RFID e processos de negócio já existentes apresenta uma série de desafios, dos quais Sheng *et al.* (2008) focam os seguintes:

- Escalabilidade – a capacidade de um sistema crescer em uma ou mais direcções, como o volume de dados e número de transacções, sem afectar o seu desempenho;
- Heterogeneidade – soluções RFID podem ser aplicadas em múltiplos sítios, empresas ou mesmo países usando *hardware*, estruturas de dados e normas diferentes;
- Gestão – os sistemas RFID devem facilitar a supervisão, teste e controlo dos seus elementos, bem como o processamento dos dados;
- Segurança – um factor crítico quando há dados de natureza sensível e que correm o risco de serem lidos sem autorização por competidores;
- Abertura – uma arquitectura de RFID aberta pode permitir a utilização de aparelhos produzidos por uma vasta gama de fornecedores de *hardware* e suportar a aplicação de soluções RFID inter-instituições ou fronteiras.

2.7 – Desenho de um sistema RFID

Tal como foi referido anteriormente, a RFID permite a leitura de etiquetas de forma automática e sem necessidade de linha de vista. Porém, a aplicação desta tecnologia ao nível industrial ainda é relativamente recente, e a sua implementação traz à luz do dia um grande número de desafios, sobretudo no que toca ao desempenho da RFID em cenários reais (quando comparados com resultados teóricos e/ou obtidos em ambientes controlados).

O desenho de um sistema RFID é complexo, sobretudo devido ao comportamento imprevisível dos campos de radiofrequência (RF), que são extremamente sensíveis ao ambiente em que se propagam (Fan *et al.*, 2007). A falta de estudos científicos e uma compreensão ainda deficiente sobre o comportamento da tecnologia também são apontadas por diversos autores como factores que dificultam o desenho de um sistema. Cha e Kim (2005) sugerem que são necessários mais estudos sobre a física e o comportamento da RFID. Os autores afirmam que, sem uma melhor percepção relativamente ao desempenho real da tecnologia, as entidades que pretenderem instalar um sistema deste género devem testar cada configuração possível com base em tentativa e erro. Fan *et al.*

(2007) dizem que, à data da publicação do seu estudo, não existia literatura que providenciasse descrições e formulações de sinais ou considerações detalhadas e sistemáticas quanto ao desenho de um sistema RFID. De acordo com Lim *et al.* (2013), o número de estudos relacionados com a RFID no âmbito da logística, transporte e cadeias de abastecimento tem crescido, mas no domínio da gestão de armazéns verifica-se uma estagnação; o número de estudos efectuados é demasiado pequeno.

O desenho de um sistema RFID deve ter por objectivo a implementação da tecnologia da forma mais eficiente e eficaz possível. O desenho é tanto melhor quanto melhor for o desempenho desse sistema. Todavia, há vários factores que influenciam de forma negativa a performance da tecnologia RFID em cenários reais, aos quais é preciso ter em atenção na altura de desenhar o sistema. Os mais críticos para o sucesso da implementação de um sistema RFID são apresentados de seguida.

2.7.1 – Alcance

Um dos factores mais críticos inerentes a qualquer sistema RFID é a eficácia de leitura ou interrogação (detecção e identificação) das etiquetas. Se as etiquetas forem passivas, esta eficácia depende do volume da região que recebe potência suficiente por parte do leitor, ou, mais especificamente, das direcções relativas das antenas dos leitores e das etiquetas, das suas polarizações, e da distância a que leitor e etiqueta se encontram (Wang *et al.*, 2007). Relativamente a distâncias, Fan *et al.* (2007) definem *read range* (alcance) como a distância máxima entre um leitor e uma etiqueta, em que o campo de radiação do leitor tem potência suficiente para activar a etiqueta e o sinal transmitido por esta é suficientemente forte para ser detectado correctamente pelo leitor. Hodges *et al.* (2007) definem o alcance de um sistema RFID como o volume de espaço à frente de uma antena de um leitor, no qual uma etiqueta pode ser detectada e identificada de forma viável. Nikitin e Rao (2006) referem o alcance do sistema como a distância máxima à qual os leitores conseguem ler a informação das etiquetas e/ou escrever nova informação nelas.

As dificuldades associadas à determinação do alcance de um sistema RFID estão relacionadas com a natureza complexa dos campos de radiofrequência (RF) gerados pelas antenas dos leitores. No caso de sistemas RFID que façam uso de etiquetas passivas, estes campos devem dar energia às etiquetas para que o sistema funcione, e isto só é possível se os campos forem suficientemente fortes e se a energia transferida para as etiquetas bastar. Uma vez activadas, as etiquetas devem transmitir um sinal de volta aos leitores, mas Ramakrishnan e Deavours (2006) concluem que o factor limitativo típico deste processo de activação e resposta é a transferência de energia às etiquetas. Por outras palavras, se as etiquetas forem activadas, o sinal de resposta não terá, à partida, problemas em chegar ao leitor. Assim sendo, medir a força de um campo de RF gerado por um leitor é a chave para se determinar o seu alcance.

De acordo com a Fórmula de Friis (1), ou Lei de Friis, apresentada de seguida, a força de um campo de RF decresce à medida que se afasta da antena que o gera (Hodges *et al.*, 2007).

$$\frac{P_{etiqueta}}{P_{leitor}} = G_{etiqueta} G_{leitor} \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \quad (1)$$

A potência recebida por uma etiqueta ($P_{etiqueta}$) sobre a potência transmitida à antena de um leitor (P_{leitor}) é proporcional aos ganhos das antenas da etiqueta e do leitor ($G_{etiqueta}$ e G_{leitor} , respectivamente) e ao quadrado do comprimento de onda (λ), e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o leitor e a etiqueta ($4\pi R$). Por exemplo, se a distância entre o leitor e a etiqueta aumentar para o dobro, a potência transmitida à etiqueta cai para um quarto daquilo que era. Contudo, há que ter em atenção que esta equação apenas considera condições ideais de funcionamento. Na prática, existem vários factores que podem alterar a força de um campo de RF (radiofrequência). Segundo Hodges *et al.* (2007), estes factores são:

- Absorção – qualquer material que se encontre entre o leitor e a etiqueta reduz a potência disponível para a etiqueta;
- Diferenças de impedância na antena da etiqueta que reduzem a potência disponível;
- Perdas de polarização – ocorrem quando a antena do leitor não tem a polaridade óptima para a orientação da etiqueta. Para maximizar o alcance de leitura das etiquetas, a polarização destas deve ser igual à que é usada pelas antenas dos leitores. Quando isso não acontece, o alcance diminui (Nikitin e Rao, 2008);
- Enfraquecimento por múltiplas vias (*Multipath Fading*) – mesmo que não haja nada entre o leitor e a etiqueta, há efeitos de enfraquecimento causados pela interferência entre duas ou mais versões do sinal emitido, que chegam à etiqueta por caminhos diferentes (reflectidos por objectos diferentes no ambiente de utilização, por exemplo) e que se podem combinar, criando um sinal com força variável.

É possível adaptar a fórmula de Friis para ter em conta os factores acima descritos, mas isso é pouco prático devido à complexidade do modelo resultante, dos dados necessários e do próprio cálculo em si, pelo que a abordagem mais simples na criação de um sistema RFID é ser conservador no seu desenho (Hodges *et al.*, 2007).

Embora seja possível determinar o alcance de um sistema num dado ambiente, não é seguro assumir que o mesmo sistema tenha o mesmo alcance num cenário diferente. Segundo Hodges *et al.* (2007), não há medidas de referência ou tabelas parametrizadas em relação a este tipo de desempenho, pelo que todos os esforços feitos no sentido de medir o alcance de um sistema RFID advêm de resultados experimentais.

2.7.2 – Read Rate

Uma medida ideal para avaliar o desempenho de um sistema RFID teria de ter em conta todos os factores que pudessem influenciar o alcance desse sistema num ambiente real. Há uma maneira simples de ter acesso a isso, utilizando uma medida conhecida como *read rate*, isto é, a taxa à qual um leitor consegue identificar uma etiqueta. A ideia chave por detrás desta medida assume que o leitor está num modo de interrogação contínua, procurando incessantemente por etiquetas, e, se uma etiqueta for mesmo identificada, a sua presença é guardada pelo leitor, após o que a operação de interrogação se repete. Se houver algum erro na detecção e/ou identificação da etiqueta numa determinada operação de interrogação, então essa operação é tida como um “fracasso”. Quando a etiqueta recebe potência suficiente, ou seja, quando está suficientemente próxima do leitor, a quantidade de erros será, à partida, próxima de zero. No entanto, à medida que se aumenta a distância entre o leitor e a etiqueta, a quantidade de erros tende a aumentar, até que chega uma altura em que o número de erros é tão grande que o leitor deixa de conseguir identificar a etiqueta.

A definição de *read rate* pode variar, mas as mais típicas falam do número de “sucessos” (por oposição aos “fracassos” na interrogação) por segundo, ou, em alternativa, do quociente entre o número de operações terminadas com sucesso e o número total de operações efectuadas pelo leitor.

A vantagem desta medida é a sua facilidade de medição – esta operação é suportada por praticamente todos os leitores e pode até ser usada já com objectos etiquetados, levando também em conta os efeitos no alcance causados pelo material usado. No entanto, a relação entre *read rate* e *read range* (alcance do sistema em distância) pode não ser sempre linear (Fan *et al.*, 2007).

2.7.3 – Ambiente e materiais presentes

O desempenho de um sistema RFID é altamente dependente do contexto físico da sua aplicação, isto é, varia consoante o sítio e o ambiente em que é aplicado e está dependente de vários parâmetros e variáveis únicos de cada situação (Mutti e Wittneben, 2007). Por exemplo, a tecnologia funciona melhor em espaços mais amplos do que em espaços mais apertados, uma vez que, quanto mais distantes das antenas estiverem paredes ou outros objectos, maior é a distância que os sinais têm de percorrer e, conseqüentemente, mais fracos são os sinais reflectidos. Isto reduz o efeito do enfraquecimento por múltiplas vias e melhora a qualidade da transmissão. Pela mesma ordem de ideias, quanto mais perto um objecto ou parede estiver das antenas, maior é o impacto da sua interferência no sinal. Mesmo num espaço amplo, se houver objectos próximos das antenas, os efeitos destes sobrepõem-se e têm mais impacto do que os efeitos positivos provocados pela dimensão do espaço (Mayer *et al.*, 2006).

Objectos ou ambientes que contêm ou são feitos de materiais desafiantes para a propagação de ondas rádio são especialmente importantes na determinação do alcance de um sistema RFID, uma vez que podem reflectir ou atenuar as ondas, ou mesmo dessintonizar a frequência operacional

(Penttilä *et al.*, 2006). Os materiais mais difíceis e os seus principais efeitos nas ondas de radiofrequência estão resumidos na tabela 2.

| Material | Efeitos nas ondas RF |
|-----------------|-------------------------------------|
| Cartão | Absorção, Dessintonização |
| Plástico | Dessintonização |
| Líquidos | Reflexão, Absorção |
| Metais | Reflexão |
| Corpo Humano | Absorção, Dessintonização, Reflexão |

Tabela 2 – Principais efeitos de materiais nas ondas RF (adaptado de Penttilä *et al.*, 2006)

Os principais efeitos podem ser resumidos à absorção e reflexão das ondas RF, e à dessintonização da frequência operacional. Pela tabela, pode notar-se que o cartão, o plástico, os líquidos, os metais e até o próprio corpo humano têm grande impacto na forma como as ondas se propagam pelo ambiente em que se encontram e, conseqüentemente, no desempenho geral de um sistema RFID.

2.7.4 – Orientação e localização

A orientação das etiquetas contribui para o sucesso ou insucesso da leitura por parte dos leitores, e determinar a melhor posição para a colocação das etiquetas pode ser uma tarefa de tentativa e erro bastante demorada (Michael e McCathie, 2005). No caso das localizações das etiquetas não serem fixas (os objectos aos quais foram aplicadas podem mover-se ou ser movidos), a posição das antenas dos leitores relativamente às etiquetas, por si só, pode ter um efeito bastante significativo no sucesso das operações de interrogação das etiquetas (Wang *et al.*, 2007). Bouet e Dos Santos (2008) reforçam estas conclusões, alertando para o facto de sinais em ambientes fechados (como os típicos ambientes industriais e de armazém) serem geralmente debilitados. As etiquetas têm capacidades limitadas para lidar com esse facto, o que coloca muitos desafios à tarefa de encontrar o melhor posicionamento para elas.

Clarke *et al.* (2006) referem que a orientação das etiquetas relativamente aos leitores é extremamente importante para garantir taxas de leitura aceitáveis, sobretudo nos sistemas que têm uma frequência operacional na banda UHF e em cenários onde as embalagens etiquetadas têm material no seu interior. Se as embalagens estiverem vazias, os autores admitem que a orientação não tem um grande efeito nas taxas de leitura. Em todos os casos, porém, a orientação mais favorável e que apresenta melhores resultados é aquela que for menos susceptível a interferências. Quando a etiqueta está visível ou está orientada para o exterior (em vez do interior de uma embalagem, por exemplo), as taxas de leitura são maiores. De igual modo, etiquetas mais próximas do leitor têm maiores probabilidades de serem lidas.

Wang *et al.* (2007) afirmam que, apesar da existência de estudos relacionados com a inclusão da orientação relativa entre um leitor e uma etiqueta para os cálculos da localização óptima de um leitor, é difícil expandir daí para situações onde há mais do que um leitor ou etiqueta envolvidos, devido à complexidade dos cálculos requeridos. Em implementações RFID na vida real, aliás, as localizações das antenas são normalmente conseguidas através de tentativa e erro.

2.7.5 – Fiabilidade na presença de múltiplos leitores e/ou etiquetas

Como foi referido anteriormente, a identificação fiável de múltiplos objectos é desafiante, especialmente se existem vários objectos no mesmo sítio ao mesmo tempo (Cha e Kim, 2005). No sentido de aumentar a eficácia da detecção das etiquetas, a INCM pode optar por sistemas em que os leitores são colocados dois a dois, um de cada lado de um corredor ou porta, de forma a fazer uma espécie de portal. No entanto, a distância a que esses leitores estariam poderia dar lugar a um outro tipo de problema.

Se as zonas de interrogação (ou parte delas) de dois ou mais leitores se sobrepõem, é possível que uma etiqueta que por elas passe receba simultaneamente sinais desses leitores. As etiquetas passivas são incapazes de responder de forma apropriada a esta situação, apelidada de *reader collision* (colisão de leitores). Vários autores apresentam sugestões e soluções para resolver este problema. Hansen e Oristaglio (2006) propõem a criação de uma zona de interrogação estreita para cada leitor através da transmissão de dois sinais em simultâneo. Leong *et al.* (2005) enfrentam o problema através do posicionamento dos leitores de forma a que a interferência entre si seja a mínima possível, e referem de igual modo que os leitores podem ser sincronizados para efectuar as suas respectivas operações de interrogação das etiquetas em períodos de tempo diferentes. Birari e Iyer (2005) criam um protocolo, no qual os leitores comunicam entre si quando estão a interrogar etiquetas, de forma a que os restantes se abstenham de o fazer. Leong *et al.* (2006) realçam a importância da sincronização dos leitores numa rede, através da qual podem ser alocados canais de forma dinâmica e, assim, evitar ou minimizar a ocorrência de interferências entre leitores. Por outro lado, referem que, ao diminuir a potência de saída, a distância mínima à qual dois leitores podem estar sem interferirem um com o outro também diminui.

