

Mobile ERP: Simplificação do processo de inventário em loja

Alexandra Monteiro

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Informática – Sistemas de Informação e Gestão do
Conhecimento

Orientador:

Doutor Carlos J. Costa, Professor Auxiliar

ISCTE-IUL

Junho, 2016

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Dr. Carlos J. Costa pelo apoio e orientações que enriqueceram o conteúdo deste trabalho.

À ROFF que de forma incansável proporcionou todas as condições que tornaram este trabalho possível.

Por fim à minha família, pais e irmão por todo o apoio ao longo destes meses de trabalho.

RESUMO

Os processos de uma organização representam uma importante componente para o sucesso e bom funcionamento da mesma. A sua execução de forma eficiente e eficaz deve ser garantida para assegurar um nível de qualidade superior na prestação de serviços e na oferta de produtos. Neste estudo foi investigado o conceito de Mobile ERP aplicado ao processo de inventário efetuado em loja. Deste modo, pretende-se tirar proveito da utilização de dispositivos móveis como os *smartphones* para a simplificação do processo. Foi desenvolvida uma proposta de solução concetual e posteriormente validada pela implementação de um protótipo. Para a avaliação da solução foi implementado o protótipo numa organização que se enquadrava no contexto de estudo e de seguida testado por seis intervenientes do processo de inventário. A avaliação foi obtida com base na classificação qualitativa da solução e pela opinião dos intervenientes.

Keywords

Mobile ERP, Inventário, Mobilidade, Simplificação de processos

ABSTRACT

The business processes represents one of the key factors for the success of an organization. These should be studied and continuously improved to answer the demanding needs of the competitive market. In this study it was investigated the concept of Mobile ERP applied to the in-store inventory process aiming to find a solution that meet the process simplification and simultaneously was a low-cost option. Thus, there were used mobile devices such as smartphones and tablets to simplify the studied process. A proposal for a conceptual solution was developed and subsequently validated by the implementation of the prototype. For the evaluation it was implemented the prototype in an organization that meets the context studied and then tested by a group of six people involved in the inventory process. The evaluation was obtained based on qualitative ranking of the solution and the opinion of the stakeholders.

Keywords

Mobile ERP, Inventory, Mobility, Process Simplification

ÍNDICE

Agradecimentos	II
Resumo	III
Abstract.....	IV
Índice	V
Índice de Figuras	VI
Índice de Tabelas	VII
Abreviaturas.....	VIII
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	2
1.2. Motivação	3
1.3. Questão de Investigação	3
1.4. Objetivos.....	4
1.5. Método de Investigação	4
1.6. Estrutura da Dissertação	6
2. Revisão de Literatura.....	7
2.1. Evolução dos sistemas de informação empresariais	7
2.2. ERP na simplificação de processos	9
2.3. ERP e Supply Chain Management (SCM)	10
2.4. Mobilidade aplicada a SCM	13
2.5. Aquisição de dados	16
2.6. Tipos de aplicações	19
2.6.1. Nativas	19
2.6.2. Aplicações Web.....	20
2.6.3. Aplicações Híbridas.....	21
2.7. Integração de Aplicações Empresariais	23

2.7.1. REST e OData	25
2.8. Síntese	29
3. Proposta de Solução	31
3.1. Contexto.....	31
3.2. Solução.....	32
4. Implementação.....	37
4.1. Requisitos funcionais	37
4.2. Opções tecnológicas	37
4.3. Interface com o utilizador	38
4.4. Comunicação OData	42
4.5. Web App to Hybrid App.....	44
5. Caso de Estudo	45
5.1. Caracterização.....	45
5.2. Implementação do protótipo	46
5.3. Avaliação preliminar.....	50
6. Conclusões.....	56
7. Trabalho Futuro	58
8. Referências	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclos de Design Science Research	5
Figura 2 - Evolução do nível de planeamento em função do tempo	12
Figura 3 - Ilustração das prateleiras virtuais da cadeia de supermercados Home Plus ...	14
Figura 4 - Estrutura de um QR Code	17
Figura 5 - Componentes de uma framework híbrida.....	21
Figura 6 - Arquitetura de integração com comunicação OData.	29

Figura 7- Comparação do processo de registo de contagem. À direita fluxo para o processo antes da simplificação, à esquerda o fluxo para o processo já simplificado ...	34
Figura 8- Níveis de detalhe da aplicação.....	35
Figura 9 - Diagrama de fluxo para proposta de solução.....	36
Figura 10 - Casos de uso para o protótipo desenvolvido.....	37
Figura 11 - Visão inicial da aplicação de registo de contagem. À direita detalhe para a seleção simplificada do parâmetro de seleção “Exercício”.....	39
Figura 12 - Visão que apresenta os itens do inventário.....	39
Figura 13 - 3º Nível de detalhe. Visão em que efetuada a contagem dos materiais.....	40
Figura 14 - Inserção manual da quantidade contada.	41
Figura 15 - Submissão do registo de contagem.....	42
Figura 16 - Fluxo de comunicação OData.....	43
Figura 17 - Association entre InventorySet e SerialNumbersSet.....	43
Figura 18 - Estrutura dos entity sets.....	44
Figura 19 - Arquitetura para a implementação do protótipo no caso de estudo.....	47
Figura 20 - Estrutura do serviço OData implementado no backend.....	48
Figura 21 - Implementação para a operação query do serviço OData.....	49
Figura 22 - Exemplo de caso de teste para o registo de contagem.....	51
Figura 23 - Exemplo de rótulo para um material.....	51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Análise do processo de registo de contagens relativamente ao hardware, software e complexidade do processo.....	33
Tabela 2 - Avaliação qualitativa.....	52
Tabela 3 - Análise SWOT.....	54
Tabela 4 - Síntese de conclusões.....	56

ABREVIATURAS

EAN - *International Article Number*

EAI – *Enterprise Application Integration*

IDC – *International Data Corporation*

JSON - *JavaScript Object Notation*

MRPII – *Manufacturing Resource Planning*

MRP - *Material Requirement Planning*

MVC – *Model View Controller*

NFC – *Near Field Communication*

OHA – *Open Handset Alliance*

RFID - *Radio Frequency Identification*

SDK – *Software Development Kit*

SKU – *Stock Keeping Unit*

SO – *Sistema Operativo*

1. INTRODUÇÃO

Os processos de uma organização representam uma importante componente para o sucesso e bom funcionamento da mesma. A sua execução de forma eficiente e eficaz deve ser garantida. Para isso, é importante o constante estudo e avaliação dos processos. Deve ser efetuado o controlo e identificação de fragilidades para que de forma sistemática sejam criadas soluções que gradualmente impulsionam a organização para um nível de qualidade superior na prestação de serviços e na oferta de produtos.

Nesse sentido, foi percorrido um longo caminho desde a utilização dos princípios da gestão científica de Frederick Taylor até à introdução dos computadores no contexto das organizações e mais recentemente a disponibilização de *software* e plataformas na *cloud* para o suporte dos processos organizacionais (Locke 1982, Jacobs & Weston 2007 e Chang et al. 2015).

Atualmente são utilizados para a gestão de processos de uma organização sistemas de informação que permitem a integração dos vários departamentos de uma empresa e assim aumentar a fluidez dos processos (Jacobs & Weston 2007). A introdução destes sistemas denominados ERP (*Enterprise Resource Planning*) veio melhorar significativamente a performance das organizações, no entanto, este é um processo contínuo em que existe margem para evoluir e melhorar continuamente.

Em conformidade com a atual tendência tecnológica os dispositivos móveis como os *smartphones* e *tablets* passaram a ser considerados no contexto organizacional (Dospinescu et al. 2008, Karpischek et al. 2009). Como dispositivos multifuncionais estes permitem o desenvolvimento de aplicações que integram com o ERP da organização e assim funcionar como uma interface móvel que pode ser utilizada na melhoria dos processos (Szymczak 2013).

Inserido no contexto de SCM (*Supply Chain Management*) este estudo focou-se na melhoria do processo de inventário pela utilização de tecnologias móveis. Nesse sentido é apresentado em seguida um enquadramento do tema de estudo em que são apresentadas as fragilidades descritas na literatura para o processo de inventário.

1.1.ENQUADRAMENTO

Apesar das melhorias introduzidas pela utilização dos ERP existem ainda problemas que afetam negativamente a precisão e rigor dos processos de gestão de *stocks*. Em 2008, Raman e DeHoratius (2008) verificaram com base em estudos empíricos realizados em trinta e sete lojas de um retalhista de dimensão considerável que em apenas 35% de um total de 370000 dos SKU (*Stock Keeping Unit*) o stock no sistema de informação coincidia com o stock físico nas lojas. Os restantes 65% apresentavam falhas relacionadas com fatores diversos como, roubos de clientes, erros de reposição, mercadoria danificada não registada e roubos de empregados.

Dada a componente humana envolvida no processo de inventário surgem também aspetos comportamentais que podem influenciar a performance deste processo. Bruccoleri descreve num estudo de 2014 a influência dos aspetos comportamentais que poderão resultar em falhas de precisão dos inventários. São apontados como principais fatores o stress, a motivação e também a complexidade do cenário envolvido.

Relativamente à componente de *hardware* tem também havido esforços para a melhoria do processo de inventário. A necessidade de automatização e melhor identificação levou a que a tecnologia RFID fosse considerada para o contexto de SCM (*Supply Chain Management*). No entanto, os códigos de barras continuam a ser amplamente utilizados devido ao seu baixo custo de implementação.

Como resultado do aumento da utilização de *smartphones* o desenvolvimento de produtos e serviços adaptados a estas plataformas veio ganhar expressão (Hsu, Lin & Judy 2014). Um exemplo deste facto é a introdução dos dispositivos móveis no contexto dos ERP.

Neste estudo pretende-se investigar o conceito de Mobile ERP aplicado ao processo de inventário efetuado em loja. Deste modo, pretende-se tirar proveito da utilização de dispositivos móveis como os *smartphones* para simplificação do processo.

1.2.MOTIVAÇÃO

Muitas organizações têm os seus processos de gestão de inventário automatizados nos quais confiam para tomar decisões críticas. Contudo, se os dados de entrada não forem precisos, a capacidade do sistema de fornecer informação confiável é afetada. Para negócios em que existe muita concorrência e margens muito reduzidas, oferecer a maior disponibilidade de produto ao mínimo custo é o objetivo principal e um dos principais fatores para o sucesso da organização (Kang & Gershwin 2005, Lee & Ozer 2005 e Mersereau 2012).

Nos sistemas de inventário automatizados é efetuada uma previsão das necessidades da loja que resulta na criação de requisições de compra para os produtos em falta. Se as informações em sistema não forem precisas o sistema é influenciado de forma incorreta o que poderá resultar na gestão ineficiente de *stock*. Segundo trabalhos realizados pelo *Auto-ID Center* no MIT verificou-se que em média para 25% das SKUs o *stock* físico difere em seis ou mais unidades do que *stock* registado no sistema informação (Kang & Gershwin 2005). As diferenças de *stock* entre os sistemas de inventário e o *stock* físico podem resultar numa situação de rutura de *stock* o que poderá significar uma perda considerável não só para a organização como para os seus fornecedores. Segundo Corsten e Gruen (2003) perante a ausência de *stock* para um produto 11% dos clientes desiste da compra, 16% atrasam a compra, 21% compram um produto semelhante da mesma marca, 22% compram um produto semelhante de outra marca e 31% compram o produto noutra loja. Toma assim relevância o estudo deste processo. Identificar a origem dos problemas e criar soluções tendo em vista a melhor articulação entre os colaboradores que são peças fundamentais para a obtenção de bons resultados e os sistemas que potenciam a performance dos processos.

1.3.QUESTÃO DE INVESTIGAÇÃO

Como podem os dispositivos móveis com integração com o ERP simplificar o processo de inventário em loja?

1.4.OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é propor a criação de uma solução móvel, integrada com o ERP da organização, para melhorar a performance e fluidez do processo de inventário.

Especificando, este objetivo poderá ser decomposto nos seguintes objetivos específicos:

1. Propor uma solução conceptual que responda aos seguintes necessidades:
 - a. Reduzir o número de tarefas a realizar para efetuar o registo de contagens;
 - b. Reduzir a possibilidade de ocorrência de erros que interrompem o processo;
 - c. Simplificar o processo de inventário;

2. Desenvolvimento de um protótipo de uma aplicação móvel com integração com o ERP da organização;
 - a. Estudo da envolvente tecnológica que consiste na avaliação das tecnologias existentes, escolha da tecnologia a utilizar para o desenvolvimento do protótipo, assim como a arquitetura da solução a desenvolver.

3. Validar a solução desenvolvida:
 - a. Teste às funcionalidades do protótipo recriando o ambiente em loja.

1.5.MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO

O método adotado para o desenvolvimento da investigação foi o *Design Science Research*. Este método foi elaborado para a investigação em engenharia e consiste na melhoria das realidades ou processos existentes através de métodos criativos que resultam no desenvolvimento de novas ferramentas ou tecnologias.

De um modo geral o conceito de *Design Science Research* pode ser sintetizado em três principais ciclos (Figura 1).

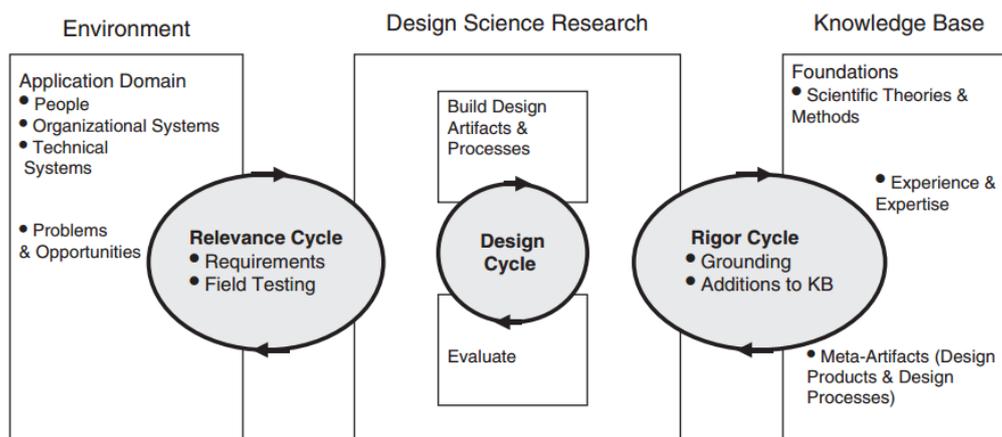


Figura 1 - Ciclos de Design Science Research (HEVNER & CHATTERJEE, 2010).