Maximizar o número de etiquetas lidas em simultâneo é igualmente um desafio complicado, uma vez que a colocação de etiquetas a pouca distância umas das outras piora consideravelmente o desempenho de um sistema. Há ainda a possibilidade de ter etiquetas a esconder ou a tornar invisível (para o leitor) a presença de outras etiquetas que lhe sejam próximas, o que resulta em erros de contagem. A uma conclusão semelhante chegou Vogt (2002): o desempenho de um sistema piora à medida que se aumenta o número de etiquetas a serem lidas simultaneamente, dada a dificuldade em arranjar o espaço para que um maior número de etiquetas consiga ter uma boa cobertura (estar numa zona onde o acesso à energia emitida pelo leitor seja suficiente). Dado que a posição relativa das etiquetas é também um factor a ter em conta no desempenho, a consequente dificuldade acrescida em conseguir que muitas etiquetas estejam orientadas na direcção certa num

espaço exíguo diminui, em teoria, a *performance* do sistema. No entanto, Ramakrishnan e Deavours (2006) avisam que o tamanho e a interacção de cada tipo de etiqueta dependem do modelo e da marca utilizada, pelo que quaisquer resultados obtidos com um conjunto de etiquetas não são necessariamente equiparáveis aos de outro conjunto diferente.

2.8 – Conclusão

O principal objectivo da Dissertação é o estudo da implementação de um sistema de identificação por radiofrequência (RFID) no armazém da Imprensa Nacional-Casa da Moeda para substituir o actual sistema de contagem e verificação de documentos personalizados, que tem por base um leitor de códigos de barras.

Da revisão de literatura é possível concluir que um sistema típico de RFID engloba a aplicação de etiquetas nos bens que se pretende monitorizar, a utilização de leitores para captar as informações emitidas pelas etiquetas, e a ajuda de *software* especializado que faça o tratamento dos dados interceptados pelos leitores. Existe uma grande variedade de opções e soluções RFID por onde escolher, sendo possível a adaptação da tecnologia consoante as necessidades e as condicionantes operacionais das empresas.

Através da análise de estudos de implementações de RFID existentes na literatura, verificou-se que a implementação de tecnologia RFID em armazéns permite a obtenção de um elevado número de vantagens (sobretudo o aumento na precisão e velocidade de trabalho, a rápida identificação de vários produtos individuais em simultâneo, maior produtividade e a possibilidade de identificar de *bottlenecks* nos processos) e abre a porta a oportunidades de melhoria de eficiência nas actividades suportadas pela RFID, o que, por consequência, possibilita a redução dos custos associados. Concretamente, os resultados relatados nos vários estudos analisados apontam no sentido da adequabilidade da tecnologia RFID em substituir os códigos de barras nas actividades de controlo e verificação de inventário, possibilitando a identificação de cada produto sem necessidade de linha de visão directa, eliminando erros derivados do *input* humano e acelerando significativamente os processos. Porém, a utilização de sistemas RFID não está isenta de alguns desafios e problemas.

Contudo, a fiabilidade da tecnologia (suscita grandes dúvidas e raramente possibilita leituras de 100% das etiquetas em cenários reais, o que pode tomar proporções significativas no caso de haver etiquetagem individual de produtos), a presença de água e/ou metais (perturbam o desempenho dos leitores e das etiquetas de forma bastante acentuada), a integração do sistema com outros já existentes, o custo e tempo necessários para treinar os trabalhadores a utilizar um novo sistema, a gestão da grande quantidade de informação gerada, e os elevados investimentos iniciais necessários são factores importantes a ter em consideração aquando da decisão de avançar com a instalação de um sistema RFID.

Por outro lado, o desenho de um sistema RFID é uma tarefa repleta de desafios relativos ao desempenho real da tecnologia. O comportamento imprevisível dos campos de radiofrequência e a falta de estudos e resultados científicos são apontados como dois dos factores com impacto mais significativo na dificuldade de desenhar sistemas RFID que tenham um desempenho previsível. Adicionalmente, para garantir uma implementação de sucesso, há diversas variáveis a ter em atenção no desenho de um sistema: o alcance real que vai ter (medida difícil de prever devido à existência de vários factores que alteram a força dos campos de radiofrequência), a fiabilidade de leitura das etiquetas, a dependência de um sistema do sítio onde é aplicado e dos materiais existentes (podem absorver ou reflectir as ondas ou mesmo dessintonizar a frequência operacional), a orientação e a localização das etiquetas (factor importante que envolve bastantes esforços de tentativa e erro para garantir resultados aceitáveis), e a presença de múltiplos leitores e etiquetas (a primeira pode colocar problemas conhecidos como colisão de leitores, e a segunda está ligada à dificuldade em ler grandes quantidades de etiquetas em simultâneo).

Dependendo dos casos e das necessidades das empresas interessadas em usar a tecnologia RFID, alguns destes problemas podem mesmo chegar a pesar mais do que os benefícios esperados, tornando inviável a sua implementação. Segundo as conclusões de vários autores indicados neste trabalho, o desempenho da RFID é difícil de prever num cenário real e os resultados obtidos em testes podem não ser aplicáveis a outras situações, pelo que a implementação de um sistema RFID na Imprensa Nacional-Casa da Moeda teria de ser feito através de processo de tentativa e erro, mais ou menos longo, de forma a garantir o sucesso, com a fiabilidade desejada.

3– A Imprensa Nacional-Casa da Moeda

3.1 – Introdução da Empresa

A Imprensa Nacional-Casa da Moeda (INCM) resulta da fusão, em 1972, da Imprensa Nacional com a Casa da Moeda.

A Casa da Moeda, em funcionamento contínuo desde, pelo menos, o final do século XIII, é um dos mais antigos estabelecimentos fabris de Portugal. No início da sua actividade dedicava-se ao fabrico e cunhagem da moeda do reino português, e no século XIX fundiu-se com a Repartição do Papel Selado, passando a ser designada como Casa da Moeda e Papel Selado. Nesse mesmo período começou a produzir valores postais e, após a subordinação das Contrastarias à Administração-Geral da Casa da Moeda e Papel Selado, passou também a fiscalizar a indústria e o comércio de ourivesaria em Portugal – função que ainda hoje mantém –, o que lhe trouxe uma posição de relevo na garantia de qualidade dos metais nobres.

Por seu lado, a Impressão Régia, ou Régia Oficina Tipográfica, foi criada em 1768 e passou a ser designada Imprensa Nacional em 1833. Notabilizou-se na arte da gravura e teve uma escola de composição, de onde saíram alguns dos mais notáveis profissionais de artes gráficas do país. Inicialmente criada para fabricar caracteres, imprimir e servir como lugar de ensinamento para aprendizes de impressão, cedo acumulou as funções de produzir cartas de jogar e papelões. Ao longo da sua existência, imprimiu e editou obras de carácter literário, artístico e científico, de autores clássicos ou vivos, portugueses e estrangeiros (com obras traduzidas). De igual modo, teve a seu cargo a impressão de obras oficiais, como legislação, relatórios, discursos, impressos e modelos de uso administrativo. Porém, uma das publicações mais associadas à Imprensa Nacional é o jornal oficial do país. Começando pelo nome Gazeta de Lisboa, que se fundiu em 1821 com o Diário do Governo e assim passou a ser conhecido, recebeu várias designações, como Crónica Constitucional de Lisboa ou Gazeta Oficial do Governo. Em 1976 ficou com o nome que ainda hoje mantém: Diário da República.

Actualmente, a INCM é uma sociedade anónima de capitais públicos que conta com centenas de empregados. Está sediada em Lisboa e é lá que a maioria das suas instalações se encontram, embora tenha também contrastarias no Porto e em Gondomar, e lojas no Porto e em Coimbra. A sua missão é a de desenvolver, produzir e fornecer bens e serviços que requerem a incorporação de elevados padrões de segurança como garantia da sua autenticidade e fiabilidade. Com esse fim em vista, a empresa destaca quatro eixos estratégicos principais: inovação tecnológica, qualidade e segurança, serviço ao cidadão e divulgação cultural para promover a língua e cultura portuguesa. Para além de gozar de altos índices de reputação e satisfação de clientes, é uma entidade certificada na gestão da qualidade, na gestão ambiental e na gestão de recursos humanos. De igual modo, é membro efectivo da Associação Internacional dos Produtores de Cartões (ICMA) e é a única empresa portuguesa certificada pela VISA e pela MasterCard para produzir e personalizar cartões bancários.

As quatro grandes áreas de negócio da INCM são as contrastarias, as publicações, a moeda e a gráfica.

A primeira relaciona-se com a garantia que é dada aos toques nas ligas de metais preciosos, fornecida através da verificação do toque legal (permilagem de metal precioso contido numa liga) e da aplicação do contraste junto à marca de responsabilidade, de fabricante, ou outra equivalente. A segunda diz respeito à edição livreira, na qual se inclui o Diário da República. A terceira tem a ver com a cunhagem de moeda, seja ela corrente (destinada a pagamentos) ou de colecção comemorativa, para fins numismáticos e de coleccionismo. Aqui há também a destacar a produção de medalhas e objectos artísticos, bem como selos brancos e sinetes. No total, o conjunto destas três áreas de negócio representa aproximadamente 22% da actividade da empresa, com maior ênfase na área de moeda (14%).

A área gráfica perfaz cerca de 78% de toda a actividade da INCM e é responsável por uma grande variedade de produtos, como livros, documentos de identificação, cartões e cadernetas bancárias, títulos de transporte, selos, estampilhas, hologramas, impressos oficiais, certificados e diplomas, bem como soluções electrónicas para tratamento de dados biográficos, certificação digital e rastreamento da distribuição e entrega de documentos. Dada a natureza deste tipo de produtos, a INCM tem como essencial a aplicação de técnicas, produtos e tecnologias que garantam a sua autenticidade e impeçam a sua falsificação e contrafacção, bem como um rigoroso controlo de qualidade. No caso dos documentos de identificação, como o cartão de cidadão ou a carta de condução, a empresa oferece, conjuntamente com a sua personalização, o serviço de entrega no endereço dos destinatários e o reporte em tempo real para as entidades que os emitem. Há também documentos personalizados que são exportados e outros cuja natureza é mais sensível e que necessitam de escolta policial aquando da sua saída, como, por exemplo, boletins de voto ou cartões de crédito.

3.2 – Documentos Personalizados

Com o presente trabalho pretende-se estudar de forma exploratória a possibilidade de introdução de um sistema RFID no armazém da INCM, que tem como objectivo principal o aumento da segurança e controlo. Este objectivo deve ser assegurado através de uma maior visibilidade dos documentos personalizados e da minimização da intervenção humana nas operações de contagem e verificação de produtos, sem que isso comprometa o nível de serviço.

O principal desafio que o serviço de logística da empresa enfrenta é o de conseguir satisfazer todas as entregas previstas para um determinado período. Dada a natureza mais sensível de grande parte dos produtos feitos na INCM, bem como a existência de contratos que implicam a entrega de determinados itens até uma certa hora, a importância de garantir que estes chegam em tempo útil ganha uma dimensão mais significativa.

3.2.1 – Situação actual

O foco deste estudo recai sobre documentos personalizados; todos os processos descritos referem-se exclusivamente a este tipo de produtos. O mapa das instalações é apresentado na figura 5 (meramente ilustrativa e sem dimensões por questões de confidencialidade) e o percurso actual percorrido por estes documentos, desde a sua produção até à sua saída, está resumido na figura 6:

1. A zona de Produção é responsável pelo fabrico dos documentos, pela sua envelopagem individual, e pela verificação e introdução de um código de barras em cada envelope. Este código de barras vem do sistema dos CTT, e refere-se a um número de processo que é usado como identificador único de cada documento, tanto pelos Correios como pela INCM. Assim que há uma remessa pronta a sair da Produção, é feita uma guia interna, que contém informação sobre o tipo de documentos presentes e a sua quantidade, bem como um código de barras referente à remessa. Esta guia é a base da operação de verificação e contagem de documentos feita ainda na zona de Produção.

Quando há remessas prontas para serem entregues à zona do Armazém, um funcionário da Produção leva-as até à zona Entre-Portas (representada na figura 6 pela letra A), uma área de segurança situada entre a Produção e o Armazém, e onde só pode estar uma pessoa de cada vez.

Os documentos personalizados saem da Produção dentro de cassetes (caixas de plástico) empilhadas em gaiolas rolantes de metal ou carros porta-caixas manuais. As figuras 7 e 8 dão uma ideia do seu aspecto e apresentam as suas dimensões (no caso das gaiolas, apresentam as dimensões máximas, já que há algumas com dimensões diferentes). Quando a Produção está apertada em termos de tempo e/ou volume de trabalho, as cassetes vão sendo acumuladas nas gaiolas e depois enviadas de uma só vez; caso contrário, são levadas nos carros porta-caixas.

Cada cassete leva, em média, quatrocentos envelopes. Se se tratarem de multas, este número pode subir para cerca de mil por cassete. Os carros porta-caixas conseguem levar quatro ou cinco cassetes cheias, e as gaiolas maiores têm espaço para trinta e duas, no máximo. Tanto as cassetes como as gaiolas são propriedade dos CTT, e usadas em mais sítios do que apenas a INCM.

2. Na zona do Armazém, os cerca de vinte funcionários têm à sua disposição ecrãs onde estão descritos os horários para as várias entregas do dia. Para além disso, há alturas do dia específicas para a entrada dos vários tipos de produtos, pelo que os trabalhadores sabem quando é que os vários tipos de documentos personalizados tendem a chegar. No entanto, os documentos pedidos com urgência, que podem chegar ao armazém a qualquer momento, podem complicar as contas.

A produção toda do dia (de cada tipo de documento) chega ao Armazém tipicamente em uma ou duas levadas, sendo raro que ultrapasse esse número, excepção feita aos documentos pedidos com urgência em cima da hora. Assim que uma remessa fica pronta para a entrada em armazém, um funcionário dirige-se à zona Entre-Portas. Depois de verificar que a mesma

está desimpedida, faz a leitura do código de barras contido na guia interna, retira a gaiola ou o carro porta-caixas da zona de segurança e leva tudo para o seu respectivo sítio de armazenagem (área representada pela letra C na figura 6), num trajecto que demora cerca de um minuto. A leitura do código de barras serve para verificar e contar documentos, transmitindo ao sistema SAP da INCM que aquela remessa saiu da Produção e foi recebida pelo Armazém. Quem faz a contagem fia-se na informação apresentada pela guia interna – é impraticável contar os milhares de envelopes de uma remessa, um a um, nem há outra maneira de verificar se estão lá todos os que a guia diz que estão.

3. Uma vez que a zona de Produção não tem acesso aos destinos a que os envelopes se referem, numa mesma cassete podem estar misturados vários tipos de documentos para vários destinos diferentes – os únicos documentos que vêm agrupados em lotes fechados são os passaportes e os cartões de cidadão. Assim sendo, é no Armazém que os documentos são separados por tipo e destino, recorrendo a códigos postais, e preparados para a sua expedição. Caso sejam requeridas, algumas modificações e personalizações podem ser feitas nesta zona.

A área C do Armazém funciona de maneira similar a uma zona de *cross-docking*, já que se situa muito próxima da área de expedição (letra E da figura 6) e a maioria dos produtos permanece lá por curtos períodos de tempo. Por razões de segurança, há um determinado tipo de documentos que têm de ficar no Armazém por um mínimo de vinte e quatro horas, mas a grande maioria não fica mais do que algumas horas, havendo mesmo muitos casos em que se passam meros minutos desde que entram em armazém até que saem da empresa.

Quando o processo termina, é impressa uma guia de transporte (guia de saída do armazém) de acordo com o padrão dos CTT, e a entrega dos produtos é feita a veículos dos Correios ou de transportadoras. Embora os produtos possam chegar ao Armazém em mais do que uma leva, todos são expedidos ao mesmo tempo.

4. Ainda que este cenário seja raro, por vezes, os documentos não saem pelas portas tipicamente usadas para a sua expedição. Nesse caso, entram numa outra zona do armazém normalmente reservada para outro tipo de produtos, e saem por outra porta, de dimensões idênticas às das duas portas presentes na zona normal de expedição de documentos.

LEGENDA

- A: Entre-Portas
- B: Corredor
- C: Armazém Documentos Personalizados
- D: Armazém
- E: Pátio Exterior
- F: Zona de Produção

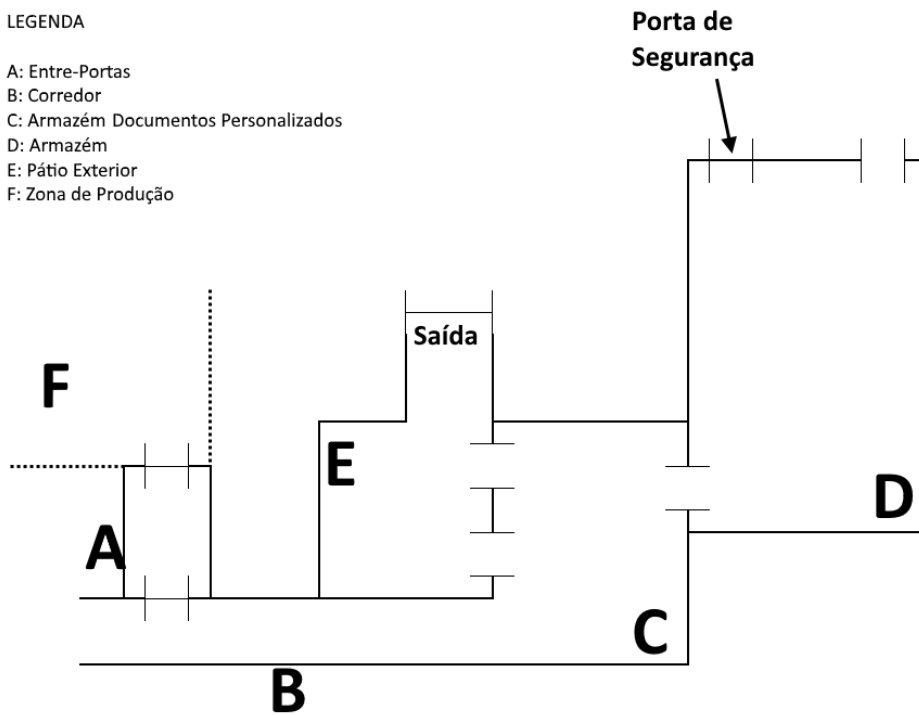


Figura 5 – Mapa da zona do Armazém da INCM

LEGENDA

- A: Entre-Portas
- B: Corredor
- C: Armazém Documentos Personalizados
- D: Armazém
- E: Pátio Exterior
- F: Zona de Produção
- 1-4: Trajecto dos Documentos

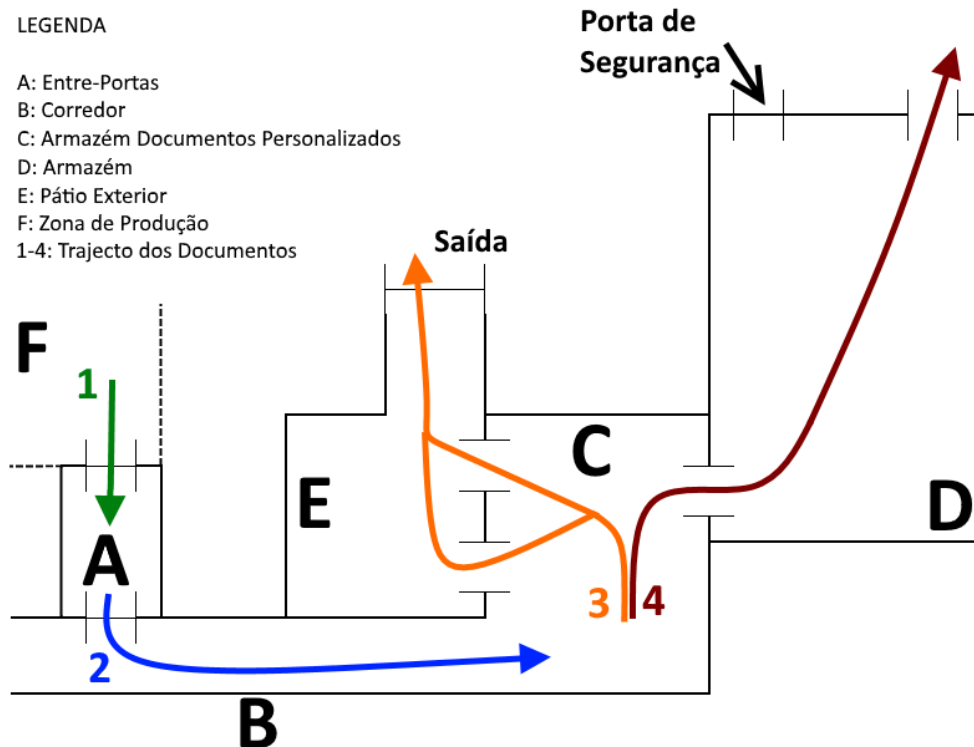


Figura 6 – Trajecto dos documentos personalizados, desde a recepção até à expedição



Figura 7 – Cassete típica dos CTT



Figura 8 – Gaiola rolante metálica

3.3 – Conclusão

A Imprensa Nacional-Casa da Moeda, herdeira de dois dos mais antigos estabelecimentos fabris de Portugal e resultante da fusão destes em 1972, é uma empresa que produz uma grande variedade de artigos e oferece serviços que incorporam elevados padrões de qualidade e segurança. A sua actividade divide-se em quatro áreas de negócio: contrastarias, publicações, moeda e gráfica. Esta última é responsável por produtos tão variados como cartas de condução, hologramas ou selos postais, e tem um peso de 78% no total das actividades da empresa. Concretamente, esta categoria inclui documentos personalizados, que estão no centro deste caso de estudo.

Depois de saírem da Produção, os documentos personalizados são transportados em cassetes (caixas de plástico fornecidas pelos Correios) para uma zona de segurança, onde, com recurso à guia interna e a um leitor de códigos de barras, decorre a sua verificação e contagem. Terminada

esta etapa, os documentos são divididos e seguem para uma zona do armazém próxima da expedição, permanecendo lá por curtos períodos até serem levantados pelos CTT ou por transportadoras.

Uma vez que a contagem individual dos documentos é impraticável, a INCM baseia a sua verificação e contagem na leitura do código de barras impresso na guia interna. No entanto, o processo não garante a ausência de erros na produção, nem uma contagem certa. Assim, de forma a reduzir erros e a aumentar a visibilidade e o controlo sobre os produtos, a INCM decidiu que a implementação de um sistema RFID podia ser uma solução interessante.

4 – Viabilidade da implementação de um sistema RFID na Imprensa Nacional-Casa da Moeda

A Imprensa Nacional-Casa da Moeda pretende implementar a curto prazo um sistema RFID que aumente o seu controlo sobre os documentos personalizados. Nomeadamente, quer saber em tempo real onde estão os documentos que produz e ter a certeza que entrega todos aqueles que lhe são pedidos, diminuindo ao mesmo tempo as probabilidades de desvios ou mesmo roubos. Tendo por base a análise da literatura feita no capítulo 2, a instalação de um tal sistema parece, à partida, ser justificável. Dadas as vantagens da RFID em relação aos códigos de barras (sobretudo a leitura de várias etiquetas em simultâneo e a não necessidade de uma linha de visão directa entre o leitor e as etiquetas), não é descabido pensar que a implementação de um sistema RFID permita uma identificação individual dos documentos em tempo real, incrementando significativamente o nível de segurança e de visibilidade. Porém, as limitações da tecnologia e as dúvidas relacionadas com a sua fiabilidade podem fazer desta solução teoricamente viável em algo inviável na prática.

Para se tirar o maior partido da tecnologia RFID, a implementação de um sistema deste género não pode ficar restringida à secção de logística da INCM, nem tão pouco ao Armazém. A colaboração entre os diversos agentes ou entidades responsáveis pelos produtos em questão é essencial para obter bons resultados (Wamba *et al.*, 2008). Uma introdução da tecnologia trará mudanças de processos que impactarão várias áreas da empresa. Embora o objectivo mais imediato seja uma implementação da RFID no Armazém, a Produção será responsável pela aplicação das etiquetas (através da sua impressão, caso seja o caminho escolhido, ou da simples aplicação nos envelopes), e o departamento de Informática terá a seu cargo a integração do *middleware* com os sistemas de gestão da empresa e a gestão da quantidade significativa de dados gerada pelos leitores RFID.

O serviço de logística da INCM sugere que a organização dos envelopes por destino possa ser feita ainda na área de Produção, reduzindo a quantidade de vezes que os documentos são divididos e agrupados, e, conseqüentemente, o número de intervenções dos funcionários do Armazém. Assim, o objectivo pretendido assenta numa simples e rápida passagem dos envelopes pela zona Entre-Portas. As etiquetas, colocadas em todos os envelopes ou lotes fechados, seriam captadas por um leitor, que transmitiria instantaneamente toda a informação necessária ao sistema SAP da empresa (permitindo a eliminação das guias internas) e aos funcionários do Armazém (através dos ecrãs que indicam os horários de entradas e saídas de produtos), que saberiam de imediato como os teriam de organizar para a saída. Isto aceleraria o processo de *shipping* e aumentaria a flexibilidade na conjugação de horários para a entrega aos serviços de transporte. Esta vantagem ganha especial relevância face às limitações físicas do edifício em que o Armazém se encontra, que não permite a acumulação de veículos na zona de expedição dos produtos.

A implementação de um sistema RFID também poderia trazer mais vantagens:

- Eliminação de erros por falha humana, que advêm da impossibilidade de haver uma contagem manual individual dos documentos. Embora não sejam frequentes, dada a natureza sensível dos documentos, um só erro é algo que tem um grande impacto:
 - Para a empresa, em termos financeiros (cada vez que a contagem da INCM não corresponde àquela feita pelos Correios após recepção dos documentos, os documentos são devolvidos ou há multa envolvidas, que podem ser de milhares de euros) e de imagem;
 - Para os clientes, que se vêem privados de documentos importantes;
- Possibilidade de atrasar encomendas no caso em que houvesse pedidos urgentes passíveis de serem transportados na mesma remessa – em vez de requerer dois veículos, um para a entrega prevista e outro para a entrega imprevista e urgente, os documentos não-urgentes poderiam ser retidos até que a eles se juntassem os restantes, aumentando a eficiência do transporte e os seus custos associados;
- Redução de processos redundantes e que não adicionam mais segurança e/ou controlo (contagem e verificação do lado do Armazém);
- Diminuição de tempos e custos associados à eliminação das guias internas, e consequente melhor eficiência de processos.

Uma outra vantagem poderia advir de mais e melhor informação em relação ao inventário, que poderia ser aproveitada pela INCM para otimizar o processo de compras e permitir um melhor acompanhamento das tendências de procura por parte dos clientes. No entanto, a INCM é uma empresa pública, obrigada a fazer as suas compras e encomendas através do código de contratos públicos. A burocracia envolvida implica prazos muito alargados entre a data dos pedidos e aquela em que os produtos chegam, o que, por sua vez, resulta numa dificuldade acrescida para acompanhar a variabilidade da procura. A dificuldade em fazer o caderno de encargos, havendo a necessidade de fazer pedidos com meses de antecedência, foi mesmo distinguida pela secção de logística como um grande entrave na gestão de inventário. Apesar disto, e em jeito de resumo, a implementação de um sistema RFID na zona de segurança e no armazém da Imprensa Nacional-Casa da Moeda tem, à partida, o potencial para aumentar a segurança e a visibilidade dos produtos, reduzir tempos e custos, aumentar a eficiência dos trabalhadores e melhorar o serviço de entrega de documentos personalizados.

Dada a intenção da secção de logística da INCM em implementar um sistema RFID, e uma vez que esta Dissertação tem como objectivo ajudar a empresa a decidir sobre a sua viabilidade, as secções seguintes deste capítulo terão como tema o desenho de um sistema para o caso específico da INCM – incluindo desvantagens e problemas que podem surgir pelo caminho – e a escolha de material.

Embora todas as informações apresentadas se apoiem em vários estudos efectuados por diversos autores, bem como em diversas reuniões com colaboradores de vários departamentos e secções da INCM, o sistema desenhado e o material escolhido são apenas sugestões que exemplificam o desafio que será colocado à INCM caso escolha avançar para a aplicação desta tecnologia. A implementação da RFID não se esgota na simples montagem e instalação do equipamento; é um

processo contínuo de testes de *performance*, treino do pessoal no uso da nova tecnologia, e diálogo entre a INCM e as entidades responsáveis pelo equipamento, tanto a nível físico como de *software*.

4.1 – Especificidades do caso da INCM

Não obstante o facto de a RFID ter grandes vantagens quando comparada com outras tecnologias de detecção, identificação e localização de objectos, a sua fiabilidade aquando da movimentação das etiquetas é difícil de prever, podendo mesmo ser considerada um enorme desafio. Embora existam técnicas para prever o alcance de um sistema RFID e que permitem o desenho de sistemas com um desempenho relativamente previsível (em teoria), a maior parte destas tem grandes limitações na sua aplicação prática. Consequentemente, os sistemas RFID são tipicamente desenhados de forma bastante conservadora, para que as etiquetas passem sempre a uma distância tal dos leitores que garanta resultados consistentes (Hodges *et al.*, 2007).

Tendo por base as características únicas da INCM, nomeadamente no que toca ao *layout* do edifício onde se estuda a hipótese de implementar a RFID e aos processos de negócio, este trabalho tentará sugerir um sistema simples que possa servir como base para uma solução real. Relembrando as conclusões de diversos autores, o desenho dos sistemas tende a ser conservador, sobretudo no que toca ao alcance do sistema. Os estudos consultados também apontam para a dificuldade em conseguir prever com precisão o comportamento da tecnologia RFID num cenário real. Assim sendo, não poderão ser feitas considerações no que toca ao desempenho do sistema sugerido. Caberá à INCM, se decidir implementar um sistema deste género, estar em permanente diálogo com os fornecedores dos equipamentos, a fim de se conseguir um desempenho satisfatório e resultados aceitáveis.

Tal como foi descrito na secção 3.2.1, as remessas enviadas pela Produção podem chegar ao Armazém em mais do que uma leva, mas todos os documentos dirigidos ao mesmo destino são expedidos em simultâneo. De forma a ter uma melhor noção das quantidades em questão, as tabelas em Anexo apresentam os movimentos de entrada no Armazém para o primeiro trimestre de 2016 de alguns tipos de documentos personalizados. Os códigos dos produtos foram alterados de forma a preservar informações confidenciais, as tabelas não incluem passaportes ou cartões de cidadão (são agrupados em lotes) e os movimentos diários de cada tipo de documentos foram aglomerados num só movimento de entrada, uma vez que a sua expedição é feita toda ao mesmo tempo.