O ciclo de Relevância procura contextualizar o problema e identificar os requisitos da solução a desenvolver. Deste ciclo resulta o capítulo de introdução e revisão da literatura em que foi estudado o estado da arte para a utilização de aplicações móveis na área de SMC e tecnologias utilizadas.

O ciclo de Design foca-se do desenvolvimento da solução e avaliação da mesma. Com base na revisão da literatura foi proposta uma solução adequada ao contexto de estudo. Foi definida a arquitetura do sistema, a relação entre os diferentes componentes e as funcionalidades a implementar. Posteriormente a solução foi validada pela implementação e teste do protótipo num ambiente simulado.

O teste do protótipo foi efetuado de forma iterativa por um conjunto de colaboradores envolvidos na execução e suporte do processo de registo de contagens. Foram identificadas oportunidades de melhoria que foram implementadas e outras a desenvolver em trabalhos futuros.

Por fim, no ciclo de Rigor, foi identificada a ligação da solução desenvolvida à base de conhecimento existente. Desta análise resultou o capítulo de conclusões em que foram analisados as oportunidades de melhoria para trabalhos futuros e os pontos inovadores da solução proposta.

1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O documento encontra-se estruturado em 7 capítulos. No primeiro é realizada uma introdução ao tema com o enquadramento, motivação, questão de investigação e objetivos. No capítulo 2 é efetuada a revisão da literatura em que é abordada a evolução dos ERP até à utilização de dispositivos móveis no aumento de mobilidade do mesmo. No terceiro capítulo é apresentada a proposta de solução para o problema abordado sendo detalhado o contexto de estudo e a solução a implementar. No quarto capítulo são justificadas as escolhas tecnológicas, documentada a implementação do protótipo e detalhadas as características da solução desenvolvida. O quinto capítulo descreve a validação do protótipo para o qual foi criado um caso de estudo numa organização que se enquadra na temática abordada. Foi implementado o protótipo e foi testada a solução num ambiente simulado. Por fim foram apresentadas as conclusões e trabalho futuro respetivamente nos capítulos seis e sete.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo foi documentado o estado da arte para a temática da mobilidade dos ERP na simplificação dos processos organizacionais. Inicia-se com uma abordagem histórica do seu papel na simplificação de processos, passando-se de seguida para a análise de trabalhos relacionados e enquadramento tecnológico.

2.1. EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO EMPRESARIAIS

O termo *Enterprise Resource Planning* surgiu na década de 1990 pela consultora Gartner Group (Wylie 1990), segundo a qual os ERP são sistemas que possibilitam a integração das várias áreas de negócio de uma organização (vendas, produção, compras, finanças, recursos humanos) pela implementação de módulos que representam cada área (Davenport 1998). Deste modo, é aumentada a partilha de informação por toda a estrutura da organização centralizando-a numa base de dados comum (Kelle & Akbulut 2005 e Samaranyake 2009). Estes evoluíram de sistemas anteriores como o MRP (*Material Requirement Planning*) e MRPII (*Manufacturing Resource Management*) e vieram provocar alterações no funcionamento interno das organizações (Jacobs & Weston 2007).

A evolução dos sistemas empresariais, nomeadamente, dos sistemas que iriam dar origem aos ERP, iniciou-se durante as décadas de 1950 e 1960 em que começaram a ser usados computadores no tratamento e automatização de tarefas repetitivas, como a contabilidade e processamento de salários (Kenworthy 2013). Posteriormente a informatização foi também expandida aos processos de planeamento de produção e controlo. Segundo Jacobs e Weston (2007) um dos primeiros exemplos de implementação de um MRP surgiu de um esforço conjunto entre a J.I. Case, uma produtora de tratores e maquinaria de construção e a IBM. Este sistema baseava-se em três elementos básicos para o planeamento e controlo da produção, nomeadamente: o programa mestre de produção, a lista de materiais e as quantidades em *stock*. O programa mestre de produção trata-se da definição de quantidades por material a produzir num determinado período de tempo. Com base neste, são calculadas as necessidades de produção e de aquisição para cada material. Tecnicamente, a

implementação destes sistemas foi efetuada em *main frames* que tinham grandes limitações ao nível da velocidade de processamento e memória. A introdução de dados no sistema era ainda muito rudimentar sendo realizada através de cartões perfurados o que resultava em inconsistências entre a informação em sistema e a realidade.

Apesar das suas limitações os MRPs foram muito bem aceites e considerados como o novo rumo a seguir para gestão de produção e inventário. Segundo Orlicky (1975) estima-se que em meados dos anos 1970 já existiriam cerca de 700 utilizadores destes sistemas.

Graças ao progresso tecnológico e constante evolução do *hardware* e *software* disponível a preços razoáveis, foi possível o desenvolvimento de novas funcionalidades.

No início dos anos 1980 surge assim o MRPII para dar nome à evolução do anterior MRP. De *materials requirement planning* passou-se para o *manufacturing resource planning* que tal como o nome indica tem um âmbito mais abrangente (Wight 1981).

Em paralelo com esta evolução começou também a surgir a influência da preocupação com a qualidade motivada por personalidades como Ishikawa, Juran, Deming, entre outros (Jacobs & Weston 2007). O foco da estratégia de produção estava agora orientado para o controlo de processos, produção à escala mundial com ênfase na redução de custos. Passou a ser possível inserir restrições na capacidade de produção o que levou ao aparecimento do conceito de “centro de produção” com uma capacidade de produção finita definida em função da disponibilidade de equipamentos, operários e ferramentas (Olhager 2013). Outro conceito que despertou o interesse das empresas foi o ATP (*Available-To-Promise*) através do qual era possível verificar a disponibilidade de produtos para um determinado momento no tempo, assim como outras funcionalidades relacionadas com o relatório de custos criadas para suportar as necessidades da melhoria de qualidade (Framinan & Leisten 2010).

Com a evolução contínua dos processos de negócio e necessidade de suporte informático levou a que naturalmente surgisse a necessidade de integração entre os sistemas contabilísticos e de gestão de produção. Primeiro através de EDI (*Electronic Data Interchange*) e mais tarde pelas tecnologias *standard* para comunicação de dados como o XML e os *Web Services* (Jacobs & Weston 2007). Também a evolução dos sistemas de gestão de bases de dados (DBMS), redes de computadores, arquitetura

(cliente-servidor), tecnologias de integração de dados e automatização, como as plataformas EAI (*Enterprise Application Integration*) e também dos sistemas de gestão de *workflows* funcionaram como catalisadores para a transição de MRP/II para ERP/I (Romero & Vernadat 2015).

Primariamente os sistemas compreendiam um conjunto de funcionalidades associadas apenas a um determinado departamento. Estavam organizados como silos independentes entre os quais não existia o cruzamento de dados eficiente. Os ERP representaram a evolução dos sistemas de gestão reunindo informações e dados de todos os departamentos de uma empresa de forma integrada (Chan & Burns 2002). Os processos das organizações foram melhorados significativamente, nomeadamente a performance dos processos de inventário que suportam a cadeia de abastecimento, também denominada *supply chain* (Rekik & Sahin 2012). Estes facilitam as tarefas de logística, planeamento e a previsão de necessidades de *stock* (Nettstrater et al. 2015).

Atualmente encontramos-nos na geração do ERP/III em que cada vez mais o ERP é um sistema aberto que disponibiliza ferramentas *Web-based*, integração com redes sociais e dispositivos móveis, como os *smartphones* e *tablets*. Outra grande mudança que caracteriza os ERP de última geração trata-se da utilização de soluções *cloud*. A organização pode optar por ter o seu ERP alojado na *cloud* num modelo de *Software-as-a-Service* (SaaS) ou mesmo num modelo híbrido em que parte do sistema de encontra *on premise* e outra parte alojada na *cloud* (Romero & Vernadat 2015).

2.2.ERP NA SIMPLIFICAÇÃO DE PROCESSOS

A redução da complexidade dos processos de negócio é um motivo chave para a implementação de um sistema ERP numa organização. Segundo Markus e Tanis (2000), existem quatro fatores principais que justificam a anterior afirmação. Em primeiro lugar os ERP permitem a simplificação da manutenção de sistemas obsoletos (*legacy systems*). A segunda justificação consiste na possibilidade de existência de uma única interface com o utilizador. Em vez de ter um *software* por cada departamento é utilizado sempre o ERP quer seja um utilizador ligado ao departamento financeiro, recursos humanos ou produção o que facilita a extração de conhecimento (*Business*

Intelligence) pela integração da informação. Em terceiro lugar o ERP viabiliza a existência de inventários mais precisos e o melhor planeamento e gestão da capacidade de produção. Por fim, o ERP permite a simplificação de transações complexas que impliquem a o acesso a diferentes sistemas dentro de um departamento ou entre diferentes departamentos da organização.

Relativamente à componente operacional os ERP são apontados como um meio para reduzir o tempo de ciclo e consequentemente num melhor apoio ao cliente e gestão da relação com fornecedores (Hassabelnaby, Hwang & Vonderembse 2012). Segundo Bendoly et al. (2006) a cultura que contextualiza a organização é também um fator determinante para o sucesso da implementação do sistema. Num estudo que compara a implementação de um ERP entre os Estados Unidos e na China verificou-se que a interdependência de tarefas representa um fator determinante no posterior desempenho do sistema. Verificou-se que quando devidamente alinhado com os processos de negócio, a implementação do ERP levava à redução dos custos operacionais e melhorava a produtividade (Su & Yang 2010).

A intensidade de informação é definida por Porter e Millar (1985) como a quantidade de informação necessária para gerir eficazmente as atividades, produtos e serviços de uma empresa. A elevada intensidade de informação resulta em dificuldades de integração de dados, porém esta abre portas para o desenvolvimento estratégico de aplicações inovadoras que se traduzem em mais-valias para o negócio. A inovação dos sistemas de informação pode ser usada para melhorar os processos das organizações pela integração de dados e simplificação de processos ao longo da cadeia de valor, quer no contexto das operações internas, como na ligação com entidades externas (Broadbent, Weill & Clair 1999).

2.3.ERP E SUPPLY CHAIN MANAGEMENT (SCM)

O aumento da competitividade impulsiona as organizações na procura constante da melhoria da qualidade, flexibilidade, eficiência de custo e disponibilidade (Olhager 2013). Nas últimas décadas este tema tem tido a atenção dos investigadores que têm

contribuído ativamente na melhoria dos processos das organizações (Rondeau & Litteral 2001 e Jacobs & Weston 2007).

No contexto da gestão científica, Frederick Taylor (1911), abordou os processos de produção, propondo a divisão do trabalho em pequenas partes simplificando o processo de produção pela especialização e conseqüente aumento de produtividade. A simplificação possibilitou a análise sistemática do trabalho que consistia no controlo dos processos pela medição dos tempos despendidos em cada tarefa – *methods-time-measurement* (MTM) (Maynard, Stegemerten & Schwab 1948). Alguns métodos continuam a ser utilizados atualmente como é o caso da Quantidade Económica de Encomenda (EOQ) e a representação gráfica de Gantt para o controlo e planeamento de ordens de produção. Em 1934 segue-se o aparecimento do ROP (*Reorder Point System*) com o objetivo de prevenir a rotura de *stock*. Nos anos 1950 e 1960 o ROP é automatizado com a introdução dos computadores nos processos organizacionais e em 1970 surgem os MRP baseados no conceito BOM (*Bill Of Materials*). Com a pressão da melhoria de qualidade aliada aos desenvolvimentos tecnológicos de *software* e *hardware* surge o conceito *Just-In-Time* (JIT) e o sistema *Optimised Production Technology* (OPT). Um sistema para planeamento e gestão de necessidades mais tarde complementado pela Teoria das Restrições (TOC) (Goldratt & Fox 1986 e Miltenburg 1997).

O JIT e o TOC posicionaram-se nesta altura como alternativas ao MRP sendo alvo de debate por Miltenburg (1997), Gupta e Snyder (2009) entre outros.

Segundo Miltenburg (1997) existe uma relação de complementaridade entre as três opções sendo que o MRP poderia facilmente ser adaptado de forma a considerar as funcionalidades do JIT e do TOC. Já Gupta e Snyder (2009) defendem que o JIT se trata da opção mais adequada para ambientes de produção repetitiva e que o TOC se trata de uma opção promissora apesar da ausência de estudos que validem a mais-valia da sua utilização.

O MRP evoluiu com funcionalidades mais abrangentes em que passaram a considerar não só as necessidades de materiais mas todos os recursos envolvidos no processo de produção destacando-se pelo conceito ATP que possibilitava a consulta de disponibilidade de produtos para um determinado momento no tempo (APICS 1987).

Nos anos 1990 ocorre finalmente a transição do MRP para o ERP com a introdução das funcionalidades relacionadas com vendas e planeamento de operações (S&OP) que procura o equilíbrio entre a oferta e a procura e o alinhamento da estratégia com o nível operacional de uma organização (Blackstone & Cox 2005, Samaranayake 2009 e Olhager 2013).

Um grande impulsionador da adoção dos ERP foi a transição de século. Houve um movimento em que não só as grandes mas também as pequenas e médias empresas (PMEs) quiseram garantir que estavam preparadas para a transição (Samaranayake 2009). A passagem bem-sucedida para o ano 2000 em combinação com os avanços tecnológicos desencadeou o que seria o início da consolidação da indústria (Jacobs & Weston 2007).

Com a globalização do mercado nos anos 2000 passou a ser limitada a abordagem focada apenas nos processos internos tida até então. A preocupação das empresas passou a abranger não só a produção mas o ciclo completo desde os fornecedores ao consumidor final (Olhager 2013). A Figura 2 esquematiza a evolução do foco das organizações partindo das necessidades de materiais até cadeia de abastecimento como um todo.