Da análise das tabelas de movimentos, pode verificar-se a entrada de milhares de documentos em armazém todos os dias. As médias diárias de Janeiro e Fevereiro são muito próximas (12723 e 12783 documentos por dia, respectivamente), e a de Março é ligeiramente mais baixa (10967). No entanto, uma vez que os documentos podem entrar e/ou sair do Armazém ao mesmo tempo, os valores mais pertinentes de tratar são as quantidades máximas – os leitores devem conseguir lidar com as quantidades máximas de documentos, já que a INCM pretende colocar uma etiqueta em cada envelope. Se conseguirem, então deve assumir-se que as quantidades médias – menores que as máximas – serão tratadas com a mesma eficácia, pelo menos. Pela tabela, pode ver-se que as

quantidades máximas diárias dos três primeiros meses de 2016 estão em valores entre os 27106 (Janeiro) e os 18269 (Março). Seguindo os conselhos dos autores referenciados anteriormente e optando pelo conservadorismo, a INCM deve pensar em leitores que consigam lidar com quantidades iguais ou até superiores ao maior dos máximos. Neste caso em concreto, não havendo dados sobre mais meses, um leitor aceitável para os objectivos da INCM deverá conseguir interrogar pelo menos 27106 etiquetas em simultâneo. No entanto, este objectivo pode ser difícil de se concretizar.

Na impossibilidade de agrupar os documentos todos em lotes (muitos vão directamente para casa dos clientes), a tarefa de colocar uma etiqueta em todos os envelopes antevê-se trabalhosa e pouco eficiente em termos de tempo, custo e trabalho para os funcionários da área de Produção. Michael e McCathie (2005) afirmam que, a longo prazo, a monitorização de produtos ao nível individual é uma inevitabilidade, mas que, por enquanto, as empresas decidem focar-se na monitorização ao nível das caixas ou paletes. Grande parte da razão tem a ver com o preço das etiquetas – etiquetar todos os itens implica custos demasiado elevados para a maioria das empresas. Apesar de a INCM não ter disponibilizado valores limite ou sequer uma expectativa de quanto poderia ser gasto no projecto de implementação de RFID, assume-se que a viabilidade deste projecto tem de estar associada a uma sustentabilidade financeira, pelo que o preço das etiquetas pode tornar proibitivo o custo de usar a RFID em todos os documentos.

Mesmo que o custo de etiquetar todos os documentos seja suportável por parte da INCM e que a Produção arranje uma forma de encaixar uma tarefa demorada e trabalhosa no seu horário, a probabilidade de arranjar um sistema que consiga ler tantas etiquetas em simultâneo é bastante baixa. A grande quantidade de etiquetas, combinada com a presença próxima de metal e plástico (das gaiolas e cassetes, respectivamente) e com o curto intervalo de espaço entre cada etiqueta (cada cassete tem quarenta e sete centímetros de comprimento e consegue levar até quatrocentos envelopes, se não forem muitas) coloca muita pressão sobre os leitores no que à sua eficácia diz respeito. A utilização da tecnologia RFID nestas condições pode não ser tão viável como se esperaria à partida.

Vogt (2002) estudou a viabilidade da identificação de várias etiquetas em simultâneo por parte de um sistema RFID passivo, mas os seus conjuntos não ultrapassavam as oitenta etiquetas. Testes mais recentes feitos por outros autores já referem conjuntos de centenas de etiquetas, como, por exemplo, aqueles feitos por Ramakrishnan e Deavours (2006), no qual foi comparado o desempenho de conjuntos de quarenta e oito, cento e vinte, e cento e quarenta etiquetas de diferentes Classes, ou de Cha e Kim (2005), no qual se testaram a identificação de etiquetas e alguns algoritmos anti-colisão em conjuntos de vários tamanhos que podiam chegar às mil etiquetas. Em toda a literatura investigada no âmbito desta Dissertação não foi possível verificar a existência de testes relativos a conjuntos maiores de etiquetas, e a falta de experiências e resultados científicos concretos é assumida por diversos autores, como é referido na secção 4.1. Tendo em conta o facto de a maioria dos sistemas RFID ser implementada com base em tentativa e erro, é difícil retirar ilações no sentido

de viabilizar ou inviabilizar a possibilidade de leitura de um tão grande número de etiquetas, pelo que não serão feitas considerações nesse sentido.

Caso se verifique a impossibilidade ou impraticabilidade de conseguir um sistema com a capacidade de colocar etiquetas em todos os envelopes e de as identificar eficazmente, convém pensar em algumas alternativas:

- *RFID Tunnel Readers*: no mercado existem soluções que garantem a leitura de quantidades consideráveis de etiquetas em pouco tempo. Os *tunnel readers* parecem-se com as máquinas de raio-x existentes nas zonas de controlo de segurança dos aeroportos – são compostas por passadeiras rolantes que passam por dentro de estruturas rectangulares repletas de leitores. A figura 9 mostra um exemplo. No entanto, as quantidades máximas referidas pelos vendedores aproximam-se das dez mil etiquetas lidas num minuto, o que fica longe da quantidade máxima pertinente ao caso em estudo (27106). Ler a quantidade máxima requereria quase três minutos, e atrasaria bastante as entradas e saídas de produtos em Armazém. Adicionalmente, para que os leitores conseguissem funcionar de forma satisfatória, as etiquetas deveriam estar a distâncias mínimas de alguns centímetros entre si, o que implicaria uma de duas coisas: mudar a forma como as etiquetas são transportadas ou desagrupar etiquetas para o processo de leitura e agrupá-las novamente. Para além disso, o seu tamanho torna-os soluções pouco práticas para implementar na INCM, que tem problemas de espaço;
- Fazer com que as cassetes passem pelos leitores uma a uma: tal como a solução anterior, esta alternativa sofre com o facto de tornar as tarefas de entrada e saída em armazém mais demoradas e ineficientes, embora possa aumentar as hipóteses dos leitores identificarem com sucesso as etiquetas;
- Arranjar cassetes mais pequenas: as cassetes não pertencem à INCM, mas aos Correios, e são utilizadas por várias outras empresas. Embora não seja descartada a hipótese de a INCM chegar a acordo com os CTT quanto à possibilidade de usar cassetes mais pequenas, esta solução parece não ser viável;
- Colocar uma passadeira entre a Produção e o Armazém, de forma a que os documentos possam ser escoados aos poucos: dadas as características físicas do edifício da INCM (a Produção fica num piso superior ao do Armazém, e os corredores por onde os documentos teriam de passar são relativamente estreitos), esta solução não se afigura prática e pode mesmo impedir a passagem das empilhadoras existentes. Para além disso, não resolve o problema da expedição de todos os documentos em simultâneo, apenas o da entrada destes em armazém, e afigura-se uma alternativa bastante dispendiosa;
- Etiquetar apenas os lotes e as cassetes: o aumento da visibilidade aconteceria apenas ao nível de cada remessa, uma vez que haveria simplesmente a substituição das guias internas por entradas na base de dados da empresa. O controlo de produtos continuaria a ser feito com base nas cassetes e não nos documentos individuais, e os funcionários e gestores da INCM continuariam a ter de acreditar que todos os documentos estariam presentes dentro

das cassetes. Mesmo reduzindo drasticamente a quantidade de etiquetas necessárias e garantindo melhores condições para um eficaz funcionamento dos leitores, esta alternativa aumentaria a visibilidade de forma muito pouco significativa para o investimento que seria requerido. Da mesma forma, esta solução não aumentaria o controlo sobre os documentos, já que não haveria a certeza de que uma cassete tinha todos os documentos que diria ter.



Figura 9 – RFID Tunnel Reader

Qualquer solução que se baseie no transporte interno (dentro da INCM) dos envelopes dentro das cassetes e queira aumentar o nível de segurança, prevenindo desvios e diminuindo as oportunidades para os roubos, teria de ter em conta o facto de as cassetes serem abertas. Qualquer pessoa com acesso ao Armazém pode facilmente tirar um ou mais envelopes, desde que estes não venham em lotes embalados. Mesmo nesse caso, também é fácil retirar um lote embalado de uma cassete ou gaiola, dado que o Armazém não tem muitos funcionários. A possibilidade de selar as cassetes foi referida pelos gestores da INCM, mas o facto de estas serem propriedade dos CTT e utilizadas por várias empresas (não há garantias que uma cassete usada pela INCM volte à INCM) dificulta a tarefa, já que os Correios são os únicos fornecedores. Porém, se fosse possível, e combinada com a etiquetagem de cada cassete, esta solução aumentaria a segurança, tornando o desvio ou roubo de material mais difícil. Em alternativa, poder-se-iam selar as gaiolas, mas também estas pertencem aos CTT. Para além disso, as cassetes nem sempre chegam ao Armazém dentro de gaiolas, pelo que essa alternativa seria sempre insuficiente.

Ainda no tópico do aumento de segurança, os cartões dos funcionários do Armazém também poderiam ter uma etiqueta RFID. Nesse caso, saber-se-ia sempre *quem* tinham levado o *quê* para *onde*. Todavia, isso tornar-se-ia pouco viável, uma vez que os trabalhadores andam de um lado para o outro e passariam pelos sensores mesmo sem estarem a carregar documentos. Isso geraria muitos dados “irrelevantes” (para o objectivo de monitorização de produtos) de forma desnecessária, e colocaria questões relacionadas com a invasão da privacidade e a excessiva monitorização dos empregados por parte da entidade empregadora.

Para além da invasão da privacidade dos empregados, a privacidade das pessoas exteriores à empresa também pode ser uma questão importante. A capacidade para etiquetar itens destinados às casas das pessoas – neste caso específico, documentos que poderão andar com essas pessoas para todo o lado – gera preocupações relacionadas com a protecção da privacidade, roubo de identidade e a intrusão das empresas na vida pessoal dos seus clientes (Curtin *et al.*, 2007).

Por outro lado, a zona de armazenagem dos documentos pode gerar alguns problemas. A colocação de leitores nas portas de saída tem por objectivo assinalar a presença de etiquetas aquando da sua saída da INCM, o que permite saber quais os documentos que saíram e a data e hora a que isso aconteceu. No entanto, tal como foi referido na secção 3.2.1, os documentos são guardados numa zona do Armazém perto da zona de expedição, num processo parecido com *cross-docking*. A presença de etiquetas suficientemente perto de um leitor da saída, mesmo quando não estão realmente de saída do Armazém, pode provocar vários erros, no sentido em que as etiquetas estão na zona de interrogação desse leitor mas não estão a sair das instalações. Isto pode levar a situações em que as mesmas etiquetas são lidas várias vezes, sem nunca se saber se efectivamente os documentos a que se referem já foram expedidos ou não. Duas sugestões para minimizar este tipo de situações são a colocação dos documentos mais longe das portas, ou, na impossibilidade de isso acontecer, sincronizar os leitores para efectuarem a interrogação das etiquetas apenas quando há expedição confirmada. Esta situação, no entanto, não apanharia qualquer movimentação não programada – propositada ou não – dos produtos etiquetados e não contribuiria para o aumento de segurança. Furtos ou desvios passariam sem serem detectados, bastando para isso saber as horas a que os leitores estão programados para interrogar as etiquetas. Adicionalmente, esta solução exigiria *input* humano no sistema, de forma a programar os leitores para os tempos certos. Como acontece em todas as actividades que necessitam de *input* humano, os erros podem acontecer. Pode estar marcada a hora errada, ou haver uma mudança de horários que não foi actualizada no sistema, por exemplo. As etiquetas passariam pelos leitores à saída e estes não teriam ordem para as detectar, ou, quando fosse finalmente hora de ligar, os leitores não detectariam etiquetas ou apenas apanhariam as etiquetas que estão paradas suficientemente perto para serem detectadas.

Controlar e assegurar a segurança de todos os documentos produzidos antevê-se um problema complicado de resolver. Dada a aparente dificuldade de um sistema RFID em lidar com todas as características inerentes às instalações e processos da INCM, a identificação e monitorização individual de cada documento pode ser uma opção demasiado ambiciosa ou impraticável. Porém, a acontecer, a introdução da RFID apenas para uma porção do total dos produtos da empresa numa

primeira fase é uma estratégia que faz sentido do ponto de vista teórico. Testar o sistema e avaliar o seu desempenho numa amostra pequena limita a quantidade de ajustes que têm de ser feitos e limita a extensão dos erros cometidos, sobretudo no início da utilização da tecnologia, altura em que mais erros acontecem.

4.2 – Solução RFID proposta

Com base nas características da tecnologia RFID, nas informações expostas neste capítulo e nas expectativas da INCM face à capacidade de monitorizar todos os documentos de forma individual, este trabalho apresenta uma sugestão de implementação de tecnologia RFID.

Face às dimensões do edifício da INCM, às características do negócio e processos existentes, a alternativa que mais sentido parece fazer é um sistema RFID UHF passivo:

Sistemas RFID passivos baseiam-se nos princípios operacionais da transmissão de potência sem fios e comunicação por retrodifusão. Um leitor transmite ondas electromagnéticas para o ar e as etiquetas usam os campos de radiação como energia de activação. As ondas electromagnéticas são parcialmente reflectidas e moduladas pelas etiquetas, permitindo ao leitor recolher a informação nelas contida. As etiquetas passivas podem ser as menos sofisticadas, mas são também as mais baratas. Dado que a INCM não precisa de etiquetas muito sofisticadas, esta parece ser a opção que faz mais sentido;

Dada a combinação do tamanho das etiquetas com o alcance de leitura, a capacidade de controlar a zona de leitura através de antenas direccionais nos leitores, o potencial para a descida do preço das etiquetas e *read rates* altas, a maior parte dos esforços de promoção de utilização de RFID ao nível da palete ou mesmo ao nível individual de cada item são direccionados para as etiquetas UHF (Curtin *et al.*, 2007). A banda UHF permite um maior alcance de leitura do que as bandas de frequências mais baixas, mas é também mais susceptível a interferências do meio ambiente (Clarke *et al.*, 2006). No entanto, dadas as dimensões do edifício, é preciso um sistema que consiga ler etiquetas a pelo menos um ou dois metros de distância, e a banda UHF permite isso.

Os leitores, também conhecidos como interrogadores, podem ser usados numa grande variedade de situações e locais, como linhas de montagem, paredes ou portas. Cada montagem e combinação de antenas entre leitores e etiquetas tem um determinado alcance de leitura (Clarke *et al.*, 2006). Os leitores podem ser fixos ou portáteis, e os fixos são mais potentes e não dependem de qualquer acção humana, embora sejam mais caros. Dada a intenção da INCM em ter mais controlo sobre os seus documentos e de ter uma dependência menor do *input* humano, a opção seguida neste trabalho recai sobre leitores fixos.

A figura 10 apresenta a planta da INCM com a localização sugerida dos leitores, simbolizados pelas bolas vermelhas e azuis e numerados de zero a oito.

Independentemente da decisão de etiquetar os documentos individualmente ou só as cassetes, as etiquetas teriam de ser colocadas pela Produção (número 0 na figura 10). Caso se verifique a

primeira situação, as etiquetas teriam de ser postas no interior dos envelopes, para não interferirem com as máquinas de leitura dos CTT. Caso seja a segunda, as etiquetas teriam de ser colocadas numa das faces das cassetes. Esta decisão influencia a localização das etiquetas, e consequentemente também a localização dos leitores.

Etiquetas colocadas em envelopes beneficiariam mais de leitores colocados em altura e direccionados para baixo, de forma a apanhar o máximo número de etiquetas possível. Leitores ao nível das cassetes e com zonas de interrogação na horizontal não teriam tantos problemas relacionados com o empilhamento das cassetes, mas sofreriam muito mais com a quantidade de etiquetas não orientadas para o seu campo de orientação. Pela mesma ordem de ideias, caso as etiquetas sejam aplicadas numa das faces das cassetes, a solução mais viável é a contrária.

A figura 10 representa os leitores com cores diferentes, indicando dois cenários possíveis. Como nota, relembra-se o facto de alguns dos leitores poderem ser substituídos por antenas ligados a um ou mais leitores, caso estes tenham capacidade para isso.

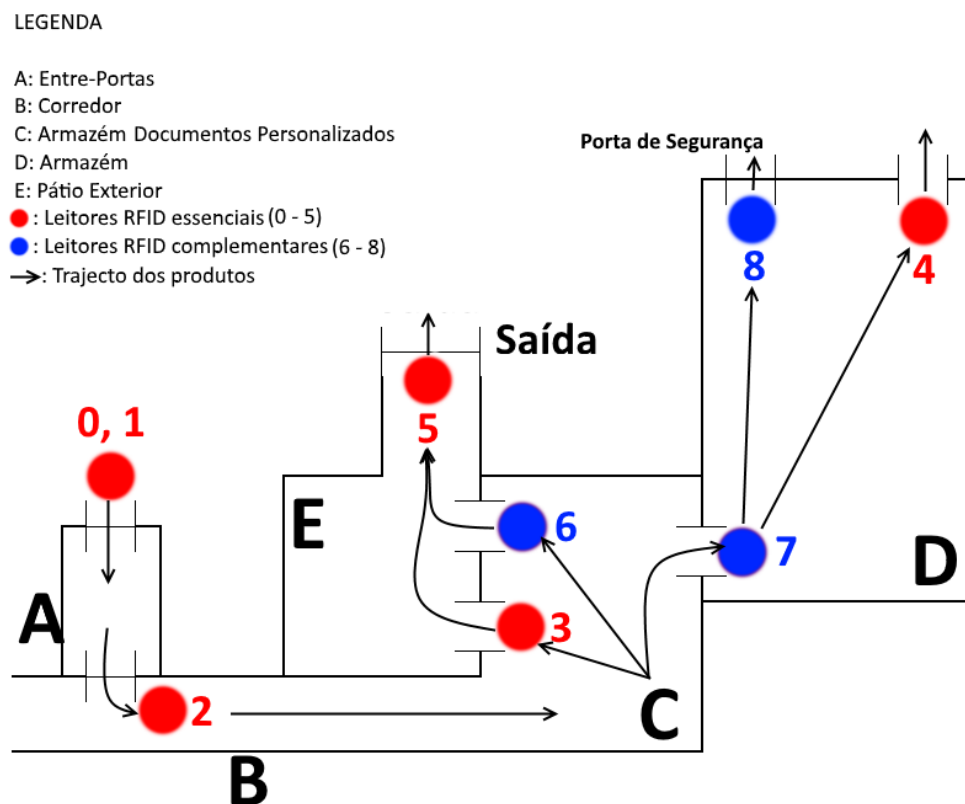


Figura 10 – Sistema RFID proposto

A vermelho indicam-se as posições mais críticas para a localização dos leitores, ou seja, o número mínimo de posições que deve ser monitorizada. Com o número zero temos um leitor à saída da Produção, que elimina a verificação e contagem por parte dos funcionários da Produção e serve

como primeira linha no aumento da visibilidade e controlo. Os números um e dois representam leitores/antenas em ambos os lados da zona Entre-Portas. Com o número três temos o leitor que faz o controlo da expedição dos documentos, e o número cinco dá a INCM a garantia de que os produtos saíram das suas instalações. O número quatro representa a porta de saída de outra parte do Armazém, que é raramente utilizada para a expedição de documentos mas que convém ser contabilizada.

A azul é apresentado um cenário complementar àquele exposto no parágrafo anterior. Dado que existem duas portas na zona de expedição dos documentos (letra C), os leitores número três e seis podem trocar entre si. Pode haver só um leitor, ou ambos. Dois leitores aumentam o nível de controlo e segurança, garantindo que, seja qual for a porta usada, o sistema apanha as etiquetas que por ali passam. Se for usado apenas um leitor, independentemente da porta escolhida, a solução fica mais barata mas também menos segura. O leitor número sete serve para garantir a visibilidade da entrada de documentos numa área do Armazém menos esperada e normalmente reservada para outro tipo de produtos (letra D), e o leitor número oito representa o caso mais raro, que é a utilização da porta de segurança para a expedição de documentos.

Mais leitores podem ser colocados, sobretudo no corredor que liga a zona Entre-Portas à zona de expedição, e no armazém representado pela letra D. No entanto, comparando com o custo que isso acarretaria, o aumento de visibilidade e de segurança que trariam seria pouco significativo. Utilizar dois leitores no espaço de um, fazendo uma espécie de portal em cada porta por onde os documentos passam, é uma solução igualmente possível, embora acarrete o dobro dos custos e o dobro do volume de dados gerados. Todavia, um sistema baseado em portais tende a possuir melhor fiabilidade de leitura e, numa empresa que pretende acabar com os erros de leitura e controlar todos os documentos, o *trade-off* pode compensar.

Embora a colocação dos leitores pareça ser, em teoria, lógica, os resultados práticos podem não corresponder àquilo que é pretendido pela INCM. Como foi já referido anteriormente, a tarefa de implementar uma solução RFID representa um grande esforço de tentativa e erro, e os poucos resultados científicos disponíveis podem não servir de orientação para o caso específico da Casa da Moeda.

4.3 – Selecção de material RFID

Uma vez que não é possível prever exactamente como os campos de radiofrequência se vão comportar numa determinada situação específica, nem o alcance real atingido pelos leitores, esta Dissertação baseia-se em informações disponibilizadas por autores que efectuaram estudos de desempenho de material RFID. Devido às características das ondas RF e da grande dependência do desempenho das etiquetas e leitores relativamente ao ambiente em que se encontram (ruído, materiais presentes, interferências, por exemplo), ressalva-se que os resultados alcançados pelos autores mencionados não são automaticamente aplicáveis à situação específica da INCM. Assim sendo, muito embora as informações disponibilizadas possam ser úteis ao providenciarem

expectativas de desempenho e possíveis medidas de comparação, convém lembrar que uma eventual implementação prática do sistema RFID será feita com base em tentativa e erro.

As escolhas de material referidas neste trabalho são apenas sugestões de entre uma lista pequena de equipamento disponível, e não esgotam todas as alternativas existentes no mercado. Porém, as secções seguintes procuram servir de orientação, alertando a INCM para alguns critérios de decisão que podem pesar mais na altura de escolher.

4.3.1 – Etiquetas

A INCM pretende colocar etiquetas em todos os envelopes que saem da Produção. Dado que a única coisa que se almeja controlar é a presença (ou não) dos documentos, essas etiquetas incluiriam apenas um identificador, pelo que não teriam de ter grande sofisticação ou grandes capacidades de memória. Assim, e aproveitando também o facto de serem mais pequenas e baratas do que as demais, as etiquetas em questão deverão ser passivas e com frequência operacional na banda UHF. Segundo Catarinucci *et al.* (2011), a adopção de tecnologia RFID passiva na banda UHF cresce rapidamente. Devido ao seu baixo custo relativo e facilidade de utilização, esta tecnologia passou a ser uma referência.

É vontade da INCM adquirir etiquetas já com identificação previamente programada, como as etiquetas EPC, poupando aos funcionários da Produção o trabalho de as imprimir e programar.

Uma etiqueta RFID passiva é composta por dois elementos principais: um *chip*, que guarda dados em memória e faz operações segundo os seus protocolos, e uma antena. Esta tem vários papéis, tais como absorver energia, receber os sinais dos leitores e enviar sinais modulados da etiqueta. O tipo de *chip* determina a potência mínima para activar os circuitos, e o tipo de antena tem efeitos na eficácia e eficiência da transmissão da potência ao *chip*.

Em sistemas RFID passivos, as etiquetas recebem energia dos leitores para funcionar. Existem limitações no alcance do sistema, tanto na ligação leitor-etiqueta, como na ligação etiqueta-leitor. A primeira depende da capacidade das etiquetas de recolherem energia por RF e, mais especificamente, da sua sensibilidade (potência mínima necessária para se ligar). A segunda depende da força do sinal enviado de volta pelas etiquetas relativamente ao nível de barulho do ambiente em que se encontram, ou seja, da relação sinal-ruído (Catarinucci *et al.*, 2011).

Os autores supracitados testaram um conjunto de etiquetas RFID UHF passivas e mediram a sua sensibilidade. Os resultados são apresentados na tabela 3.

| Etiquetas | Sensibilidade Medida (dBm) |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Alien Squiggle | -12,37 |
| Impinj Thin Propeller | -14,74 |
| Smartrac Short Dipole | -11,96 |
| Smartrac DogBone | -12,31 |

Tabela 3 – Sensibilidade (dBm) de etiquetas RFID UHF passivas (adaptado de Catarinucci *et al.*, 2011).

Quando a sensibilidade é medida em dBm, esta é tanto melhor quanto mais negativo for o valor alcançado. Pela tabela é possível verificar que, de entre as etiquetas testadas, as Impinj Thin Propeller são as que têm maior sensibilidade. Isto significa que são as que requerem menos potência mínima para serem activadas.

Relativamente à relação sinal-ruído, esta é altamente dependente das etiquetas e do ambiente em que se encontram, pelo que qualquer resultado em testes não é facilmente aplicável a outras soluções. No entanto, nos testes efectuados por Catarinucci *et al.* (2011), as etiquetas Impinj Thin Propeller apresentaram os melhores resultados na banda UHF de frequências europeia.

Tendo por base as etiquetas utilizadas no estudo supracitado, a tabela 4 resume outras características importantes, como as dimensões, o preço médio a que são vendidas, os padrões seguidos, e a memória disponível para o código EPC e para mais informação que os utilizadores quiserem incluir.

| Etiquetas | Dimensões | Preço Médio | Padrão Seguido | Memória EPC | Memória Utilizador |
|-----------------------|------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Alien Squiggle | 94,8 x 8,1 mm | € 0,12/etiqueta | EPC Class 1 Gen2, ISO 18000-6C | 128 bits | 128 bits |
| Impinj Thin Propeller | 95 x 8 mm | € 0,06/etiqueta | EPC Class 1 Gen2, ISO 18000-6C | De 128 a 496 bits | De 32 a 512 bits |
| Smartrac Short Dipole | 93 x 11 mm | €0,11/etiqueta | EPC Class 1 Gen2, ISO 18000-6C | De 128 a 496 bits | De 32 a 512 bits |
| Smartrac DogBone | 97 x 27 mm | € 0,11/etiqueta | EPC Class 1 Gen2, ISO 18000-6C | De 128 a 496 bits | De 32 a 512 bits |

Tabela 4 – Características importantes das etiquetas RFID UHF passivas (fonte: consulta das páginas dos fabricantes do equipamento na internet)

Pela tabela é possível ver que, para além de serem as que apresentam melhores resultados, as etiquetas Impinj Thin Propeller são tipicamente mais baratas. Os preços aparecem em dólares americanos, dado que a maior parte das lojas que vende etiquetas se situa nos Estados Unidos, tal como os fabricantes das etiquetas. Todas elas apresentam adequabilidade à utilização em papel ou plástico, e dimensões que as tornam passíveis de serem usadas nos envelopes e nas cassetes. Os padrões seguidos são iguais, e qualquer uma das alternativas é viável em termos de memória. A norma ISO 18000-6C é equivalente ao protocolo EPC Gen2, e trata de parâmetros para a comunicação sem fios em frequências situadas entre os 860 e os 960 MHz.

Como nota, convém referir que, no estudo efectuado por Catarinucci *et al.* (2011), as duas últimas etiquetas tinham os nomes de UPM *Short Dipole* e UPM *DogBone*. Porém, os negócios de RFID da UPM foram comprados pela Smartrac, e as etiquetas desta marca começam agora com o nome da empresa compradora.

4.3.2 – Leitores

Segundo um estudo efectuado pela ODIN Technologies Labs (2007), uma organização dedicada a testar material RFID, a selecção do leitor certo para uma empresa é algo que requer avaliação técnica e também um olhar crítico para a realidade do negócio. Cada caso é um caso e os critérios de selecção devem ser aqueles que mais importam para a situação em mãos.

Os leitores UHF estão a tornar-se nos mais presentes no mercado, mas cabe às entidades interessadas em implementar este tipo de dispositivos a tarefa de separar aquilo que são estratégias de *marketing* por parte dos vendedores e as expectativas reais quanto ao desempenho dos equipamentos. O mercado está cheio de declarações exageradas e dados não padronizados, pelo que a tecnologia pode ser mal aplicada, o que leva a erros dispendiosos e possível abandono de processos com potencial (ODIN Technologies Labs, 2007). Clarke *et al.* (2006) são da mesma opinião, e afirmam que testes científicos desmentem as taxas de leitura anunciadas pelos fabricantes; as taxas reais são bem menores e ficam bastante longe dos 100% de etiquetas detectadas. No caso específico da INCM, esse facto pode ser um entrave bastante grande à aplicação da tecnologia, uma vez que a intenção é de a usar como maneira de aumentar a segurança e o controlo dos documentos.

O desempenho dos leitores é crucial para uma implementação de sucesso da tecnologia RFID por quatro grandes razões (ODIN Technologies Labs, 2007):

- A exactidão na recolha de dados é essencial – se um leitor falhar na captura de etiquetas, não há *middleware*, truques de integração ou eficiência de processos que as possam recuperar;

- São os componentes mais complexos de um sistema RFID – o sistema sem fios que recolhe os dados relativos às etiquetas é bastante complexo, e o sucesso só é possível se os leitores conseguirem gerir uma grande quantidade de variáveis;
- A manutenção de um leitor é dispendiosa (ao contrário dos leitores de códigos de barras; segundo a INCM, a única manutenção requerida é a troca de pilhas) – frequentes *upgrades* de *firmware*, optimizações de configuração e diagnósticos de desempenho são vistos como potenciais problemas ainda por resolver;
- As decisões de implementação são difíceis de reverter – a implementação de leitores é uma decisão de negócio que afecta orçamentos, processos e sistemas, e as empresas correm o risco de gastar muito em soluções que se tornam rapidamente inadequadas ou obsoletas.

Assim sendo, torna-se vital saber exactamente aquilo que se quer e ter noção das capacidades reais dos equipamentos. Os testes da ODIN Technologies Labs (2007), efectuados a uma selecção de leitores disponíveis na Europa, podem servir como base de comparação aquando da selecção do equipamento a introduzir. Estes testes tiveram por base as seguintes medidas de desempenho:

Análise de potência de saída

A maior parte dos leitores permite controlar a potência de saída dos sinais RF. Esta potência deve ser uniforme ao longo de toda a gama de frequências em que o leitor funciona e também igual em todas as portas às quais se ligam as antenas.

Potência de canal ocupado

Todos os leitores devem funcionar em conformidade com as normas impostas no espaço geográfico em que se encontram. Esta medida refere-se ao cumprimento ou não da norma ETSI (Instituto Europeu de Padrões de Telecomunicações) EN 302-208, que regula a emissão permitida por dispositivos de curto alcance, dos quais os leitores RFID fazem parte. O não cumprimento desta norma por excesso pode causar demasiada interferência em leitores adjacentes e diminuir o desempenho global de um sistema.