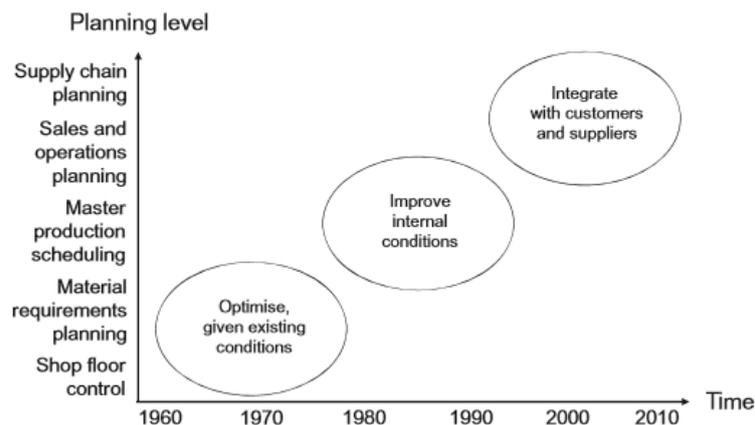


Figura 2- Evolução do nível de planeamento em função do tempo (Olhager, 2013).

Segundo Samaranayake existe ainda um grande potencial de evolução na automatização e agilização de processos pela adição de funcionalidades que são incorporadas pela

integração com os sistemas, nomeadamente com os ERP das organizações (Samaranayake 2009).

Atualmente verifica-se que cada vez mais começam a ser utilizados novos recursos como os dispositivos móveis para agilizar e tornar mais eficientes os ERP. As suas características físicas como a pequena dimensão e a flexibilidade dos sistemas operativos tornam este tipo de equipamentos numa ferramenta multifuncional da qual se poderá tirar partido num ambiente empresarial (Dospinescu et al. 2008).

De seguida serão apresentados exemplos da aplicação das tecnologias móveis aplicadas SCM. Nesta pesquisa foi possível identificar outras realidades nas quais foi estudada a introdução de tecnologias móveis. Quais os recursos do *smartphone* utilizados, quais as técnicas de aquisição de dados e se consideravam a integração com sistemas empresariais.

2.4.MOBILIDADE APLICADA A SCM

A crescente utilização dos *smartphones* e *tablets* levou a que passassem a ser considerados nos processos de SCM (Napolitano 2011 e Szymczak, 2013). Comparativamente aos tradicionais leitores de códigos de barras, os *smartphones* são de dimensão inferior, leves e fáceis de transportar. Adicionalmente, estes são dispositivos multifunções providos de uma câmara fotográfica o que possibilita não só a leitura de códigos de barras mas também a aquisição de imagem que poderá ser utilizada na documentação visual do processo. Além da camara, os *smartphones* possuem também outros recursos que enriquecem a sua utilização como o recetor GPS, acelerómetro, Wi-Fi, Bluetooth e naturalmente a possibilidade de efetuar chamadas telefónicas.

Atualmente o maior desenvolvimento de aplicações móveis tem ocorrido na área de vendas e maioritariamente orientadas ao cliente final (Karpischek et al. 2009) (Broill et al. 2013 e Paradowski & Kruger 2013). Esta tendência foi criada pela necessidade imposta pelos utilizadores de *smartphones* que passaram a recorrer a esta ferramenta multifuncional com grande frequência no seu dia-a-dia.

Em Junho de 2011, abriu o novo conceito de loja virtual em Seoul na Coreia do Sul. Motivada pelo objetivo de ganhar cota de mercado, a cadeia de supermercados Tesco,

denominada Home Plus na Coreia do Sul em colaboração com a Samsung procurou através da utilização dos *smartphones* contornar a abertura de novas lojas para atingir seu objetivo. Foi criado o conceito de loja virtual que consiste na colocação de prateleiras virtuais em locais como estações de metro que são frequentadas por milhares de pessoas diariamente. As prateleiras virtuais foram afixadas nos painéis de segurança entre a linha e o cais de embarque com imagens dos produtos disponíveis acompanhados de QR Codes (Figura 3) (Szymczak 2013).



Figura 3 - Ilustração das prateleiras virtuais da cadeia de supermercados Home Plus (Szymczak 2013).

Para adquirir os produtos o utilizador lê o QRCode com o auxílio do *smartphone* que automaticamente adiciona o produto ao carrinho de compras. De seguida a compra é finalizada e é requisitada a entrega por exemplo na residência do utilizador.

Este conceito foi muito bem recebido pelos consumidores e em 2012 já existem cerca de 300 lojas virtuais a nível mundial.

Mais recentemente, em 2013 Paradowski e Krüger decompuseram o processo de compra num supermercado. Identificaram sete atividades desde a criação da lista de compras até ao pagamento dos produtos adquiridos. Neste estudo foram implementados dois protótipos que simulam duas situações de compra em loja. A primeira representa a utilização de um carrinho de compras inteligente e o pagamento por *wireless* através do *smartphone*. Inicialmente é criada a lista de compras que fica registada no *smartphone*. Ao chegar ao supermercado o cliente submete a lista de compras para o ecrã instalado no carrinho. Ao serem depositados no carrinho, os artigos são identificados através de tecnologia RFID. A lista de compras é atualizada e é apresentado o preço do produto

junto da mesma. No final é gerado um QRCode através do qual o cliente efetua o pagamento da compra. O pagamento supõe a existência de uma aplicação bancária que efetua a leitura do código de barras através da camera do *smartphone*.

Outros exemplos existem de aplicações que auxiliam a compra em supermercados. Broll, Vodicka e Boring (2013) exploraram a utilização de dispositivos móveis na assistência à compra em supermercados para consumidores diabéticos. Desenvolveram uma aplicação móvel que interage com os produtos expostos através de *tags* NFC (*Near field communication*). Ao ser lido o produto a aplicação informa o utilizador sobre concordância do alimento com a dieta anteriormente configurada na aplicação. Nomeadamente, informação sobre possíveis alergias e níveis de açúcar presentes nos mesmos. A avaliação deste trabalho foi realizada por meio de um questionário que procurou conhecer a opinião de doze utilizadores relativamente à forma como o dispositivo móvel comunicava as informações. Entre a comunicação áudio, por vibração ou visual os utilizadores optaram pela comunicação visual das informações. Não foi porém comentado pelo autor a possibilidade de utilização de outros outros métodos de aquisição de dados para além da tecnologia NFC. Apesar de se considerar uma tecnologia promissora na interação entre dispositivos móveis e produtos questiona-se a existência deste tipo de recetores em todos os produtos na loja. A adoção desta tecnologia implicaria por isso uma alteração na identificação dos produtos e consequentemente o aumento de custos.

Um exemplo da utilização de dispositivos móveis no contexto de SCM é o caso da implementação de aplicações para o controlo de transportes e entrega de mercadoria. Este tipo de aplicações foram implementadas por transportadoras como a DHL, FedEx, TNT Express e UPS. Dentro do ramo, a americana TQL (Total Quality Logistics) destaca-se com a aplicação Freight Finder desenvolvida para iOS e Android (Szymczak 2013). O público-alvo desta aplicação são os camionistas, transportadoras e operadores logísticos. Funcionando como uma rede cooperativa entre utilizadores a aplicação permite a pesquisa de serviços de transportes com critérios de seleção como a cidade de destino, data de carregamento ou tipo de atrelado. Ao seleccionar o transporte o utilizador acede aos detalhes do mesmo oferecendo a possibilidade de contactar o transportador responsável pelo serviço diretamente a partir da aplicação através de uma chamada telefónica.

O uso desta aplicação é também complementado pelo uso da localização GPS que hoje em dia esta disponível na maioria dos *smartphones* comercializados. É possível pesquisar nas redondezas um transportador disponível e efetuar a requisição do serviço através da aplicação móvel.

O sucesso desta aplicação cria oportunidades para o desenvolvimento desta ideia. Segundo Szymczak em 2013 estava em curso o desenvolvimento da primeira aplicação com integração com sistemas de TMS (Transport Management System) pela empresa de IT MercuryGate e a operadora logística C.H. Robinson, entre outras. Este tipo de aplicação será implementada na Polónia como uma componente integradora dos sistemas de informação logísticos e também noutros países dado que é respeitada a norma ICT.

Da literatura estudada conclui-se que os dispositivos móveis abrem portas para o desenvolvimento de ferramentas que visam a agilização dos processos de negócio. Especificamente para a área de SCM verifica-se que os *smartphones* possuem recursos de *hardware* que podem potenciar a sua utilização. Um exemplo é a possibilidade de efetuar a leitura de códigos de barras ou QR Codes com a camera fotográfica. A aquisição de imagem para documentação do processo ou geolocalização.

De seguida serão abordados os métodos de aquisição de dados utilizados em SCM e especificamente no processo de inventário.

2.5. AQUISIÇÃO DE DADOS

O processo de inventário inicia-se com o Registo de Quantidades. O Registo de Quantidades consiste na identificação da matéria-prima e é efetuada com recurso a tecnologia de identificação e recolha de dados. Exemplos deste tipo de tecnologia são o caso do código de barras e mais recentemente utilizado em SCM o RFID (Qian et al. 2012).

Os códigos de barras tratam-se de um método de identificação amplamente utilizado na indústria para controlo do inventário (Froschle et al. 2009). Estes são a representação visual de dados, sob forma de barras que variam de espessura e espaçamento. Nesta representação, os dados são codificados em apenas uma dimensão e segundo uma

determinada norma. A norma mais utilizada é a *International Article Number* (EAN, por anteriormente se denominar *European Article Number*). Neste formato, um código de barras codifica 13 caracteres o que motivou a evolução desta tecnologia para possibilitar a codificação de maior número de caracteres.

Os Quick Response Codes (QR Codes) tratam-se de códigos de barras bidimensionais que foram desenvolvidos pela Denso Wave Inc em 1994 (Liu, Yang & Liu 2008) e aprovados como norma internacional em 2000 (ISO/IEC18004).

Os QR Codes foram desenvolvidos para ultrapassar as limitações de armazenamento dos códigos de barras unidimensionais. Existem 40 versões, com 4 níveis de correção de erros conseguindo no máximo codificar 7089 caracteres numéricos ou 4296 caracteres alfanuméricos (Denso Wave Inc.).

Um QR Code é composto por uma região de codificação e por elementos para descodificação do padrão (Figura 4).

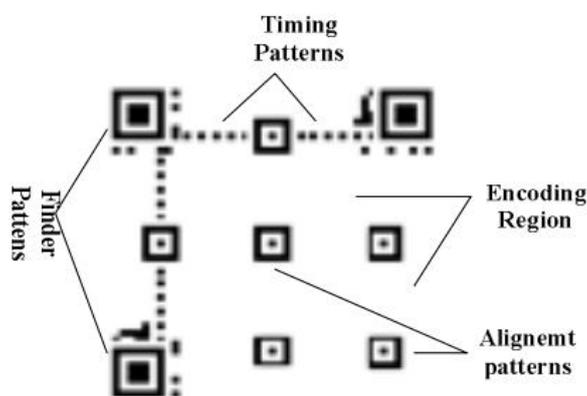


Figura 4 - Estrutura de um QR Code (Liu, Yang, & Liu, 2008).

À semelhança com os códigos de barras os QR Codes são lidos por leitura ótica pelo que não é necessária a utilização de equipamentos adicionais para efetuar a aquisição de dados. No entanto, a utilização da camera para efetuar a leitura de grandes quantidades de códigos de barras deve ser avaliada em termos de velocidade de leitura e precisão.

A rádio frequência representa provavelmente a tecnologia mais utilizada atualmente na gestão de armazém. Em comparação com as tecnologias descodificadas por leitura ótica estes convergem dado que se tratam ambos de tecnologias permitem a identificação de materiais para posterior integração num sistema de informação. No entanto, tecnologicamente apresentam características muito diferentes. O RFID (Radio Frequency Identification) pode ser lido a uma distância de 100 m, têm uma elevada capacidade de leitura (100 tags/s) e permite o armazenamento de dados até 4 kB em tags passivas e 1MB em tags ativas (que possuem bateria) (Qian et al. 2012). Quanto aos códigos de barras é obrigatório o contacto visual e implica uma distância de centímetros do identificador. Apesar disso, o RFID não pode ser considerado um substituto dos códigos de barras dado que estes se adequam melhor a determinados contextos. A introdução da tecnologia RFID aplicada ao processo de inventário tem tido a atenção da comunidade de investigação nos últimos anos. Esta é apontada como sendo uma tecnologia que pode ajudar as organizações na automatização do processo de identificação de produtos e assim eliminar possíveis fontes de erro (McFarlane & Sheffi 2003, Kang & Gershwin 2005, Bensoussan & Çakanyildirim 2007 e Hardgrave, Aloysius e Goyal 2013). A necessidade de automatização e melhor identificação levou a que a tecnologia RFID fosse considerada para o contexto de SCM (*Supply Chain Management*). No entanto, os códigos de barras continuam a ser amplamente utilizados. O principal motivo está relacionado com o custo financeiro associado ao RFID que é muito superior relativamente aos códigos de barras (Preradovic et al. 2008). Também a ausência de Standards que regulem esta tecnologia são um fator a considerar. Foi criada a EPCglobal's com o objetivo de normalizar a tecnologia no entanto esta ainda não é apoiada pela International Organization for Standardization (ISO).

Noutros contextos surge a tecnologia NFC (Near Field Communication) por exemplo para a realização de pagamentos multibanco ou na assistência ao cliente na área do retalho (Karpischek et al. 2009). A NFC trata-se de uma tecnologia que permite a comunicação de dados a distâncias curtas (Broll, Vodicka & Boring 2013). Esta consiste numa interface e protocolo desenvolvido com base na tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*) e por isso compatível com a mesma.

A característica diferenciadora entre a NFC e RFID é o facto de o primeiro ter um alcance inferior. Esta particularidade torna esta tecnologia mais adequada para

contextos em que seja favorecida a proximidade como é o caso da identificação de produtos ou realização de pagamentos.

Apesar de se considerar a tecnologia NFC muito promissora para o contexto de estudo reconhece-se que existem dois fatores que podem inviabilizar a sua utilização atualmente. A possibilidade de nem todos os produtos estarem identificados com esta tecnologia e o seu custo de implementação.

Num futuro próximo e dados os desenvolvimentos envolvendo a utilização de tecnologia NFC acredita-se que esta se venha a tornar viável nos próximos anos.

Para o desenvolvimento de uma solução móvel existem vários tipos de aplicações e sistemas operativos no mercado. É importante compreender as características de cada tipo para poder propor uma solução viável. No capítulo seguinte são abordados os tipos de aplicações móveis.