Sensibilidade de recebimento

Testa a sensibilidade do leitor perante a degradação dos sinais enviados pelas etiquetas e a sua capacidade de os captar e ler com sucesso.

Rejeição de interferência

Medida que diz respeito ao efeito provocado por um sinal de interferência no desempenho de um leitor.

Velocidade de aquisição de etiquetas

Um dos atributos principais de um leitor é a sua capacidade de lidar com um grande número de etiquetas, e esta medida representa a quantidade máxima que cada leitor consegue identificar num determinado período de tempo.

Distância de leitura

Esta é a distância máxima à qual os leitores conseguem identificar e captar informação das etiquetas.

Stretch Wrapper

Desempenho dos leitores no caso de haver grandes quantidades de etiquetas num espaço propositadamente limitado a serem lidas em simultâneo.

A tabela 5, apresentada de seguida, expõe os resultados obtidos. A coluna referente ao cumprimento da norma ETSI EN 302-308 foi omitida, uma vez que todos os leitores satisfaziam essa condição. A coluna "Portas" foi adicionada à tabela, e diz respeito ao número de portas disponíveis para se ligarem antenas adicionais. À excepção da última coluna, nos campos assinalados com um número, esse número representa a classificação do leitor num determinado campo. Assim, o número um representa o melhor leitor nesse campo, e o sete o pior.

| Leitores | Potência Saída | Sensibilidade Recebimento | Rejeição Interferência | Velocidade Aquisição | Distância Leitura | Stretch Wrapper | Portas |
|------------------|----------------|---------------------------|------------------------|----------------------|-------------------|-----------------|--------|
| Sirit IN510 | Alta | 6 (Média) | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| ImpinjSpeedway | Alta | 2 (Alta) | 4 | 2 | 3 | 1 | 4 |
| Motorola XR480EU | Alta | 4 (Média) | 3 | 3 | 2 | 4 | 8 |
| Intermec IF61 | Alta | 3 (Média) | 6 | 6 | 6 | 3 | 4 |
| Alien ALR8800 | Alta | 5 (Média) | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 |
| Caen A948EU | Baixa | 1 (Alta) | 1 | 5 | 4 | 7 | 4 |
| Feig LRU2000 | Alta | 7 (Baixa) | 7 | 7 | 7 | 6 | 4 |

Tabela 5 – Leitores RFID testados (adaptado de ODIN Technologies Labs, 2007)

Os resultados obtidos permitem destacar três marcas de leitores como aqueles com melhor desempenho global: Sirit, Impinj e Motorola. Para a grande maioria das implementações, estes leitores dão boas garantias de funcionamento, desde que sejam conhecidas as suas configurações e as possibilidades de optimização. Alguns dos restantes leitores destacam-se num determinado critério mas acabam com uma pior classificação global. O leitor Caen, por exemplo, apresenta a maior sensibilidade de recebimento e capacidade de rejeição de interferências.

À altura da elaboração desta Dissertação, os leitores Sirit IN510 e Intermec IF61 já não eram fabricados. Os preços dos leitores não estão apresentados, uma vez que são bastante semelhantes. Em média, qualquer um destes leitores custa cerca de €1400.

Em vez de instalar um leitor em cada ponto de interesse para detecção de etiquetas, a INCM pode optar por comprar antenas referentes aos leitores escolhidos e ligá-las a estes. Esta alternativa pode representar uma poupança monetária, sem comprometer o desempenho do sistema. Porém, as antenas devem estar ligadas aos seus respectivos leitores através de cabos físicos, e, dependendo das localizações, isso pode ser ou não uma solução viável.

4.3.3 – Middleware

Há uma associação positiva entre a aplicação de tecnologias de informação e a adopção de RFID. Porém, empresas que considerem implementar tecnologia RFID devem primeiro garantir que têm uma infra-estrutura de tecnologias de informação apropriada, de modo a conseguir processar, armazenar e integrar a quantidade de dados gerada por um sistema RFID, e também aproveitar o potencial desta tecnologia para melhorar as suas operações. Uma infra-estrutura de TI insuficiente ou incapaz é um indicador que revela ser necessário um maior investimento antes de se prosseguir com a adopção da RFID. Por esta ordem de ideias, as empresas devem considerar o investimento a fazer em TI. Investir de forma insuficiente pode ter como consequência a falta de recursos humanos ou tecnológicos para complementar a implementação em tempo útil e em boas condições, o que pode levar ao adiamento dos benefícios esperados da RFID (Whitaker *et al.*, 2007). A tecnologia RFID, por si só, não consegue fazer tudo aquilo que os decisores numa empresa desejam. Em termos de gestão, não servirá de muito ter um espaço repleto de sensores e etiquetas, se os dados recolhidos não ficam disponíveis para análise. Aos decisores interessa a informação gerada por um sistema RFID modelada de acordo com as análises que quiserem fazer. A RFID consegue capturar movimentos de objectos de forma rápida e relativamente fácil, mas é o *middleware* que vai transformar tudo aquilo que os leitores apanham em informação. Consequentemente, a integração do *middleware* com o *software* de gestão já existente na INCM torna-se num factor determinante relativamente ao sucesso da implementação de um sistema RFID.

O departamento de Informática da INCM garantiu que o seu sistema SAP está preparado para a adopção da RFID e do volume grande de dados que é esperado. A INCM não antevê problemas em relação ao armazenamento e gestão de dados, e, relativamente à integração de plataformas, também foi garantido que o SAP é um sistema com grandes capacidades de flexibilidade para integrar tecnologia nova. Em relação à implementação de um sistema RFID com base em etiquetas com código EPC, a INCM planeia criar tabelas de correspondência entre o seu código interno para os produtos e o código EPC de cada etiqueta. Assim, as etiquetas apenas têm de incluir um código EPC, e isso torna desnecessária a inclusão de uma *killswitch* que forçasse as etiquetas a deixarem de transmitir informação depois de saírem das instalações da INCM. Qualquer entidade que consiga captar os seus sinais fora da INCM apenas tem acesso ao EPC, e não ao que esse EPC significa dentro da INCM.

Por depender fortemente da infra-estrutura de *software* existente, a melhoria de produtividade associada ao uso de RFID é conseguida através da adopção de soluções já existentes, uma vez que os custos de implementar um *middleware* de raiz são bastante significativos (Frischbier *et al.*, 2006). Assim sendo, este trabalho apresenta as conclusões a que chegaram Sheng *et al.* (2008), ao avaliarem algumas plataformas de integração de dados. A análise das alternativas foi feita pelos autores maioritariamente com base em manuais de utilização, já que as publicações científicas com detalhes apropriados são poucas ou inexistentes.

A tabela 6 apresenta uma comparação entre três *middleware* diferentes.

| Plataforma | Escalabilidade | Heterogeneidade | Gestão | Segurança | Abertura |
|-------------------------------|--|--|--|---|--|
| WinRFID | Módulos contidos | Módulo para protocolos RFID publicados e XML Framework para representação de dados | Consola de gestão WinRFID | Autenticação e suporte à restrição de acesso a dados RFID | Framework baseada em padrões (XML, Web Services) |
| SAP All | Controladores de dispositivos distribuídos | Interface independente do hardware utilizado | Administrador Auto-ID, ferramentas para simular e testar mensagens e leitores RFID | Não tratada | Com base nos padrões EPCglobal |
| Sun Java System RFID Software | Arquitectura distribuída do Gestor de Eventos RFID | Adaptadores de dispositivos extensíveis | Interface baseada em browser para a monitorização centralizada e gestão de dispositivos e serviços | Serviços de segurança no Java Enterprise System | Arquitectura orientada para o serviço (SOA) e baseada em padrões |

Tabela 6 – Plataformas de integração de dados (adaptado de Sheng *et al.*, 2008)

WinRFID é um *middleware* que permite um desenvolvimento rápido de aplicações RFID, e é composto por cinco camadas:

- Camada física – etiquetas e leitores;
- Camada de protocolo – aplica abstracção aos protocolos existentes entre leitores e etiquetas;
- Camada de processamento de dados – processa os fluxos de dados gerados pela rede de leitores;
- Camada XML *Framework* – está ligada à representação dos dados;
- Camada de apresentação dos dados.

Com este *middleware*, a adição de novos leitores, protocolos e regras de transformação de dados é feita nos módulos correspondentes sem degradação significativa na estrutura existente. A filtração, agregação e adaptação dos dados é feita por um motor baseado em regras.

SAP All é um *middleware* construído no SAP *Web Application Server*, que é por sua vez parte da plataforma de integração *NetWeaver* da própria empresa. Tem quatro camadas:

- Camada *Device* – suporta diferentes tipos de sensores através de uma *interface* independente do *hardware* utilizado;
- Camada *Device Operation* – contém controladores e coordena os vários dispositivos;
- Camada *Business Process Bridging* – associa a informação com os processos de negócio existentes;
- Camada *Enterprise Application* – suporta os processos de negócio, como a gestão das relações com os clientes.

Para além de ser uma alternativa SAP, e por isso teoricamente mais simples de integrar com o sistema SAP da INCM, este *middleware* também permite a realização de testes sem a necessidade de instalação de dispositivos, fornecendo ferramentas para simular a presença de leitores.

Sun *Java System RFID Software*, propriedade da Oracle desde a sua aquisição da Sun Microsystems em 2010, é um *middleware* que providencia serviços em rede através de vários protocolos e *interfaces* padronizados. É composto por duas grandes partes:

- Gestor de Eventos – processa (filtra, agrega) os dados RFID;
- Servidor de Informação – permite o acesso aos eventos de negócio gerados pelo Gestor de Eventos e funciona como uma camada que oferece várias opções para a integração com as aplicações usadas pelas empresas.

Não foi possível verificar o preço individual de cada uma destas plataformas. Há alguns anos atrás o preço por uma licença de *middleware* rondava os €111000. Hoje em dia, estas situam-se num intervalo que vai dos €4500 aos €18000 (Nurminen, 2016).

Todos os vendedores de *middleware* garantem que o seu produto é intuitivo, flexível e facilmente integrável com qualquer sistema de gestão no mercado. No entanto, não é possível saber se isso é

de facto verdade sem experimentar. Assim, muito embora não tenha sido testado nenhum *software* num cenário real, este trabalho não pode deixar de referir que muito do sucesso de uma eventual implementação de um sistema RFID se deverá ao diálogo entre o departamento de Informática da INCM e o fabricante do sistema, no sentido de garantir o eficiente armazenamento dos dados e de conseguir uma integração óptima entre o *middleware* e o sistema SAP da empresa.

4.4 – Conclusão

A INCM pretende instalar um sistema RFID que possibilite um maior controlo e visibilidade dos documentos personalizados. A colocação de uma etiqueta em cada envelope podia ser uma solução nesse sentido, uma vez que permitiria a identificação individual de cada documento a entrar e/ou sair do Armazém, bem como a notificação imediata de situações em que algo estivesse em falta ou fosse desviado. Mais vantagens incluiriam a eliminação de erros por falha humana, o aumento da eficiência da recepção e expedição de documentos, e a redução de processos redundantes. Todavia, as dificuldades inerentes ao desenho de um sistema RFID, aliadas às características da tecnologia e às especificidades do caso da INCM, tornam a implementação de um sistema numa tarefa cuja viabilidade se torna discutível.

Tendo por base as informações acima descritas, ressalva-se que o desenho de sistemas RFID tende a ser feito de forma conservadora e não otimizada, de forma a conseguir um desempenho aceitável num cenário real. Assim, optando pelo conservadorismo, foi estudada a introdução de um sistema simples, que deve servir como guia para uma eventual implementação e não como solução definitiva. Devido às dificuldades em prever o comportamento real do sistema, não foram feitas considerações relativamente ao seu desempenho, mas ressaltou-se o facto de a implementação envolver várias entidades dentro e fora da INCM, e que o diálogo entre todas seria o caminho mais seguro para garantir uma implementação de sucesso.

Como foi referido anteriormente, a INCM pretende identificar todos os documentos que produz para efeitos de controlo e segurança. Porém, a quantidade destes produtos que entra no Armazém diariamente coloca sérios desafios a esta opção. Milhares de documentos, colocados lado a lado dentro de cassetes de plástico e com um espaço minúsculo entre si, são levados da Produção para o Armazém todos os dias. Uma vez que a expedição é feita com todos os documentos de cada remessa, independentemente do número de recepções feitas, conclui-se que, para um sistema funcionar como a INCM pretende, os leitores teriam de conseguir lidar com as quantidades máximas de documentos esperadas. A fim de se saber com mais precisão o número de documentos com que um leitor teria de lidar, foram consultadas tabelas de movimentos de entrada em armazém disponibilizadas pela INCM e que dizem respeito ao primeiro trimestre de 2016. O resultado obtido deixa antever grandes dificuldades em conseguir concretizar o objectivo da empresa.

Na impossibilidade de se agrupar os documentos todos em lotes, excepção feita aos passaportes e cartões de cidadão, a identificação individual de todos os documentos através de uma etiqueta em

cada envelope parece ser, na prática, uma opção difícil de concretizar e igualmente difícil de substituir. Testes de vários autores nunca chegam perto das quantidades exigidas aos leitores da INCM, e a tecnologia deixa grandes dúvidas quanto à sua fiabilidade em situações semelhantes, mas a dificuldade em prever o comportamento dos equipamentos em cenários reais é relembada.

Várias alternativas à etiquetagem individual são analisadas, como a colocação de *tunnel readers* ou passadeiras rolantes, alterações de processos e até a opção de arranjar uma maneira diferente de se agruparem os envelopes. Porém, embora não traga aumentos significativos de controlo e segurança, a única alternativa que parece ter alguma viabilidade é a identificação de cada cassete e de cada lote. A opção de selar as cassetes é proposta, no sentido de conseguir aumentar a segurança dos documentos, mas o facto de as cassetes serem propriedade dos CTT (único fornecedor) e usadas em vários outros sítios para além da INCM pode colocar algumas dificuldades. O *layout* do edifício também é considerado um factor que pode gerar alguns problemas a um eventual sistema, dada a proximidade verificada entre a zona de armazenamento dos documentos e a zona de expedição. A presença constante de etiquetas próximas de leitores que apenas deveriam assinalar a sua saída do Armazém pode ser uma fonte de confusão e potenciais erros.

Apesar das informações recolhidas não darem garantias de que um sistema RFID funcione nos moldes que a INCM pretende, é sugerido um sistema com colocação de leitores em todas as portas por onde os documentos passam, desde a sua saída da Produção até à sua saída definitiva das instalações. Com base na planta do edifício e nas especificidades da tecnologia e dos processos existentes na INCM, é proposto um sistema passivo UHF. Esta opção tem implicações no equipamento sugerido, que é analisado à luz de vários testes efectuados por diversos autores. Assim, são vistas com algum detalhe as características principais de algumas etiquetas, leitores e plataformas de integração.

A opção de instalar um sistema RFID para identificar todos os documentos personalizados parecia ser, em primeira análise, viável. No entanto, as características da tecnologia e da própria situação da INCM colocam sérias dúvidas em relação à capacidade de conseguir um sistema que permita alcançar os objectivos desejados pela empresa. Em todo o caso, a proposta de um sistema e de equipamento pode servir de base a decisões importantes, concretize-se ou não a implementação da RFID. Embora as informações recolhidas tenham utilidade, já que providenciam algumas medidas de desempenho e expectativas de funcionamento a ter em atenção na altura de escolher uma solução RFID, a conclusão principal deste capítulo é a de que qualquer implementação de um sistema tem por base tentativa e erro e o diálogo entre a INCM e as entidades fornecedoras do equipamento escolhido.