2.6. TIPOS DE APLICAÇÕES

No desenvolvimento de aplicações móveis há que ter em conta algumas considerações. Cada sistema operativo requiere a utilização de uma linguagem de programação distinta. Para iOS a linguagem de programação é Objective-C, para Android é Java e para o Windows Mobile é C# (Georgiev, Jana & Shmatikov 2014). Dado este facto é importante avaliar qual o âmbito, tempo e custo a despende para o desenvolvimento de uma aplicação móvel e com isso optar por um dos três tipos de aplicações móveis.

Atualmente existem três tipos de aplicações móveis. As nativas, web e híbridas que serão detalhadas em seguida (Silva 2012).

2.6.1. NATIVAS

As aplicações nativas caracterizam-se por se tratar de aplicações que são desenvolvidas especificamente para o SO em que são executadas. As suas principais vantagens são, o facto de em termos estéticos e de utilização serem mais semelhantes e adaptadas ao SO

para o qual são desenvolvidas e também o facto de possibilitar a utilização de recursos de *hardware* como a camara ou o GPS (Holder 2014).

Por outro lado, as aplicações nativas implicam que o desenvolvimento seja efetuado na linguagem específica do SO e a utilização do *Software Development Kit* (SDK) apropriado.

Para a implementação de uma aplicação nativa com um público alvo abrangente será necessário o desenvolvimento para vários sistemas operativos o que resulta em custos elevados de implementação, tempo e conhecimentos para a implementação nas várias plataformas.

2.6.2. APLICAÇÕES WEB

O acesso à internet a partir de um *browser* é uma funcionalidade comum a todos os sistemas operativos de *smartphones*. Com base nesta característica surgem as aplicações web que permitem o acesso a partir de qualquer dispositivo.

Uma aplicação *web* consiste de uma forma geral num conjunto de funções ou programa, localizados num servidor, que são acedidos através de um *web browser* executado num computador, *smartphone* ou outro dispositivo que permita a utilização de um *browser* (United States Patente N° US 2006/0167981 A1).

As vantagens deste tipo de aplicações são as seguintes:

- **Não necessita de instalação:** São acedidas a partir um URL e a partir daí o utilizador poderá aceder e utilizar a aplicação a partir de qualquer localização.
- **Custos de implementação reduzidos:** É multiplataforma. Elimina a necessidade de implementação para vários sistemas operativos.
- **Dados centralizados:** Os dados localizam-se no servidor o que facilita o *backup* dos mesmos.
- **Facilmente atualizado:** É mais fácil o lançamento de novas versões da aplicação dado que os utilizadores não necessitam de o atualizar.
- **Versátil:** Pode ser utilizado em todos os dispositivos que possuam acesso à internet a partir de um *web browser*.

- **Pode ser acedida em qualquer local:** A aplicação pode ser utilizada em qualquer local desde que haja acesso à internet.

Dadas as vantagens deste tipo de aplicações muitos dos fornecedores de *software* têm vindo a adaptar-se a esta nova realidade como a Google com o Google Docs, a Adobe com o AIR (*Adobe Integrated Runtime*) e a Microsoft com o *Windows Presentation Foundation* (Agustin & Barco 2013). No entanto, existem algumas desvantagens neste tipo de aplicações. O acesso aos recursos de *hardware* são limitados e a performance da aplicação está dependente da velocidade de acesso à internet.

2.6.3. APLICAÇÕES HÍBRIDAS

As aplicações móveis híbridas combinam características das aplicações nativas e das aplicações web. Em conjunto com as aplicações web estas representam atualmente a alternativa disponível para o desenvolvimento de aplicações multiplataforma (Nitze & Schmietendorf 2013). Tecnicamente, as aplicações híbridas utilizam componentes característicos da web que são incorporados num “container” nativo o que possibilita o acesso a recursos locais dos *smartphones*, tal como as aplicações nativas. Desta forma passa a ser possível o acesso a funcionalidades de *hardware* do *smartphone* como a câmara fotográfica, notificações, vibração, GPS e acelerómetro (Adinugroho, Reina, & Gautama 2015).

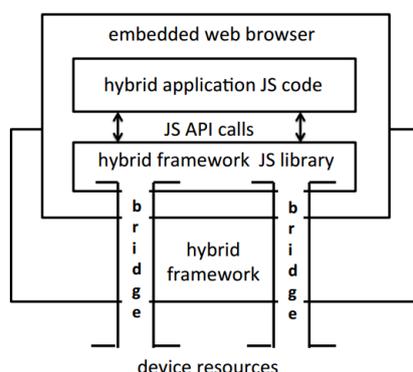


Figura 5 - Componentes de uma framework híbrida (Georgiev., Jana & Shmatikov 2014).

As tecnologias web consideradas *standard* utilizadas no desenvolvimento de aplicações híbridas são o JavaScript para a implementação das regras do negócio, HTML5 e CSS3 para a camada de apresentação e armazenamento *offline* (Nitze & Schmietendorf 2013).

Para o desenvolvimento de aplicações híbridas, existem atualmente várias *frameworks* como o PhoneGap, Titanium ou Xamarin que disponibilizam APIs para o acesso aos recursos do *smartphone*.

A PhoneGap é um projeto *open source* mantido pela Apache Software Foundation – Apache Cordova. Esta *framework* disponibiliza uma arquitetura que possibilita a comunicação entre a interface com o utilizador que é executada num *browser* e a camada nativa que constitui a aplicação móvel.

Em contraste com a PhoneGap, no desenvolvimento de aplicações com a *framework* Titanium e Xamarin a interface com o utilizador será nativa sendo gerada após a interpretação do código JavaScript. A vantagem desta abordagem está no facto de se conseguir uma experiência de utilização mais próxima de uma aplicação nativa. Por outro lado, se o objetivo for manter a coerência da interface independentemente da plataforma, então será mais adequada a utilização de uma *framework* que suporte a arquitetura usada pela PhoneGap. Outra limitação da *framework* Titanium está no facto de apenas suportar o desenvolvimento para dois sistemas operativos iOS e Android.

Transversal a qualquer plataforma de desenvolvimento para aplicações híbridas está a vantagem de apenas uma reduzida parte da aplicação necessitar de ser codificada para a linguagem específica do sistema operativo a que se destina. Estas têm custos inferiores de desenvolvimento, comparando com as aplicações nativas e não são tão limitativas como as aplicações web no acesso aos recursos locais do *smartphone*.

Em 2012 Heitkötter, Hanschke, & Majchrzak realizaram um estudo comparativo em que avaliou cada tipo de aplicação. Nativas, web e híbridas, decompondo as aplicações híbridas por *framework* de desenvolvimento usada - Titanium e PhoneGap. Para cada caso foi avaliada na perspetiva da infraestrutura e de desenvolvimento um conjunto de sete critérios que incluíam a usabilidade, performance, ambiente de desenvolvimento e a rapidez e custo de desenvolvimento. Deste estudo concluiu-se que o PhoneGap é preferível em todos os critérios exceto no caso de se pretender obter uma aparência e experiência de utilização mais semelhante a uma aplicação nativa. Em resumo este

estudo defende que dada a maturidade das abordagens multiplataforma é desnecessário o desenvolvimento de aplicações nativas. Mesmo que a multiplicidade de plataformas não seja um requisito é aconselhado o desenvolvimento de uma aplicação híbrida dada a sua flexibilidade e facilidade de implementação deste tipo de aplicações.

2.7. INTEGRAÇÃO DE APLICAÇÕES EMPRESARIAIS

No atual contexto económico e industrial, os sistemas empresariais necessitam constantemente de se adaptar às mudanças impostas pelos mercados e evolução tecnológica (Chen, Doumeingts, & Vernadat 2008). Dado este contexto surge a necessidade de desenvolvimento de aplicações que suportam e melhoram a fluidez e performance dos processos organizacionais. A disponibilização de aplicações integradas com os sistemas empresariais trata-se uma oportunidade, para as organizações, de melhorar e tornar mais eficientes os seus processos. Pela integração, é fortalecida a base de comunicação entre fornecedores e a organização tornando-a mais eficiente. Segundo Iqbal a integração entre as aplicações e os sistemas de informação empresariais (ERP) representam uma poupança de tempo e recursos ao nível operacional (Iqbal et al., 2013).

Segundo Ming-zhe (2013), as tecnologias de integração iniciaram-se com o *Remote Procedure Call* (ROP) com a comunicação ponto-a-ponto e de seguida o *Message Oriented Middleware* (MOM) que utiliza o *message broker* para comunicação entre aplicações. Mais tarde surge a *Enterprise Application Integration* (EAI). A EAI procura o desenvolvimento de metodologias, técnicas e ferramentas para o desenho e implementação de soluções integradas. Esta surgiu nos anos 1990 com os sistemas de arquitetura “*client-server*”, no entanto, ficou marcada por problemas relacionados com a comunicação entre aplicações de diferentes fornecedores. Cada fornecedor desenvolveu interfaces específicas que implicavam o desenvolvimento ou instalação. Este processo consumia tempo e recursos que não iam ao encontro do objetivo de melhoria de performance e fluidez dos processos (Oliveira et al. 2012). A solução para este problema evoluiu no sentido de criar uma arquitetura aberta e normalizada que permitisse a comunicação entre aplicações e sistemas de diferentes fornecedores de software. Neste contexto surgem os *WebServices* que vêm introduzir diversas melhorias relativamente à anterior arquitetura.

A crescente necessidade de comunicação não só entre sistemas internos da organização mas também com sistemas de fornecedores levou à evolução das tecnologias utilizadas para a integração entre sistemas B2B (*Business-To-Business*) passando pelo EDI (electronic data interchange), XML (*eXtensible Markup Language*), SOAP (*Simple Object Access Protocol*), UDDI (*Universal Description, Discovery, and Integration*) e WSDL (*Web Service Definition Language*) (Wu, Chen, & Chen 2011). Os Web Services são normalizados, abertos e permitem a abstração do *back-end* e *software* utilizado.

Com os Web Services surge a SOA (*Service Oriented Architecture*) como uma arquitetura independente da tecnologia (Strimbei et al. 2009). Esta é composta por três componentes básicos que são o *service provider*, *service consumer* e *service registry* que interagem entre si pela publicação, pesquisa e chamada do serviço.

Atualmente esta é a arquitetura mais utilizada para a integração de aplicações empresariais. A arquitetura flexível possibilita a extensão e modularização dos processos de negócio pela utilização de serviços como porta de entrada. A partir de qualquer dispositivo provido de um *client* pode efetuar-se a chamada do serviço independentemente do sistema operativo ou linguagem de programação para integrar um novo processo de negócio (Papazoglou & Heuvel 2007).

Li e Madnick (2015) fazem uma análise do resultado de implementação da arquitetura SOA procurando identificar vantagens e desvantagens da mesma. Segundo Li existem resultados muito disparees da implementação desta arquitetura. Algumas fontes afirmam que trouxe grandes benefícios aumentando a agilidade dos processos de negócio e melhorando o alinhamento do IT com o negócio. Outras afirmam que falhou completamente com o seu propósito.

Um problema apontado à arquitetura SOA é o facto de implicar grande interação entre intervenientes do serviço. Cada instancia do serviço implica a procura do *end point* e exposição da interface do decorrer da comunicação. Como resposta a esta questão surge o *Enterprise Service Bus* (ESB) que proporciona uma infraestrutura para a gestão da comunicação entre serviços numa arquitetura SOA (Negash et al. 2015). O ESB trata da transmissão de dados, mapeamento, filtragem e routing eliminando a diversidade de

plataformas de *hardware*, bases de dados e protocolos de comunicação resultando na melhoria de performance das comunicações (Bai, Lian, & Li 2013).

2.7.1. REST E ODATA

No que respeita à comunicação entre *service providers* e *service consumers* existem duas principais abordagens para a implementação de serviços numa arquitetura SOA que são respetivamente SOAP e REST. A introdução do SOAP e REST veio permitir a abstração ao nível das plataformas e linguagens de programação utilizadas permitindo o consumo generalizado do *web service* (Mullally, Mc. Kekvey, & Curran 2011).

Apesar de ser robusto e relativamente fácil de implementar com recurso às ferramentas adequadas são apontadas desvantagens ao SOAP relativamente ao REST. As mensagens transmitidas no protocolo SOAP contêm excesso de informação e por esse motivo o desempenho deste protocolo é em determinados contextos inferior ao REST. Em 2011 Mullally, Mc. Kekvey, & Curran comparam a performance do SOAP e REST na integração de aplicações empresariais em sistemas operativos mobile, nomeadamente Android e Windows Phone. A comparação foi efetuada em termos de tempo de execução e em termos de quantidade de informação envolvida na comunicação. Relativamente ao consumo de dados verificou-se um consumo superior com SOAP o que faz do REST uma opção mais económica. No entanto, no processamento de mensagens de maior dimensão o SOAP revelou melhor desempenho utilizando uma menor quantidade de memória para o processamento. Relativamente ao tempo de execução o REST obteve em todos os testes melhores resultados.

Detalhando, o modelo REST (*Representational State Transfer*) foi introduzido por Roy Fielding no ano 2000 no âmbito da sua tese de doutoramento que segundo o qual obedece a seis princípios quanto à sua arquitetura (Fielding 2000):

1. *Client server architecture*

A uniformidade da interface permite a separação bem definida entre servidor e cliente.

2. *Statelessness*

Entre chamadas do serviço não é mantido qualquer registo da chamada anterior, assim cada chamada requer todos os dados necessários para o processamento do serviço

3. *Cacheability*

É definido na resposta do serviço se o retorno deve ou não ser mantido em cache prevenindo a utilização de dados desatualizados

4. *Layered system*

Não é visível para o cliente se a ligação é efetuada com o servidor final ou com um servidor numa camada intermediária.

5. *Uniform interface*

Uma interface uniforme permite a desvinculação entre cliente e servidor.

6. *Code on demand*

O cliente pode ser personalizado em tempo real pela passagem de código executável na chamada do serviço.

Esta última característica é opcional no modelo REST.

Cada chamada do serviço é acompanhada de uma operação que pode ser de cinco tipos: *GET*, *POST*, *PUT*, *DELETE* e *PATCH*. Utiliza URIs (*Uniform Resource Identifier*) para identificar e localizar a presença de um recurso na rede. Adicionalmente o modelo REST supõe a possibilidade de ser representado de múltiplas formas, nomeadamente, XML ou JSON. Este último mais facilmente consumido por um cliente que implemente JavaScript.

Sob o modelo REST assenta o protocolo OData. Este protocolo é amplamente utilizado como protocolo aberto e foi normalizado na versão 4 pela OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*). Do comité técnico para o desenvolvimento deste protocolo fazem parte organizações como a IBM, CA, SAP e a Microsoft.

Este surgiu como solução para o problema da crescente quantidade de informação produzida por múltiplas fontes de informação e pela necessidade de serem consumidas por diversos tipos de dispositivos como *desktops*, *tablets* ou *smartphones*.

O OData define um modelo de dados abstrato e um protocolo que permite o acesso por parte de qualquer cliente ao *data source*. Desta forma, é simplificada e uniformizada a partilha de dados permitindo a integração entre produtos e plataformas com base apenas na chamada HTTP.

Através deste protocolo é comunicada informação nos dois sentidos entre cliente e servidor sendo que através da chamada são definidos os recursos que podem ser acedidos, que operações podem ser usadas e segundo uma representação (XML ou JSON).

Tecnicamente existem quatro principais características de uma implementação de um serviço OData:

- ***OData data model***
Representa o modelo de dados e descreve a sua organização de forma abstrata.
- ***OData protocol***
O protocolo OData é o que permite a chamada do serviço. Este consiste numa chamada HTTP que utiliza os princípios do modelo REST, executa operações CRUD e permite a utilização de funcionalidade de *query* específicas de OData. Como resposta, recebe dados em formato XML ou JSON.
- ***OData client libraries***
São bibliotecas que facilitam a implementação do serviço do lado do cliente para o acesso aos dados via OData.
- ***OData services***
Implementa o protocolo OData e expõe o ponto de acesso para o acesso à fonte de dados. Estes utilizam o modelo abstrato de dados para traduzir a informação na resposta para o cliente.

Apesar de simplificado o acesso aos dados é limitado sendo apenas partilhada a informação disponibilizada pelo *OData model*. Desta forma os dados de origem permanecem não expostos, numa camada segura.

Através do ponto de acesso exposto é possível o retorno de dois elementos que descrevem o serviço. O *Service Document* que disponibiliza o nome, operações disponíveis e URIs.

E o *Service Metadata Document*, que expõe o modelo, tipos, ações e relações entre entidades. Resumidamente, a semântica do modelo.

Estrutura do serviço OData

O Service Document e o Service Metadata Document são compostos pelos elementos constituintes do serviço OData:

- ***Entity Type***
Representa a entidade que é constituída por propriedades das quais pelo menos uma deve ser definida como chave. Um serviço pode conter várias entidades que podem ser acedidas de forma individual pela utilização da sua chave ou através de opções de *query* na URI.
- ***Entity Set***
Representa a implementação do *Entity Type*.
- ***Property***
Elemento constituinte de um tipo de dados que representam as colunas de uma tabela. Este pode ser básico, estruturado ou mesmo uma ligação para outro recurso.
- ***Navigation Property***
Propriedade que constitui uma associação entre entidades e é utilizada na navegação entre as mesmas.
- ***Association***
Define a ligação entre dois *Entity Types* que se relacionam com regras de cardinalidade.
- ***Function Import***
Os *Function Imports* definem ações e são utilizados sempre que as operações CRUD-Q não satisfazem as necessidades a implementar. Exemplo da utilização deste recurso é a ação de dar entrada de mercadorias.

Algumas questões de segurança são levantadas relativamente ao protocolo OData. A exposição de uma base de dados através de uma chamada HTTP facilita e uniformiza o acesso a uma fonte de dados. No entanto, é de grande importância garantir que o acesso não está disponível para eventuais ataques informáticos ou acesso indesejado a informação sensível da organização.

Para garantir a segurança das informações expostas é primariamente necessário definir corretamente a arquitetura de integração com o ERP. A criação de várias camadas para o acesso aos dados permite reforçar a sua segurança como exemplificado na Figura 6.

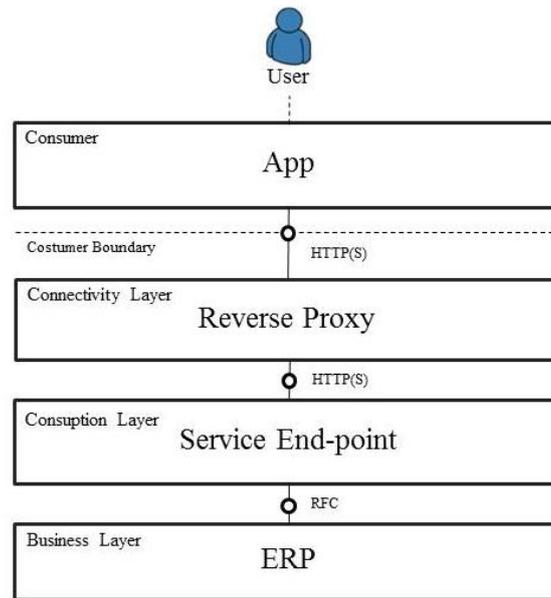


Figura 6- Arquitetura de integração com comunicação OData.

A figura anterior exemplifica uma possível arquitetura em que existem duas camadas de segurança para evitar possíveis ataques. Uma primeira camada de conectividade que implementa uma *reverse proxy* e a separação da *Consumption Layer* da *Business Layer*. Na *Consumption Layer* o serviço OData é registado mas a sua implementação e respetiva lógica de negócio é mantida ao nível da *Business Layer*.

A comunicação entre camadas deve também ser assegurada. Para isso a comunicação utiliza *secure sockets layer* (SSL) ou *transport layer security* (TLS).

2.8. SÍNTESE

Apesar da grande evolução dos ERP desde o seu aparecimento até à data, existe ainda um grande potencial de evolução e melhoria dos processos organizacionais pela melhoria dos sistemas que suportam os processos organizacionais. Neste capítulo foram dadas a conhecer algumas soluções que utilizam dispositivos móveis para a agilização de processos e os princípios tecnológicos envolvidos na sua conceção.

Neste trabalho procura-se partir do estado do conhecimento atual para o desenvolvimento de uma solução que irá utilizar a mobilidade dos ERP para a simplificação do processo de inventário. Nomeadamente, na atividade de registo de contagens.

No próximo capítulo será apresentado o contexto de estudo e detalhada concetualmente a solução proposta que procura de forma independente da tecnologia criar uma solução viável para a simplificação do processo.

3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

O objetivo deste capítulo é apresentar conceitualmente a proposta de solução para o problema enunciado na questão de investigação (ponto 1.3). Com base na revisão da literatura apresentada no capítulo anterior foi desenvolvida a proposta que será apresentada de seguida.

De acordo com os objetivos definidos no ponto 1.4 a solução proposta consiste no aumento de mobilidade do ERP através de tecnologia móvel. Esta procura oferecer ao utilizador um meio para realizar com maior facilidade e performance a tarefa de registo de quantidades e ao mesmo tempo ser uma alternativa economicamente viável.

Para uma melhor compreensão do contexto a que se destina a solução será primeiro lugar realizada a descrição do mesmo.

3.1. CONTEXTO

Numa organização que implique a existência de lojas para venda de produtos surge a necessidade de efetuar o inventário das mesmas e conseqüentemente o registo de contagem dos materiais.

Apesar de já existir atualmente tecnologia RFID para a execução do processo de inventário esta pode não se adequar ao contexto de estudo. Neste contexto temos um número elevado lojas de dimensão reduzida. O RFID representa uma alternativa fiável por exemplo para o contexto de armazéns ou lojas de grande dimensão mas com complexidade e custo de implementação elevado o que pode inviabilizar a sua utilização num contexto com um orçamento reduzido.

Esta necessidade motivou o desenvolvimento de uma solução adaptada às características do mesmo, valorizando o custo de implementação e facilidade de utilização.

Para uma melhor compreensão do contexto a que a solução se destina começaremos por efetuar uma descrição dos requisitos da mesma:

- Número elevado de lojas que pequena dimensão;
- Que disponham de acesso à internet;

- Matéria-prima identificada com tecnologia descodificável por leitura ótica (códigos de barras, QR Code);
- Que utilizem um ERP com capacidade de integração através do protocolo OData.

Atualmente as soluções neste âmbito passavam pela utilização de equipamentos especializados na leitura ótica de códigos de barras mas que não comunicavam diretamente com o ERP da organização. Verificavam-se também problemas ao nível da mobilidade desses equipamentos existindo por vezes a necessidade de ligação por USB ao computador. Tal facto implica a movimentação dos materiais a registar para junto do leitor ou vice-versa.

O registo é efetuado com um leitor de código de barras para um ficheiro que posteriormente é importado no ERP. Se o ficheiro produzido contiver erros, só serão detetados mais tarde no momento da importação do ficheiro no ERP. Também o facto de o processo depender de vários componentes de *hardware* e *software* favorece a ocorrência de erros. Por exemplo, na duplicação de registos lidos ou na formatação incorreta do ficheiro. Ao ser detetado numa fase tardia do processo, o erro tem maior impacto na eficiência do processo pois implica a necessidade de repetição das tarefas anteriores.

Outro fator de relevo está relacionado com a necessidade de formação dos colaboradores deste tipo de estabelecimentos. A alta rotatividade, aliada à escassez de formação para o processo de inventário cria a necessidade de desenvolvimento de uma solução intuitiva e o mais automatizada possível, no sentido de reduzir a possibilidade de erros decorrentes do processo.

3.2. SOLUÇÃO

A solução que se propõe para a simplificação do processo de registo de contagens em loja consiste no aumento de mobilidade do ERP através de tecnologia móvel.

Através da aplicação móvel, o colaborador acede ao detalhe do inventário, efetua a contagem de materiais e submete o registo da mesma que é automaticamente integrada com o ERP da organização.

Na tabela seguinte foi decomposto o processo e analisado comparativamente ao processo atual quanto ao *hardware*, *software* e complexidade do processo.

Tabela 1 - Análise do processo de registo de contagens relativamente ao hardware, software e complexidade do processo.

	Pré-simplificação	Pós-simplificação
<i>Hardware</i>	Leitor de código de barras. Equipamento especializado unifuncional. Necessidade de ligação por cabo ao computador para registo da leitura.	<i>Smartphone</i> . Equipamento multifuncional, familiar para o utilizador, alta mobilidade, facilmente adaptável a novos contextos.
<i>Software</i>	Necessidade de utilização de mais que um <i>software</i> para completar o processo. Um para a criação do ficheiro e outro para a validação e submissão do registo de contagem. Formação necessária para ambos os <i>softwares</i> usados. Especialmente para a interação com SAP ECC.	Apenas um <i>software</i> com uma interface simplificada e intuitiva. Interação familiar para o utilizador com reduzida necessidade de formação.
Complexidade do Processo	Complexidade superior dado os constrangimentos definidos pelo <i>hardware</i> e software usados. Necessárias quatro tarefas para completar o processo. Fraca automatização. Alta propensão para a ocorrência de erros.	Complexidade reduzida. Simplificação do processo pelo aumento de mobilidade do <i>hardware</i> e adaptação do <i>software</i> ao processo. Redução de quatro para duas tarefas para completar o processo.

Na figura seguinte é esquematizado o fluxo do processo antes e após a simplificação do mesmo.



Figura 7- Comparação do processo de registo de contagem. À direita fluxo para o processo antes da simplificação, à esquerda o fluxo para o processo já simplificado (Diagrama de Atividades - Notação UML).

Ao contrário da solução atual, a solução proposta foca-se no utilizador e no contexto em que o mesmo se insere para a executar. Esta permite a simplificação deste processo tanto ao nível do fluxo de tarefas a executar como ao nível das tecnologias utilizadas.

Tecnologicamente, a solução proposta consistirá no desenvolvimento de uma aplicação móvel híbrida, integrada com o ERP da organização, que irá tirar partido da câmara do *smartphone* para efetuar a leitura do identificador do material.

A aplicação é composta por três *views* que apresentam três níveis de informação.

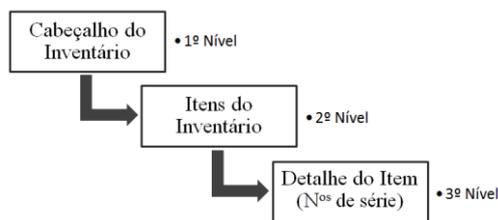


Figura 8- Níveis de detalhe da aplicação.

A primeira representa o cabeçalho do documento de inventário que recebe a chave para o documento, composta por número de inventário e exercício. A segunda *view* apresenta os itens do inventário. A este nível o utilizador consulta os materiais e quantidades para os quais deve efetuar o registo. Por fim, o terceiro nível de informação apresenta os números de série para cada item. Ao finalizar a leitura dos números de série o registo de contagens é submetido e integrado no ERP da organização.

Quanto à comunicação entre a aplicação móvel e o ERP é proposto um modelo de dados consumido através do protocolo OData. Este serviço é composto por dois *entity sets* relativos aos itens e números de série do documento de inventário. Quanto à verificação dos números de série lidos é efetuada através do *function import* que informa o utilizador sobre a validade do número de série lido. Ao terminar a leitura dos números de série os dados são submetidos e comunicados ao ERP através de uma chamada em *batch* que contém as alterações ao nível dos itens e números de série do inventário.

Na Figura 9 é esquematizado detalhadamente o fluxo para a proposta de solução.