5 – Síntese Final e Conclusões

A Imprensa Nacional-Casa da Moeda é uma empresa que produz uma vasta gama de artigos e oferece uma grande variedade de serviços. A natureza e variedade dos produtos oferecidos, os diferentes tempos de armazenamento e prazos de entrega, bem como a oferta dos serviços de personalização e entrega directa ao endereço do destinatário (quando requeridos), tornam a logística numa área fulcral no funcionamento da empresa. Um dos problemas com que a INCM se depara está relacionado com o controlo e monitorização de documentos personalizados. A sua quantidade torna a sua identificação individual impraticável com o actual sistema de códigos de barras, e isso pode dar origem a possíveis falhas de segurança, a erros humanos e a situações em que não se tem a certeza sobre a presença ou não de determinados documentos numa remessa. Assim, a fim de aumentar a visibilidade e o controlo sobre os produtos (e conseqüentemente a segurança), reduzir tarefas redundantes e os custos desnecessários daí resultantes, e tornar mais eficiente a recepção e expedição de documentos, a implementação de um sistema de monitorização com base em RFID pode ser uma solução viável. Com isto em mente, o principal objectivo da Dissertação prende-se com o estudo dos eventuais desafios, oportunidades, vantagens e desvantagens que advêm da implementação na empresa de um sistema deste género. Este trabalho deverá servir de guia para a INCM decidir se avança para a introdução de tecnologia RFID no seu Armazém e, se isso se verificar, qual o tipo de problemas que podem surgir e quais as medidas de desempenho mais importantes a ter em conta.

A análise de estudos realizados por diversos autores permitiu concluir a adequabilidade da tecnologia RFID em substituir os códigos de barras nas actividades de gestão e controlo de inventário, nomeadamente através do potencial para acelerar o processo de contagem e eliminar os erros humanos. Outras vantagens da implementação de um sistema RFID, verificadas em vários casos, incluem o aumento da eficiência das operações em armazém, o decréscimo dos custos operacionais e a redução do número de horas de trabalho necessárias por trabalhador. Todavia, qualquer empresa interessada em implementar um sistema RFID pode deparar-se com desafios e problemas no processo. O elevado investimento necessário para a instalação (e também a integração com outros sistemas e bases de dados já existentes), aliado a dúvidas sobre a fiabilidade das etiquetas, é uma das principais barreiras que pode alterar os pratos da balança numa decisão. Para melhor compreender as vantagens e desvantagens inerentes a uma decisão sobre a implementação ou não da tecnologia RFID, são descritas as principais dificuldades em desenhar um sistema RFID, bem como os factores mais importantes para que se tenha sucesso. Os principais desafios prendem-se com a imprevisibilidade do comportamento das ondas de radiofrequência, que depende altamente dos materiais presentes no ambiente em que se propagam, e da escassez de estudos científicos e resultados padronizados que permitam o desenho de um sistema com um desempenho previsível. Concretamente, concluiu-se que a implementação da tecnologia RFID implica um grande esforço de tentativa e erro, uma vez que os poucos resultados de testes disponíveis estão intimamente ligados às situações em que esses testes decorreram e não são aplicáveis a outras situações.

O terceiro capítulo abordou a empresa interessada numa solução RFID. Uma breve incursão histórica abriu o caminho para a compreensão da situação actual da INCM, posicionando-a como a herdeira de dois dos mais antigos estabelecimentos fabris do país. Foi também feito um pequeno resumo das actividades actuais a que a empresa se dedica e, posteriormente, analisados mais a fundo os processos envolvidos na produção e armazenamento de documentos personalizados, bem como os caminhos que percorrem dentro do edifício da INCM.

A proposta de implementação de RFID na Imprensa Nacional-Casa da Moeda permitiu detalhar várias vantagens teóricas para a INCM da sua implementação, mas, dadas as características inerentes da RFID, a aplicação da tecnologia à situação actual da INCM nos moldes pretendidos pela empresa (identificação e monitorização de todos os documentos através da aplicação de uma etiqueta em cada envelope) afigura-se como bastante difícil. A capacidade dos leitores em lidar com a significativa quantidade de etiquetas (e o desempenho geral do sistema com tantas etiquetas agrupadas em espaços pequenos, rodeadas de plástico e movidas por objectos de metal, um dos materiais que mais dificuldades põe ao desempenho de um sistema RFID) coloca vários pontos de interrogação sobre a adequação da tecnologia, tal como é hoje, aos objectivos pretendidos pela INCM. Várias alternativas são estudadas, mas nenhuma parece responder de forma satisfatória às necessidades da empresa. No entanto, relembando a dificuldade em prever o comportamento da tecnologia RFID em cenários reais, foi sugerido um sistema conservador e simples, que deve servir como uma espécie de guia (não como uma solução definitiva) e permitir um estudo melhor sobre as opções a tomar e os desafios que são colocados. A escolha por um sistema RFID UHF passivo implicou igualmente a proposta de alguns equipamentos, concretamente etiquetas, leitores e *middleware*. Dada a dificuldade em conseguir prever o seu comportamento, o trabalho apoiou-se em testes efectuados por vários autores, resumindo os seus resultados e principais conclusões, e relembando que as listas respectivas não esgotavam todas as alternativas presentes no mercado.

As principais limitações deste trabalho prendem-se com o facto de a RFID ser uma tecnologia relativamente recente (no que toca à sua aplicação em gestão de armazéns) e, conseqüentemente, ser ainda alvo de bastante incompreensão e de poucos estudos científicos que tenham resultados concretos. A imprevisibilidade do comportamento da tecnologia e a falta de informação padronizada também contribuíram negativamente para que se pudesse concluir, com segurança, em relação à viabilidade da implementação de um sistema RFID no Armazém da INCM. Adicionalmente, e sobretudo na última secção do capítulo 4, as opções sugeridas sofrem com o facto dos estudos em que se baseiam terem sido realizados há alguns anos. Por exemplo, dois dos leitores analisados já não são produzidos. Opções mais recentes e supostamente mais eficientes existem no mercado, mas a sua análise carece de parecer científico.

Avance ou não com a implementação de um sistema RFID, a INCM tem neste trabalho material que pode ajudar a decidir. Se a implementação avançar, o sucesso será determinado pelo diálogo constante entre todas as entidades envolvidas, sejam elas da própria INCM (Armazém, Produção, Informática) ou de fora (vendedores e fornecedores do equipamento). Embora se anteveja difícil a

concretização dos seus objectivos no presente, a tecnologia RFID tem tendência a ficar cada vez melhor e mais eficaz. As dificuldades de hoje podem tornar-se em coisas banais do amanhã, e aquilo que presentemente parece ser inviável ou impraticável pode ser a realidade indiscutível de um futuro próximo.

6 – Referências Bibliográficas

Aguirre, J. I. (2007). *EPCglobal: a universal standard* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

Alshawi, S. (2001). Logistics in the Internet age: towards a holistic information and processes picture. *Logistics Information Management*, 14(4), 235-242.

Awuah-Gyawu, M., Adzimah, E. D., & Brako, S. (2015, September). Assessing The Effects Of Information Technology (ICT) On The Performance Of Warehouse And Inventory Operations (The Case Of Unilever Ghana Limited). *International Journal of Innovative Research and Studies*, Volume 4, Issue 9.

Bartholdi III, J. J., & Hackman, S. T. (2011). *Warehouse & distribution science: release 0.92*. Atlanta, GA, The Supply Chain and Logistics Institute, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology.

Bhattacharya, M., Chu, C. H., & Mullen, T. (2007, November). RFID implementation in retail industry: Current status, issues, and challenges. In *Proceedings of 38th Annual Meeting of the Decision Sciences Institute*, Phoenix, AZ (pp. 2171-2176).

Birari, S. M., & Iyer, S. (2005, November). Mitigating the reader collision problem in RFID networks with mobile readers. In *2005 13th IEEE International Conference on Networks Jointly held with the 2005 IEEE 7th Malaysia International Conf on Communic* (Vol. 1, pp. 6-pp). IEEE.

Bolan, C. (2008). A Review of the Electronic Product Code Standards for RFID Technology. In *Proceedings of the Seventh International Network Conference (INC 2008)* (p. 171). Lulu.com.

Bouet, M., & Dos Santos, A. L. (2008, November). RFID tags: Positioning principles and localization techniques. In *2008 1st IFIP Wireless Days* (pp. 1-5). IEEE.

Catarinucci, L., De Donno, D., Guadalupi, M., Ricciato, F., & Tarricone, L. (2011, July). Performance analysis of passive UHF RFID tags with GNU-radio. In *Antennas and Propagation (APSURSI), 2011 IEEE International Symposium on* (pp. 541-544). IEEE.

Cha, J. R., & Kim, J. H. (2005, July). Novel anti-collision algorithms for fast object identification in RFID system. In *11th International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS'05)* (Vol. 2, pp. 63-67). IEEE.

Chawla, V., & Ha, D. S. (2007). An overview of passive RFID. *IEEE Communications Magazine*, 45(9), 11-17.

Chen, Y. H., Horng, S. J., Run, R. S., Lai, J. L., Chen, R. J., Chen, W. C., ... & Takao, T. (2010). A novel anti-collision algorithm in RFID systems for identifying passive tags. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 6(1), 105-121.

Clarke, R. H., Twede, D., Tazelaar, J. R., & Boyer, K. K. (2006). Radio frequency identification (RFID) performance: the effect of tag orientation and package contents. *Packaging Technology and Science*, 19(1), 45-54.

CSCMP (2013, August). SUPPLY CHAIN MANAGEMENT TERMS and GLOSSARY, pp.1–222.

Curtin, J., Kauffman, R. J., & Riggins, F. J. (2007). Making the MOST out of RFID technology: a research agenda for the study of the adoption, usage and impact of RFID. *Information Technology and Management*, 8(2), 87-110.

Davenport, T. H., & Short, J. E. (2003). Information technology and business process redesign. *Operations management: critical perspectives on business and management*, 1, 97. Acedido a 15 de Novembro de 2016 no seguinte endereço: <http://sloanreview.mit.edu/article/the-new-industrial-engineering-information-technology-and-business-process-redesign/>

De Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481-501.

Derakhshan, R., Orlowska, M. E., & Li, X. (2007, March). RFID data management: challenges and opportunities. In *IEEE International conference on RFID* (Vol. 10).

Ding, B., Chen, L., Chen, D., & Yuan, H. (2008, October). Application of RTLS in warehouse management based on RFID and Wi-Fi. In *WiCOM'08. 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008*. (pp. 1-5). IEEE.

Fan, Z., Qiao, S., Huang-Fu, J. T., & Ran, L. X. (2007). Signal descriptions and formulations for long range UHF RFID readers. *Progress In Electromagnetics Research*, 71, 109-127.

Floerkemeier, C., & Lampe, M. (2005, October). RFID middleware design: addressing application requirements and RFID constraints. In *Proceedings of the 2005 joint conference on Smart objects and ambient intelligence: innovative context-aware services: usages and technologies* (pp. 219-224). ACM.

Frischbier, S., Sachs, K., & Buchmann, A. (2006, January). Evaluating RFID infrastructures. In *ITG-Fachbericht-2. Workshop RFID*. VDE VERLAG GmbH.

Gao, X., Xiang, Z., Wang, H., Shen, J., Huang, J., & Song, S. (2004, September). An approach to security and privacy of RFID system for supply chain. In *E-Commerce Technology for Dynamic E-Business, 2004. IEEE International Conference on* (pp. 164-168). IEEE.

Grabara, J., Kolcun, M., & Kot, S. (2014). The role of information systems in transport logistics. *International Journal of Education and Research*, 2(2).

Grocery Manufacturers of America (2004). A balanced perspective: EPC/RFID implementation in the CPG industry.

Gunasekaran, A., & Ngai, E. W. (2004). Information systems in supply chain integration and management. *European Journal of Operational Research*, 159(2), 269-295.

Hansen, T. B., & Oristaglio, M. L. (2006). Method for controlling the angular extent of interrogation zones in RFID. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 5(1), 134-137.

Harrison, A., & van Hoek, R. I. (2005). *Logistics management and strategy*. Pearson Education.

Hassan, T., & Chatterjee, S. (2006, January). A taxonomy for RFID. In *System Sciences, 2006.HICSS'06.Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on* (Vol. 8, pp. 184b-184b). IEEE.

Hodges, S., Thorne, A., Mallinson, H., & Floerkemeier, C. (2007, May). Assessing and optimizing the range of UHF RFID to enable real-world pervasive computing applications. In *International Conference on Pervasive Computing* (pp. 280-297). Springer Berlin Heidelberg.

Hompel, M., & Schmidt, T. (2006). *Warehouse management: automation and organization of warehouse and order picking systems*. Springer Science & Business Media.

Howden, M. (2009, May). How humanitarian logistics information systems can improve humanitarian supply chains: a view from the field. In *Proceedings of the 6th International ISCRAM Conference, Gothenburg, Sweden*.

Huber, G. P. (1991). Organizational learning: The contributing processes and the literatures. *Organization science*, 2(1), 88-115.

Islam, D. M. Z., Meier, J. F., Aditjandra, P. T., Zunder, T. H., & Pace, G. (2013). Logistics and supply chain management. *Research in Transportation LEconomics*, 41(1), 3-16.

Jones, E., Gupta, S., & Bolton, J. (2015). RFID: The Up and Coming Technology. *International Journal of Supply Chain Management*, 4(3).

Leong, K. S., Ng, M. L., & Cole, P. H. (2005, August). The reader collision problem in RFID systems. In *2005 IEEE International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications* (Vol. 1, pp. 658-661). IEEE.

Leong, K. S., Ng, M. L., Grasso, A. R., & Cole, P. H. (2006, January). Synchronization of RFID readers for dense RFID reader environments. In *International Symposium on Applications and the Internet Workshops (SAINTW'06)* (pp. 4-pp). IEEE.

Li, S., Visich, J. K., Khumawala, B. M., & Zhang, C. (2006). Radio frequency identification technology: applications, technical challenges and strategies. *Sensor Review*, 26(3), 193-202.

Lim, M. K., Bahr, W., & Leung, S. C. (2013). RFID in the warehouse: A literature analysis (1995–2010) of its applications, benefits, challenges and future trends. *International Journal of Production Economics*, 145(1), 409-430.

Liu, G., Yu, W., & Liu, Y. (2006, October). Resource management with RFID technology in automatic warehouse system. In *Intelligent Robots and Systems, 2006 IEEE/RSJ International Conference on* (pp. 3706-3711). IEEE.

Ketikidis, P. H., Koh, S. C. L., Dimitriadis, N., Gunasekaran, A., & Kehajova, M. (2008). The use of information systems for logistics and supply chain management in South East Europe: Current status and future direction. *Omega*, 36(4), 592-599.

Mangan, J., Lalwani, C., & Butcher, T. (2008). *Global logistics and supply chain management*. John Wiley & Sons.

Mayer, L. W., Wrulich, M., & Caban, S. (2006, November). Measurements and channel modeling for short range indoor UHF applications. In *2006 First European Conference on Antennas and Propagation* (pp. 1-5). IEEE.

McFarlane, D., & Sheffi, Y. (2003). The impact of automatic identification on supply chain operations. *The international journal of logistics management*, 14(1), 1-17.

Michael, K., & McCathie, L. (2005, July). The pros and cons of RFID in supply chain management. In *International Conference on Mobile Business (ICMB'05)* (pp. 623-629). IEEE.