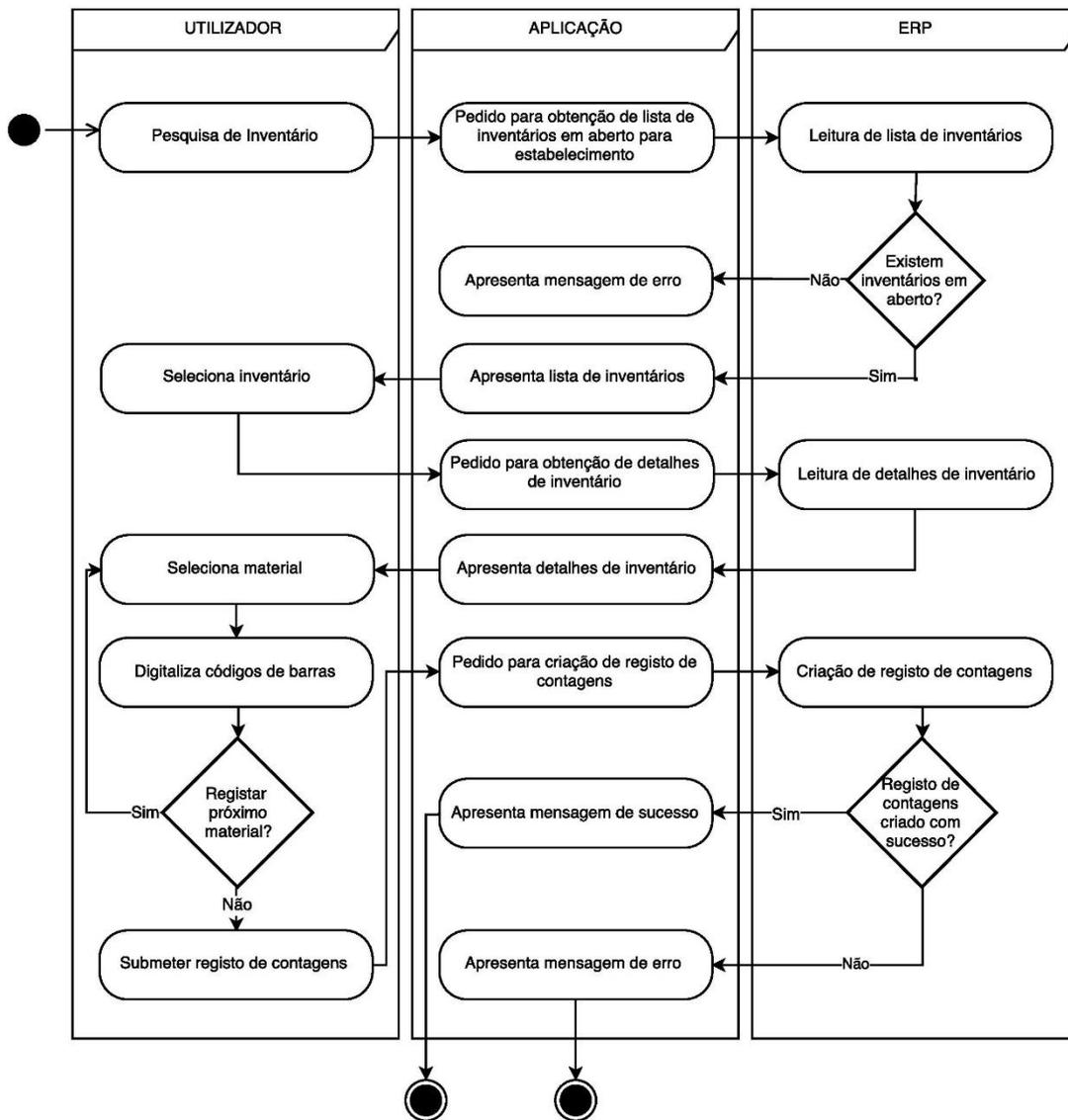


Figura 9 - Diagrama de fluxo para proposta de solução(Diagrama de Atividades - Notação UML).

4. IMPLEMENTAÇÃO

Como forma de validação da proposta concetual apresentada no capítulo anterior, foi implementado o protótipo. Para tal iniciou-se por se identificar quais os requisitos funcionais da solução. Com base na proposta concetual e requisitos identificados foram tomadas as opções tecnológicas. A escolha do tipo de aplicação, *frameworks* de desenvolvimento e tipo de serviço. Por fim é documentada de forma detalhada a implementação do protótipo.

4.1. REQUISITOS FUNCIONAIS

A aplicação desenvolvida compreende um conjunto de funcionalidades a desempenhar para a realização da atividade de registo de contagens. Tais funcionalidades foram esquematizadas através do diagrama de casos de uso da Figura 10.

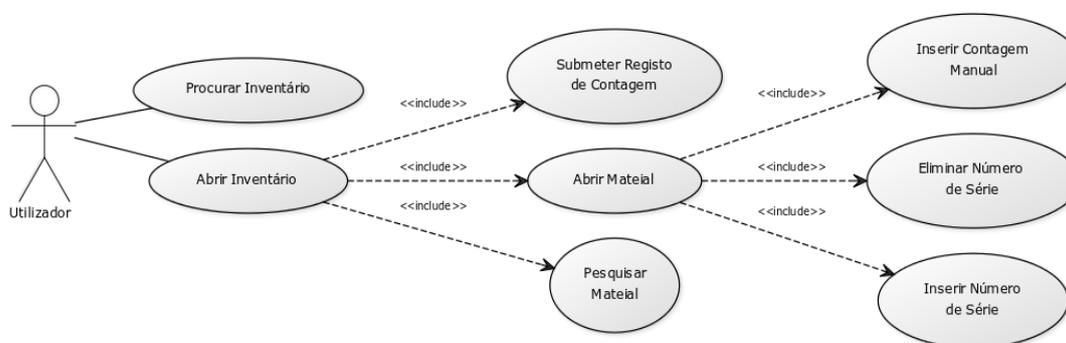


Figura 10 - Casos de uso para o protótipo desenvolvido.

4.2. OPÇÕES TECNOLÓGICAS

Para a escolha das tecnologias a utilizar foi analisado o contexto do ponto de vista tecnológico para a implementação deste tipo de soluções. Dado que a solução proposta passa pelo desenvolvimento de uma aplicação móvel começou por se decidir qual o tipo de aplicação que melhor se adaptaria.

Com base na literatura consultada optou-se pelo desenvolvimento de uma aplicação híbrida. Pelo baixo custo de implementação e por ser multiplataforma. A solução deverá ser o máximo possível independente quer do sistema operativo, como do dispositivo móvel em que é instalada.

Quanto à *framework* de desenvolvimento optou-se pelo PhoneGap/Cordova. Pela coerência da interface com o utilizador oferecida entre diferentes plataformas e pela melhor performance relativamente às alternativas (Heitkötter, Hanschke, & Majchrzak 2012).

Para a implementação da interface com o utilizador optou-se pela *framework* OpenUI5. O OpenUI5 é uma biblioteca de renderização HTML5 e modelo de programação *client-side*. A base para o seu desenvolvimento foi a biblioteca *open source* JQuery que foi customizada para a criação de componentes UI como controlos e layouts. Esta *framework* utiliza bibliotecas JavaScript e suporta CSS que permite o desenvolvimento de aplicações RIA para dispositivos móveis e desktop.

O desenvolvimento em OpenUI5 respeita e recomenda o modelo de implementação MVC (Model-View-Controller). Este consiste numa arquitetura em que são individualizadas as interfaces (View), dos dados (Model) e das regras de negócio (Controller) através do qual se obtêm as seguintes vantagens (Krasner & Pope 1988):

- Organização do código fonte, que facilita a interpretação;
- Maior facilidade de manutenção;
- Maior extensibilidade.

Quanto à comunicação com o *backend* optou-se pela utilização do protocolo OData, por ser flexível e permitir a abstração entre a interface com o utilizador e o *backend*.

4.3. INTERFACE COM O UTILIZADOR

O desenvolvimento da interface com o utilizador foi guiado pela preocupação de simplificação do processo. Partindo do diagrama de casos de uso foram desenvolvidas três visões que representam cada nível de detalhe da informação.

A aplicação é iniciada com a primeira visão em que é inserido o número de inventário e exercício. Este representa o cabeçalho do documento e por isso o primeiro nível de detalhe da informação a processar.



Figura 11- Visão inicial da aplicação de registo de contagem. À direita detalhe para a seleção simplificada do parâmetro de seleção “Exercício”.

Após o preenchimento dos critérios de seleção e premir o botão continuar o utilizador é encaminhado para a próxima tela em que são apresentados os itens do inventário (Figura 12).

Inventário	
Material 1	0 UN
Material 2	0 UN
Material 3	0 UN
Material 4	0 UN
Material 5	0

Submeter contagem

Figura 12 - Visão que apresenta os itens do inventário.

Da lista de itens apresentados pode pesquisar-se o material de interesse através do campo de pesquisa ou pesquisar manualmente o material a registar. Ao seleccionar a linha de interesse o utilizador é encaminhado para o nível de detalhe seguinte em que podem ser efetuada a contagem para um dado material (Figura 13).

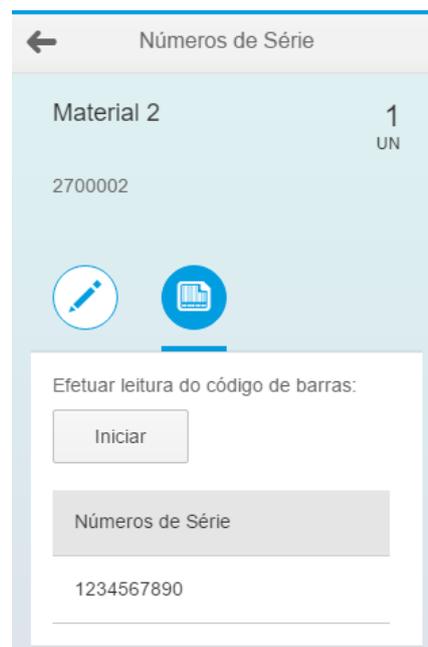


Figura 13- 3º Nível de detalhe. Visão em que efetuada a contagem dos materiais.

No terceiro nível de detalhe é apresentado o material selecionado, o seu código e no canto superior direito a quantidade registada até ao momento.

Para a contagem dos materiais existem dois métodos disponíveis. No caso de materiais seriados é usada a funcionalidade de leitura do código de barras. Ao clicar no botão “Iniciar” é chamado o *plugin* para a leitura do código de barras que através da câmara do *smartphone* efetua a leitura. O número de série lido é adicionado na tabela de números de série. No campo de registo da quantidade contada é incrementada uma unidade.

Antes de ser adicionado o número de série na tabela é automaticamente efetuada uma verificação no ERP que visa garantir a validade do registo. Em caso de erro, é devolvida

uma mensagem informativa para o utilizador e não é considerado o número de série na contagem.

Como existe a possibilidade de existirem materiais que não são seriados foi disponibilizada a funcionalidade de inserir manualmente a quantidade, contornando a opção de leitura do código de barras (Figura 14).

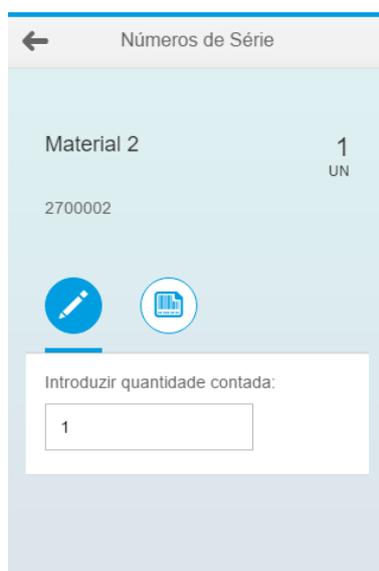


Figura 14 - Inserção manual da quantidade contada.

Nesta opção o utilizador insere manualmente a quantidade contada que atualiza automaticamente o campo no canto superior direito com a quantidade inserida.

O processo descrito deve ser repetido para todos os materiais até que o registo fique concluído. Nesse momento o utilizador submete o registo através da opção “Submeter contagem” (Figura 15).

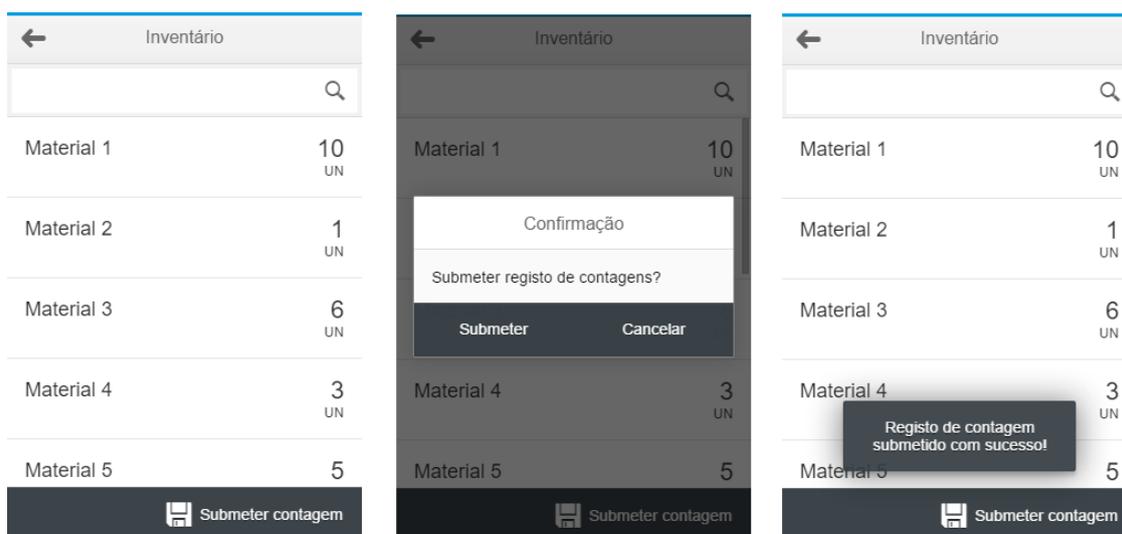


Figura 15 - Submissão do registo de contagem.

4.4. COMUNICAÇÃO ODATA

A comunicação entre a aplicação móvel e o ERP é efetuada através do protocolo OData. Esta comunicação é iniciada na declaração do modelo pela chamada dos metadados. Após a ação do utilizador para visualizar o detalhe do inventário é efetuada a chamada do serviço restringida pelo número de inventário e exercício do documento. Nesse momento é requisitado o *entity set* relativo ao detalhe do inventário e também o *entity set* relativo aos números de série. Imediatamente após a leitura do número de série é efetuada uma chamada ao *function import* de verificação do registo lido. Na verificação são enviados os parâmetros número de série, exercício e número de inventário e é retornada uma mensagem erro no caso de o registo não cumpra os requisitos. No final da contagem é submetido o registo através do método *submit changes()* que executa uma chamada em *batch* composta por chamadas MERGE para a atualização do *entity set* relativo aos itens do inventário e CREATE para o incremento dos números de série relativos a cada item. Para o processamento da chamada em *batch* é implementado o método *changeset process* que irá tratar em conjunto, numa só LUW (*Logical Unit of Work*) os pedidos de alteração, permitindo a criação do registo de quantidades com informação proveniente de dois níveis: itens e números de série.

O fluxo de comunicação encontra-se esquematizado na Figura 16.

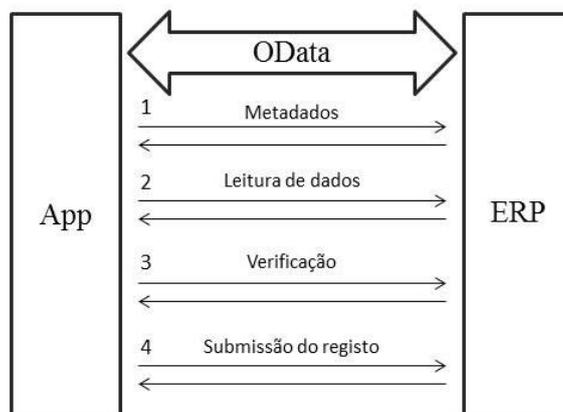


Figura 16- Fluxo de comunicação OData.

Entity Sets

O serviço OData disponibiliza dois *entity sets*: o *InventorySet* e o *SerialNumbersSet*. Ambos relacionam-se pela chave que é definida pelo número de inventário, exercício e item. Foi definida uma *Association* entre os dois *entity sets* o que possibilita a leitura de ambos num *batch request* através da utilização da *query option \$expand*.

```
▼<Association Name="InventorySerialNumbers" sap:content-version="1">  
  <End Type="Z_INVENTORY_ITEMS_SRV.Inventory" Multiplicity="1" Role="FromRole_InventorySerialNumbers"/>  
  <End Type="Z_INVENTORY_ITEMS_SRV.SerialNumbers" Multiplicity="*" Role="ToRole_InventorySerialNumbers"/>  
</Association>
```

Figura 17 - Association entre InventorySet e SerialNumbersSet

A constituição dos *entity sets* pode ser consultada na Figura 18.

<i>InventorySet</i>	<i>SerialNumbersSet</i>
Número de inventário	Número de inventário
Exercício	Exercício
Item	Item
Material	Número de Série
Descrição material	
Quantidade contada	
Unidade de medida	

Figura 18 - Estrutura dos entity sets.

4.5. WEB APP TO HYBRID APP

Dada a necessidade de efetuar a leitura do código de barras foi efetuada a conversão de aplicação *web* para uma aplicação híbrida. Assim, passou a ser possível a utilização de APIs para comunicar com os recursos de *hardware* do *smartphone* como a camara fotográfica.

Para a conversão da aplicação foi utilizada a *framework* de desenvolvimento móvel Cordova/PhoneGap. Esta *framework* permite o desenvolvimento de aplicações móveis em HTML5, javascript, CSS e conseqüentemente OpenUI5 sem a necessidade de desenvolver especificamente para um SO. É automaticamente gerado código na linguagem nativa sendo que a adaptação posterior para outro sistema operativo terá um esforço de implementação muito reduzido. Para a leitura do código de barras foi implementado através do plugin *cordova.plugins.barcodeScanner*.

5. CASO DE ESTUDO

Para a avaliação da solução proposta foi implementado o protótipo numa organização que se enquadra no âmbito do estudo realizado. Desta forma, pretende-se verificar a viabilidade da solução e a sua aplicabilidade num contexto real.

A implementação do protótipo num contexto real implica para além da instalação do protótipo no servidor do cliente, a implementação do serviço que irá alimentar a aplicação.

Neste capítulo será realizada a caracterização do caso de estudo, sendo de seguida documentada a implementação do protótipo neste contexto. Por fim, o protótipo é avaliado de forma iterativa num ambiente simulado por intervenientes do processo abordado.

5.1. CARACTERIZAÇÃO

A organização em causa é uma empresa portuguesa que atua no ramo das telecomunicações que para além de serviços, comercializa produtos como telemóveis e *smartphones*. Distribuídas por todo o país, esta organização possui cerca de 230 lojas contabilizando lojas próprias e franchise.

O processo de produção está centralizado num único operador logístico que fornece todas as lojas a nível nacional. Ao nível das lojas, a gestão do *stock* passa pela realização do inventário que confronta o stock em sistema com o stock físico. O sistema de informação usado na gestão de *stocks*, assim como no *back office* é o SAP ERP 6.0 EHP6.

Atualmente o processo de inventário é um processo problemático para organização originando com grande frequência pedidos de suporte para a execução do mesmo.

Este implica o fecho da loja uma vez que durante a sua execução não podem ser efetuadas vendas. Assim, este é efetuado após o horário de expediente. No caso das lojas de maior dimensão este processo chega a demorar uma noite completa.

Com uma periodicidade trimestral é realizado o inventário, porém, o objetivo seria realizar este processo mensalmente o que não é viável atualmente dada a complexidade e duração do mesmo.

Em caso de erro e necessidade de suporte, é criado um pedido que é tratado pela equipa de manutenção do sistema. O processo é então interrompido e posteriormente repetido implicando por isso a disponibilidade dos colaboradores.

Este facto demonstra a necessidade de agilização deste processo. Pela simplificação do processo procura-se a redução da ocorrência de erros assim como a redução do tempo de execução das tarefas. Consequentemente, a redução de erros levará também à redução de pedidos de suporte e por isso à redução de custos relacionados com a manutenção dos sistemas.

5.2.IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

A implementação do protótipo implicou a preparação inicial do sistema. Para possibilitar a comunicação por OData foi necessária a instalação da SAP NetWeaver Gateway que efetua a comunicação e expõe o ponto de acesso para sistemas externos, e também a instalação dos componentes necessários para a implementação dos serviços. Para tornar viável o desenvolvimento de aplicações OpenUI5 foi necessária a instalação dos componentes que disponibilizam as bibliotecas OpenUI5 e toda a estrutura que irá suportar o alojamento e manutenção da aplicação, como o *deploy*, controlo de versões e gestão de cache.

Quanto à arquitetura de integração com a aplicação, o sistema caracteriza-se pela existência de duas camadas. Uma representa a camada do consumidor que se trata neste caso da aplicação, que comunica diretamente com o ERP através da SAP NetWeaver Gateway.

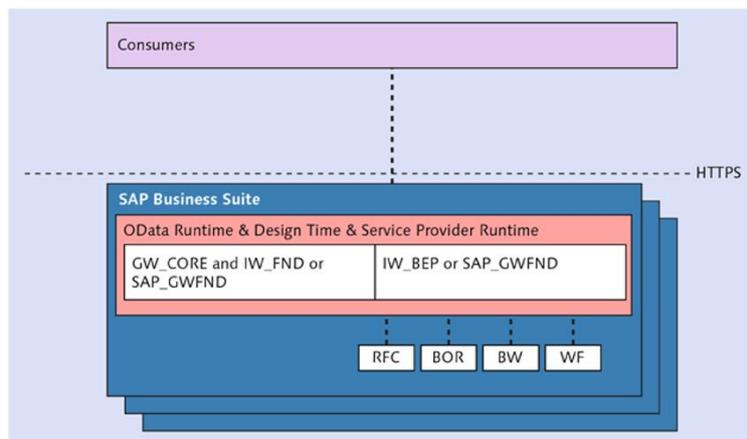


Figura 19 – Arquitetura para a implementação do protótipo no caso de estudo.

Esta arquitetura não é a mais indicada em termos de segurança do sistema. Porém, foi a arquitetura implementada para efeitos de prova de conceito. Desta forma foi eliminada a necessidade de disponibilizar um servidor dedicado exclusivamente à SAP Netweaver Gateway o que facilitou a implementação do protótipo. Numa implementação para ambiente produtivo não deve ser dispensada a separação entre a Gateway e o *backend* e a encriptação da comunicação por SSL ou TLS.

Após a preparação do sistema foi iniciada a implementação do serviço OData. A implementação foi realizada através da ferramenta Gateway Service Builder que permite a criação de serviços OData em SAP. Conforme definido na proposta de solução foram criados os *entity sets* e restantes constituintes do serviço (Figura 20).

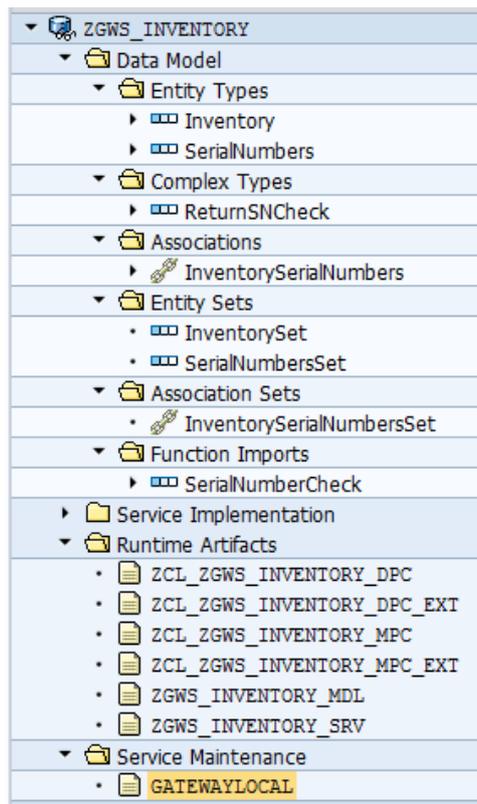


Figura 20- Estrutura do serviço OData implementado no backend.

Ao gerar o serviço são criadas as classes em que foram implementadas as regras de negócio. Nomeadamente, a leitura dos dados de inventário, números de série e o posterior tratamento da informação para a criação do registo de contagens.

```

Método      INVENTORYSET_GET_ENTITYSET      ativo
1  METHOD inventoryset_get_entityset.
2  DATA lo_zam_inventory_demo TYPE REF TO zam_inventory_demo.
3  DATA lv_iblnr              TYPE iblnr.
4  DATA lv_gjahr              TYPE gjahr.
5  DATA lv_zeili              TYPE dzeile.
6  data lv_maktx               TYPE maktx.
7
8  CREATE OBJECT lo_zam_inventory_demo.
9
10 lo_zam_inventory_demo->handle_parameters( EXPORTING it_parameters = it_filter_select_options
11                                           IMPORTING  iblnr       = lv_iblnr    " Inventory Document
12                                           gjahr        = lv_gjahr   " Fiscal year
13                                           zeili        = lv_zeili   " Item
14                                           maktx        = lv_maktx  ). " Material description
15
16 lo_zam_inventory_demo->get_inv_items( EXPORTING iv_top      = is_paging-top
17                                       iv_skip      = is_paging-skip
18                                       iv_iblnr     = lv_iblnr   " Inventory Document
19                                       iv_gjahr     = lv_gjahr   " Fiscal year
20                                       iv_zeili     = lv_zeili   " Item
21                                       CHANGING  t_invitems = et_entityset ).
22
23 ENDMETHOD.

```

Figura 21 - Implementação para a operação query do serviço OData.

Após a implementação do serviço OData foi efetuado o *deploy* da aplicação para o repositório em SAP. Deste modo, a aplicação fica alojada no ERP da organização sendo o controle de versões e posterior manutenção da aplicação executada a partir do ERP. Ao estar alojada no mesmo servidor que o serviço OData é mitigada a ocorrência de erros de cruzamento de chamadas com diferentes origem (*Access-Control-Allow-Origin*). Num ambiente produtivo esta questão seria contornada com o uso de uma *reverse proxy* implementada em SAP através do SAP Web Dispatcher. Desta forma é possibilitado o consumo de dados de outros sistemas além do ERP como o CRM ou BW.

Para efetuar o teste do protótipo foi utilizado o *smartphone* de cada interveniente. Para isso, foi necessária a instalação da aplicação Check Point Capsule da Check Point Software Technologies LTD que possibilitou a ligação à rede interna da organização através da qual é possível o acesso ao protótipo alojado no ERP.

Com o objetivo de eliminar a necessidade de instalação manual do protótipo em cada dispositivo foi usada a aplicação SAP Fiori Client. Esta trata-se de uma aplicação móvel nativa baseada em Cordova na qual é possível o acesso a recursos de *hardware* do *smartphone* pela utilização de APIs Cordova. Esta aplicação está disponível para Android e iOS e tal como um *browser* funciona como um *container* onde é executada a

aplicação web mas que adicionalmente disponibiliza o acesso a APIs que permitem o acesso a recursos de hardware como a camara do *smartphone*.

5.3.AVALIAÇÃO PRELIMINAR

A implementação do protótipo na organização foi um processo iterativo composto por duas fases de teste e identificação de melhorias junto dos intervenientes do processo de inventário.

Numa fase inicial o protótipo foi analisado e testado por cinco elementos da equipa de suporte do sistema ERP e posteriormente por um elemento que dá assistência presencial ao processo em caso de falha. Foram preparados os casos de teste em ambiente simulado em que foi efetuado o processo de registo de contagens com a aplicação móvel.

Para tal, foram criados 5 casos de teste que simularam o registo de contagens em loja. Cada caso de teste consistiu numa contagem de 14 materiais que incluía registos duplicados e registos inválidos para possibilitar a avaliação do protótipo em caso de erro. A Figura 22 representa um exemplo de um caso de teste para a primeira fase de testes do protótipo.

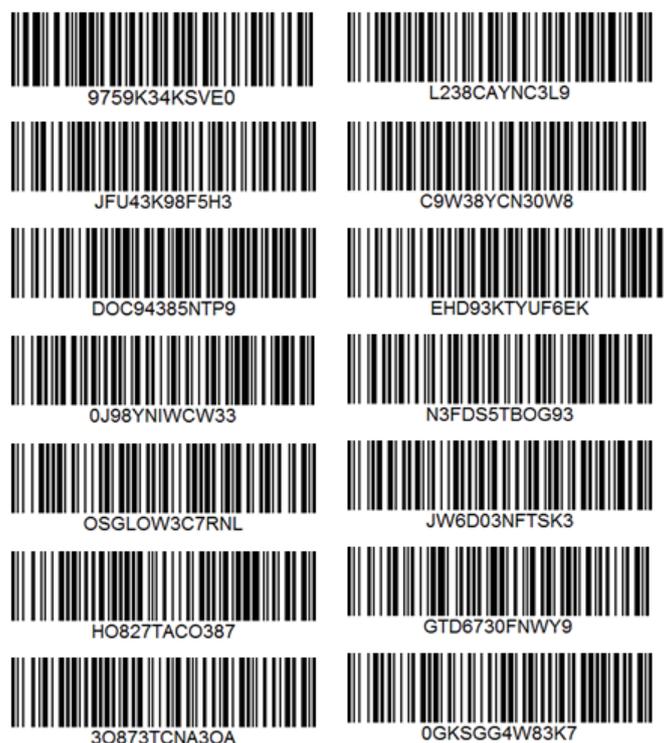


Figura 22 - Exemplo de caso de teste para o registo de contagem.