Min, Z., Wenfeng, L., Zhongyun, W., Bin, L. I., & Xia, R. (2007, August). A RFID-based material tracking information system. In *Automation and Logistics, 2007 IEEE International Conference on* (pp. 2922-2926). IEEE.

Mithas, S., Tafti, A. R., Bardhan, I., & Goh, J. M. (2012). Information technology and firm profitability: mechanisms and empirical evidence.

Mutti, C., & Wittneben, A. (2007, September). Robust signal detection in passive RFID systems. In *Proceedings of the first international EURASIP workshop on RFID technology, Vienna* (pp. 39-42).

Mylyy, O. (2007). RFID data management, aggregation and filtering. In *Proceedings of the 31st International Conference on Very Large Data Bases Seminar on RFID Technology* (pp. 6-154).

Niederman, F., Mathieu, R. G., Morley, R., & Kwon, I. W. (2007). Examining RFID applications in supply chain management. *Communications of the ACM*, 50(7), 92-101.

Nikitin, P. V., & Rao, K. V. S. (2006, July). Performance limitations of passive UHF RFID systems. In *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium* (Vol. 1011).

Nikitin, P. V., & Rao, K. V. S. (2008). Antennas and propagation in UHF RFID systems. *challenge*, 22, 23.

Nurminen, T. (2016). The End of RFID Middleware? Acedido a 12 de Dezembro de 2016 no seguinte endereço: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?2035>.

ODIN Technologies Labs (2007). European RFID Reader Benchmark: An Evaluation of ETSI Compliant Readers. Acedido a 19 de Novembro de 2016, no seguinte endereço: <http://www.rfidtoday.net/download/ODINBenchmark.pdf>.

Penttilä, K., Keskilampi, M., Sydänheimo, L., & Kivikoski, M. (2006). Radio frequency technology for automated manufacturing and logistics control. Part 2: RFID antenna utilisation in industrial applications. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 31(1-2), 116-124.

Poon, T. C., Choy, K. L., Chow, H. K., Lau, H. C., Chan, F. T., & Ho, K. C. (2009). A RFID case-based logistics resource management system for managing order-picking operations in warehouses. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 8277-8301.

Powell, T. C., & Dent-Micallef, A. (1997). Information technology as competitive advantage: The role of human, business, and technology resources. *Strategic management journal*, 18(5), 375-405.

Ramakrishnan, K. M., & Deavours, D. D. (2006). Performance benchmarks for passive UHF RFID tags. *MMB 2006*.

Richards, G. (2014). *Warehouse Management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*. Kogan Page Publishers.

Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., Van Houtum, G. J., Mantel, R. J., & Zijm, W. H. M. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 122(3), 515-533.

Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2014). *The handbook of logistics and distribution management: Understanding the supply chain*. Kogan Page Publishers.

Sheng, Q. Z., Li, X., & Zeadally, S. (2008). Enabling Next-Generation RFID Applications: Solutions and Challenges. *IEEE computer*, 41(9), 21-28.

Tompkins, J. A., & Smith, J. D. (1998). *The warehouse management handbook*. Tompkins press.

Van den Berg, J. P. (2007). *Integral Warehouse Management*. Lulu.com.

Van den Berg, J. P., & Zijm, W. H. M. (1999). Models for warehouse management: Classification and examples. *International Journal of Production Economics*, 59(1), 519-528.

Vogt, H. (2002, October). Multiple object identification with passive RFID tags. In *Systems, Man and Cybernetics, 2002 IEEE International Conference on* (Vol. 3, pp. 6-pp). IEEE.

Wamba, S. F., Lefebvre, L. A., Bendavid, Y., & Lefebvre, É. (2008). Exploring the impact of RFID technology and the EPC network on mobile B2B eCommerce: A case study in the retail industry. *International Journal of Production Economics*, 112(2), 614-629.

Wang, F., & Liu, P. (2005, August). Temporal management of RFID data. In *Proceedings of the 31st international conference on Very large data bases*(pp. 1128-1139). VLDB Endowment.

Wang, H., Chen, S., & Xie, Y. (2010). An RFID-based digital warehouse management system in the tobacco industry: a case study. *International Journal of Production Research*, 48(9), 2513-2548.

Wang, L., Norman, B. A., & Rajgopal, J. (2007). Placement of multiple RFID reader antennas to maximise portal read accuracy. *International Journal of Radio Frequency Identification Technology and Applications*, 1(3), 260-277.

Ward, M., Van Kranenburg, R., & Backhouse, G. (2006). RFID: Frequency, standards, adoption and innovation. *JISC Technology and Standards Watch*, 5.

Weinstein, R. (2005). RFID: a technical overview and its application to the enterprise. *IT Professional* 7, 3 (May 2005), 27-33. DOI=<http://dx.doi.org/10.1109/MITP.2005.69>.

Whitaker, J., Mithas, S., & Krishnan, M. S. (2007). A field study of RFID deployment and return expectations. *Production and Operations Management*, 16(5), 599-612.

Yan, B., Chen, Y., & Meng, X. (2008, August). RFID technology applied in warehouse management system. In *Computing, Communication, Control, and Management, 2008. CCCM'08. ISECS International Colloquium on* (Vol. 3, pp. 363-367). IEEE.

Anexos

| Entrada de Documentos em Armazém (unidades) - JANEIRO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|--|--|
| Código Produto | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | | | | |
| 101 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 102 | | | | | | | | | | | | | 106 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 103 | | | | | | 500 | 1584 | 424 | 981 | | 298 | 500 | | | | | | | | | | | | 500 | 976 | 500 | | | | | | | | | | | |
| 104 | | | | | | 203 | 159 | | 110 | | | | | | | | | | | | | | 63 | 54 | 134 | 245 | | | | | | | | | | | |
| 105 | | | | 2 | 4 | | | | 18 | | | | | | | | | 5 | 6 | | | | | | | 6 | 5 | | | | | | | | | | |
| 106 | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 107 | | | | 227 | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2240 | 1072 | 177 | 183 | | | | | | | | | | |
| 108 | | | | | | | | | | | 19 | | | | | | | | | | | | | | 3 | 2 | 2 | | | | | | | | | | |
| 109 | | | | | | | | | | | 15 | | | | | | | | | | | | | | 2 | 6 | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 111 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 3 | | | | | | | | | | |
| 112 | | | | 3200 | 400 | | 6000 | 16200 | 20000 | 4000 | | | | | | | | | | | | | | 8000 | 9853 | 5600 | 6000 | 12000 | 7200 | 11200 | 6400 | 4800 | 3200 | | | | |
| 113 | | | | 2771 | | | 1330 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2889 | | | | 2327 | | | | | | 1719 | | |
| 114 | | | | | | | | | | | | | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | | | | | | | | | | | | | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 116 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 117 | | | | | | | 1 | | | | | | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 118 | | | | | | | | | | | | | | 41 | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | 3500 | | |
| 119 | | | | 567 | | | 328 | 164 | 177 | | | | | | | | | | | | | | | | | 223 | | | | | | | 311 | | | | |
| 120 | | | | 33 | | | | 52 | 20 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | 34 | | | | | | | | | | |
| 121 | | | | 7 | | | | | 2 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | |
| 122 | | | | 1350 | | 900 | 1350 | | | | | 1360 | 400 | | | | | | | | | | | | | | 450 | 450 | 450 | 450 | | | | | 450 | | |
| 123 | | | | | | 196 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 134 | | |
| 124 | | | | 1000 | 10722 | 8031 | 5615 | | | | 7855 | 5500 | 3588 | 6600 | | | | | | | | | | | | 2625 | 4500 | 8052 | 4500 | 1167 | 2047 | 7484 | 500 | 3721 | 3000 | | |
| 125 | | | | | | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 126 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 127 | | | | 53 | | | | | | | | 259 | 312 | | | | | | | | | | | | | | 235 | 318 | | | | | 180 | | 338 | | |
| 128 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAIS DIARIOS | 0 | 0 | 0 | 1579 | 7662 | 11329 | 8931 | 8116 | 0 | 0 | 8239 | 14864 | 25120 | 27106 | 5344 | 0 | 14200 | 14608 | 15504 | 10656 | 14951 | 0 | 0 | 14555 | 21860 | 8061 | 10556 | 10588 | 0 | 0 | | | | | | | |
| TOTAL MES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MEDIA DIARIA* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MAXIMO MES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MINIMO MES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

* No cálculo da média são apenas considerados os dias em que o Armazém recebeu documentos

| Entrada de Documentos em Armazém (unidades) - FEVEREIRO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-------|----|------|------|
| Código Produto | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | | |
| 101 | | | | 1 | | | | | 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 102 | | | | 130 | | | | | | | | | | | | | 133 | | | | | | | 98 | | | | | | | |
| 103 | | | | 13111 | 500 | | | 421 | | | | | | | 500 | 570 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 104 | | | | 37 | 115 | | | 180 | | | | | | 231 | | | 1 | | | | | | | | | | | 28 | | | |
| 105 | | | | 3 | | | | 1 | | | | | | 7 | | | | | | | | | | | 10 | | | | | 1 | |
| 106 | | | | 1 | 5 | | | 1 | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 107 | 202 | 489 | 9 | 369 | 164 | | 207 | 157 | 20 | 191 | | 191 | | 191 | | | 199 | | | | | 714 | 212 | 166 | 170 | 167 | | | | 366 | |
| 108 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 109 | | | | | 7 | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 111 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 112 | | | | 2047 | 9600 | 12400 | 8800 | 10000 | 10000 | 2800 | 11000 | 14800 | 8000 | 10000 | 10000 | 2000 | | | | | | 10000 | 10800 | 7200 | 8600 | 8000 | | | | | 7600 |
| 113 | | | | | | | | 1506 | 1303 | | | | | | 1937 | | 1787 | | | | | | | | | | | | | | 1288 |
| 114 | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 115 | | | | | | | | | | | | | | | | | 34 | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 116 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 117 | | | | 5 | | | | 20 | | | | | | | | | 2 | | 21 | | | | | | | | | | | | 10 |
| 118 | 1500 | 1000 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | | | 388 | | | | | | | | | | | | | 1769 | | | 88 | | | | | | |
| 119 | 259 | | | | | | 307 | | | 89 | | | | | 360 | | | | | | | 289 | | | 178 | | | | | | 124 |
| 120 | 34 | | | | | | 35 | | | 8 | | | | | 34 | | | | | | | 33 | | | 22 | | | | | | 20 |
| 121 | 3 | | | | | | 2 | | | 7 | | | | | | | 15 | | | | | 4 | | | 8 | | | | | | 3 |
| 122 | 1350 | | | 1800 | | | | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | | | | 450 | 450 | 100 | 560 | | | | |
| 123 | 219 | | | 245 | | | | | | | | | | | | | 166 | | | | | | | | | | | | | | 128 |
| 124 | 742 | 4000 | 2000 | 8616 | 2756 | | 2000 | 88 | 2500 | 1500 | | 5883 | 3000 | 500 | 5831 | 7248 | | | | | | 4500 | 4000 | 5136 | 4500 | 4735 | | | | 2754 | |
| 125 | | | | | | | | | | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 56 |
| 126 | | | | | | | | | | 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 127 | 484 | | | | 500 | | | 297 | 349 | | | | | | | | 346 | 339 | | | | | | | | | | | | | 234 |
| 128 | 1 | | | | 2 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| TOTALS DIÁRIOS | 4785 | 7540 | 14670 | 24853 | 14444 | 0 | 0 | 13271 | 0 | 12541 | 7615 | 13584 | 0 | 21616 | 6136 | 9754 | 16747 | 11705 | 0 | 0 | 17621 | 15462 | 16347 | 15622 | 13647 | 0 | 0 | 12381 | | | |
| TOTAL MÊS | 268449 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MEDIA DIARIA | 12783 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MAXIMO MÊS | 24853 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Entrada de Documentos em Armazém (unidades) - MARÇO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|------|-------|----|----|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-------|------|-------|-------|------|-----|------|------|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|------|-------|-------|-------|------|-----|
| Código Produto | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | |
| 101 | | | | | | | | | | | | | | | | 216 | | | | | | | | | | | | | | | | 135 | | |
| 102 | | | | | | | | | | | | | | | 356 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 103 | | | | | | | 1500 | 500 | 500 | 381 | 227 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 499 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 239 | |
| 104 | 145 | | 352 | | | | 125 | | | 155 | | 131 | | | | | | | | 131 | | 48 | 38 | | | | | | | | | 151 | | |
| 105 | | | 12 | | | | | | | | | | | 9 | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | | |
| 106 | | | 3 | | | | 1 | | | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | |
| 107 | 9 | 65 | 274 | 238 | | | 154 | 170 | 192 | 177 | 153 | | | 164 | 178 | 176 | 166 | 145 | | 143 | 157 | 156 | 128 | | | | | | | 181 | 157 | 104 | 126 | |
| 108 | | | 3 | | | | | | | 1 | | | | 6 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | 4 | 3 | | |
| 109 | | | 3 | | | | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | |
| 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 111 | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | 2 | | | | 2 | | | | | | | | | | 4 | 2 | | |
| 112 | 5010 | 5890 | 1600 | 4800 | | | 5200 | 4000 | 7997 | 12000 | 5200 | | | 8800 | 4000 | 2000 | 7600 | 5200 | | 2000 | 7200 | 5200 | | | | | | | | | 5600 | 12000 | 4400 | |
| 113 | | | 1735 | | | | 1054 | | | 1092 | | | | 2009 | | 1637 | | | | 2324 | | | | | | | | | | | | 4125 | | |
| 114 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 116 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 117 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 118 | | 597 | | | | | | | | | | | | | | | 580 | 1000 | | | | | 528 | | | | | | | 500 | | | | |
| 119 | | 214 | | | | | 198 | | | | 246 | | | | | 198 | | | | 304 | | | | | | | | | | | 220 | | | 297 |
| 120 | | 22 | | | | | 22 | | | 29 | | | | | | | 36 | | | | | | 27 | | | | | | | 14 | | 19 | | |
| 121 | | 2 | | | | | 5 | | | 1 | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | 4 | | | 4 | |
| 122 | | 450 | 1350 | 450 | | | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 900 | 241 | 450 | 450 | | | | 900 | | | | | | | | | 656 | 450 | 450 | 450 | |
| 123 | | 133 | | | | | | | | 10 | | | | | | 57 | | | | | | 37 | | | | | | | | 13 | | | 91 | |
| 124 | 7300 | 4645 | 4000 | 4753 | | | 3711 | 2534 | 4725 | 4500 | 3134 | | | 2000 | 500 | 5000 | 2860 | 1360 | | 2000 | 5474 | 7500 | 2000 | | | | | | 1000 | 5497 | 3500 | 3000 | | |
| 125 | | | 92 | | | | | | | | | | | | 80 | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | 30 | | |
| 126 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 127 | 454 | | 386 | | | | 406 | | | 489 | | | | 469 | | 276 | | | | | 500 | 500 | | | | | | | | 587 | 489 | | | |
| 128 | | | 1 | | | | 1 | | | 3 | | | | | | 1 | | | | | 2 | | | | | | | | | 4 | | | | |
| TOTAIS DIARIOS | 12918 | 12118 | 9813 | 10241 | 0 | 0 | 9092 | 10450 | 13864 | 18269 | 10252 | 0 | 0 | 13689 | 5709 | 10188 | 12255 | 8655 | 0 | 0 | 7401 | 14774 | 14462 | 2202 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3724 | 16328 | 16445 | 8417 | | |
| TOTAL MES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MEDIA DIARIA* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MAXIMO MES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MINIMO MES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

* No cálculo da média são apenas considerados os dias em que o Armazém recebeu documentos