Da primeira fase de testes surgiram várias sugestões de melhoria que foram implementadas antes da segunda iteração. De seguida o processo foi testado por um colaborador que presta assistência presencial ao processo de inventário. Neste caso de teste foram utilizados materiais reais para avaliar o desempenho da camara perante as características de um rótulo utilizado pela organização (Figura 23).



Figura 23 - Exemplo de rótulo para um material.

A avaliação de ambos os conjuntos de teste foi efetuada através da avaliação qualitativa da solução e um levantamento de oportunidades de melhoria. A avaliação qualitativa foi dividida em duas componentes – *software* e *hardware* – que foram classificadas numa escala de 1 a 5. Quanto ao *software* foi avaliada a usabilidade, funcionalidades disponibilizadas e performance. Para o *hardware* foi avaliada a facilidade de leitura e adequabilidade.

Tabela 2 - Avaliação qualitativa.

Fase	Utilizador	Software			Hardware	
		Usabilidade	Funcionalidades Disponibilizadas	Performance	Facilidade de Leitura	Adequabilidade
1	HD	4	4	4	3	5
1	SV	3	3	4	3	3
1	LS	4	4	4	3	4
1	DS	4	5	4	3	4
2	AN	4	4	5	2	3
\bar{X}		3,8	4	4,2	2,6	3,8

Quanto à componente de *Software* o critério usabilidade obteve a classificação mais baixa relativamente à performance e funcionalidades disponibilizadas. Este facto é explicado pelas melhorias sugeridas pelos utilizadores que se trataram de aspetos maioritariamente relacionados com a usabilidade da solução. Enumerando, os pontos referidos foram os seguintes:

- ***Facilitar a seleção do número de inventário***

Na primeira tela deve ser sugerido o número de inventário para o qual rá ser efetuado o registo. Com base nos dados da loja é apresentada uma lista com os números de inventário possíveis eliminando a necessidade de inserção manual do mesmo.

- ***Seleção automática do método de registo de contagem***

Baseado no perfil de seriação do material deve automaticamente ser apresentada a opção de registo de contagens adequada: leitura de código de barras ou introdução manual da quantidade contada.

- ***Aceleração da leitura de códigos de barras***

A opção de leitura do código de barras deve ser sequencial não sendo necessário um clique por cada código de barras lido.

- ***Contagem independente de material***

Efetuar a contagem de materiais seriados através da leitura de códigos barras sem necessitar da seleção prévia do material a contar. Automaticamente o sistema deverá determinar a que material diz respeito e incrementar o número de série associado ao mesmo.

Para a segunda fase de testes os resultados da componente de *software* foram muito favoráveis sendo sublinhada a vantagem de validação dos números de série no momento da leitura. Desta forma o utilizador tem a confirmação que está a efetuar corretamente a tarefa tendo uma visão em tempo real do estado do processo. A lista de materiais a registar é apresentada, assim como as quantidades já registadas, respetivos números de série e quantidade a registar. Outra vantagem identificada prende-se com a possibilidade de execução da tarefa com a utilização de menos recursos. Atualmente o processo é efetuado por dois colaboradores: um que efetua a leitura dos códigos de barras e outro que valida manualmente numa lista as quantidades para cada material a contar. Com a aplicação é necessário apenas um interveniente com um dispositivo móvel que apresenta toda a informação necessária em tempo real para a execução do processo.

Quanto à componente de *hardware*, a facilidade de leitura dos códigos de barras obteve a classificação mais baixa, especialmente na segunda fase de testes em que foram utilizados materiais reais. O rótulo é composto por vários códigos de barras com distâncias curtas entre si o que dificultou a precisão de leitura dos mesmos. Houve por vezes dificuldade em conseguir dirigir a camara para a leitura do código de barras pretendido o que resultou em leituras e posteriores validações em sistema desnecessárias.

Sintetizando, a opinião geral dos utilizadores foi positiva existindo acordo na mais-valia que a proposta de solução traria para o processo atual. Contudo, para viabilizar a implementação em ambiente produtivo seria obrigatória a revisão do mecanismo de leitura dos códigos de barras. Esta revisão passaria pela utilização de um adaptador de leitor de código de barras para *smartphone* o que aumentaria a precisão e rapidez na leitura.

Com o objetivo de contextualizar a solução desenvolvida no estado da arte atual foi analisada a solução utilizado o método SWOT (*Strenghts, Weaknesses, Opportunities and Threats*):

Tabela 3 - Análise SWOT.

Pontos Fortes	Pontos Fracos
<ul style="list-style-type: none"> • Integração com o ERP da organização; • Aumento de mobilidade do ERP; • Baixo custo de implementação; • Baixo custo de formação; • Abstração do back-end. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa precisão da camara como leitor de código de barras; • Dependente da qualidade da rede Wi-Fi.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de dispositivos altamente enquadrados no dia-a-dia dos utilizadores; • Possibilidade de evolução com introdução de adaptador para leitura de código de barras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de outras tecnologias de identificação de materiais (ex. NFC ou RFID); • Eventual lançamento de solução semelhante pela SAP.

Relativamente à literatura consultada a solução apresentada relaciona-se com as restantes pelo conceito de aumento de mobilidade pela utilização de *smartphones* e destaca-se pela integração com o ERP e pelo baixo custo de implementação. A salientar também a inferior necessidade de formação pela melhoria da usabilidade da solução apresentada.

Assim, conclui-se que a utilização de dispositivos móveis no aumento de mobilidade dos sistemas empresariais, nomeadamente os *smartphones* demonstra grande potencial de evolução. Através destes foi possível agilizar e simplificar o processo de registo de

contagens pela integração com o ERP pelo desenvolvimento de uma solução que respeita as tecnologias atualmente usadas (como os códigos de barras) e que simplifica tecnológica e funcionalmente o processo.

6. CONCLUSÕES

Com referência à questão de investigação e objetivos identificados respetivamente nos pontos 1.3 e 1.4 faz-se neste capítulo uma reflexão sobre o estudo desenvolvido.

Para responder à questão: “Como podem os dispositivos móveis com integração com o ERP simplificar o processo de inventário em loja?”. Começou por se estudar o estado da arte para os ERP. A sua evolução desde o aparecimento do MRP até à atualidade. De que forma os ERP podem contribuir para a simplificação de processos e especificamente como podem os dispositivos móveis agilizar o processo de inventário.

Com base na revisão da literatura foi desenvolvida uma proposta de solução que procurou responder aos objetivos identificados. Na Tabela 4 é sintetizada a concretização para cada objetivo proposto.

Tabela 4 - Síntese de conclusões.

Objetivo	Concretização	
Propor uma solução conceptual	Reduzir o número de tarefas a realizar para efetuar o registo de contagens.	Redução de quatro para duas tarefas.
	Reduzir a possibilidade de ocorrência de erros que interrompem o processo.	Como consequência da simplificação e automatização de parte do processo é reduzida a possibilidade de ocorrência de erros.
	Simplificar o processo de inventário	De forma geral foi simplificado o processo de inventário. Quer pelo aumento de mobilidade ao nível do <i>hardware</i> como de <i>software</i> (consultar Tabela 1).
Desenvolvimento do protótipo	Estudo da envolvente tecnológica: <ul style="list-style-type: none">• Avaliação das tecnologias existentes• Escolha tecnológica• Arquitetura da solução	Foi estudado o estado da arte para integração de aplicações empresariais e decompondo quais os tipos de aplicações móveis, <i>frameworks</i> de desenvolvimento e protocolos de comunicação.
Validação da solução	Teste às funcionalidades do protótipo recriando o ambiente em loja.	Para a validação da solução foram realizados testes por intervenientes do processo de inventário que posteriormente o classificaram qualitativamente e contribuíram com comentários e sugestões de melhoria.

Assim, pode concluir-se que através da utilização de dispositivos móveis no aumento de mobilidade dos sistemas empresariais, nomeadamente os *smartphones*, é possível agilizar e simplificar o processo de registo de contagens pela integração com o ERP.

Pela análise do processo estudado foi possível o desenvolvimento de uma solução que respeita as tecnologias atualmente usadas (como os códigos de barras) e que simplifica tecnológica e funcionalmente o processo.

Em linha com os objetivos definidos, foi reduzido o número de tarefas a desempenhar para concluir o registo de contagens e conseqüentemente a possibilidade de ocorrência de erros. O facto de disponibilizar o acesso à informação em tempo real permite o desempenho das tarefas de forma mais eficiente e permite a antecipação de erros auxiliando o utilizador no decorrer do processo.

Pela implementação do protótipo num caso de estudo foi possível identificar oportunidades de melhoria que foram implementadas no decorrer da fase de avaliação e outras a implementar em trabalhos futuros. Assim, foram melhorados alguns aspetos relacionados com a usabilidade da aplicação não afetando estruturalmente o conceito da solução proposta.

Tecnologicamente foram avaliadas as várias opções procurando ir ao encontro do objetivo de simplificação do processo tendo em conta os constrangimentos financeiros.

Verificou-se que o desenvolvimento da aplicação em HTML5 e comunicação por OData permite a abstração do *backend* suficiente para a implementação da solução desde que o mesmo suporte o protocolo OData. A melhorar constata-se a necessidade de reforço do mecanismo de leitura de códigos de barras pela utilização de um adaptador que melhore a precisão e rapidez na leitura dos identificadores.

Num contexto em que os materiais sejam identificados com tecnologia decodificável por leitura ótica, com acesso à internet e sistema de back-end com capacidade de integração com protocolo OData, considera-se que a solução é aplicável e facilmente adaptada a outros contextos que não a organização abordada no caso de estudo.

7. TRABALHO FUTURO

A solução apresentada suscitou a atenção do público-alvo demonstrando a sua utilidade na resolução do problema a que se propõe. Como trabalho futuro seria interessante analisar a viabilidade de novos mecanismos de leitura. A considerar, a utilização do adaptador para a leitura de código de barras acoplado ao dispositivo móvel ou a alteração da tecnologia de identificação dos materiais.

A primeira opção tem menos impacto na solução proposta e implica um investimento inferior. Relativamente à solução atual esta seria uma alternativa a considerar para o aumento de rapidez da leitura dos códigos de barras.

Outra alternativa seria a utilização de rádio frequência. Esta alteração implica a adaptação não só a alteração do mecanismo de leitura da solução proposta mas também a forma de identificação dos materiais. Consoante as necessidades da organização poderia considerar-se duas alternativas para a implementação da rádio frequência. Se for relevante a precisão e controlo dos materiais lidos seria proposta a utilização de NFC. Como o nome indica esta tecnologia comunica apenas a distâncias curtas possibilitando o direcionamento da leitura. Já em situações em que não é relevante a precisão na leitura seria considerada a utilização da tecnologia RFID. Com RFID o processo seria drasticamente melhorado relativamente à rapidez da leitura dos identificadores. Desta forma era eliminada a necessidade da ação efetuada para a leitura dos identificadores necessitando apenas o utilizador de se encontrar na zona de alcance da rádio frequência. É eliminada a possibilidade de esquecimento de leitura de um determinado material e também a conseqüente necessidade de procura do mesmo em caso de falta. Porém esta tecnologia representa uma grande alteração para as organizações tanto funcionalmente e tecnicamente como financeiramente dado que seria necessário avaliar qual o custo-benefício da implementação da mesma.

8. REFERÊNCIAS

- Adinugroho, T., Reina, & Gautama, J. (2015). Review of Multi-Platform Mobile Application Development Using WebView: Learning Management System on Mobile Platform. *International Conference on Computer Science and Computational Intelligence (ICCSCI 2015)*. Vol. 59, pp. 291 – 297. Elsevier B.V.
- Agustin, J. L., & Barco, P. C. (2013). A model-driven approach to develop high performance web applications. *The Journal of Systems and Software*, pp. 3013-3023.
- APICS. (1987). *APICS dictionary*. Falls Church: The American Production and Inventory Controls Society.
- Bai, S. C., Lian, D. B., & Li, W. (2013). Research and design of the enterprise. *Computer Systems and Applications*, Vol. 22, 214–217.
- Bendoly, E., Bachrach, D., Wang, H., & Zhang, S. (2006). ERP in the minds of supervisors. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(5), 558 - 578.
- Bensoussan, A., & Çakanyildirim, M. (2007). Economic Evaluation of Systems that Expedite Inventory Information. *Production and Operations Management*, 16(3), 360–368.
- Blackstone, J. H., & Cox, J. (2005). APICS Dictionary, 11th ed. *APICS: The Association for Operations Management*, (p. pag. 38).
- Broadbent, M., Weill, P., & Clair, D. (1999). The implications of information technology infrastructure for business process redesign. *MIS Quarterly*, 159–182.
- Broill, G., Palleis, H., Richter, H., & Wiethoff, A. (2013). Exploring Multimodal Feedback for an NFC-based Mobile Shopping Assistant. *5th International Workshop on Near Field Communication*. Elsevier B.V.
- Broll, G., Vodicka, E., & Boring, S. (April de 2013). Exploring multi-user interactions with dynamic NFC-displays. *Pervasive and Mobile Computing*, vol.9, 242-257.
- Bruccoleri, M., Canella, S., & La Porta, G. (2014). Inventory record inaccuracy in supply chains: the role of workers' behavior. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 44(10), 796 - 819.
- Chan, J., & Burns, N. (2002). Benchmarking manufacturing planning and control (MPC) systems: an empirical study of Hong Kong supply chains. *Benchmarking: An International Journal*, 9(3), 256–277.
- Chang, B. R., Tsai, H., Cheng, C., & Tsai, Y. (2015). Assessment of In-Cloud Enterprise Resource Planning System Performed in a Virtual Cluster. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-11.

- Chen, A., Doumeingts, G., & Vernadat, F. (22 de May de 2008). Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. *Computers in Industry*, 59, pp. 647–659.
- Corsten, D., & Gruen, T. (2003). Desperately seeking shelf availability: an examination of the extent, the causes, and the efforts to address retail out-of-stocks. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 31, 605–617.
- Davenport, T. H. (1998). Putting the Enterprise into the Enterprise System. *Putting the Enterprise into the Enterprise System.*, (pp. 121 - 131).
- DeHoratius, N., & Raman, A. (2008). Inventory Record Inaccuracy: An Empirical Analysis. *Management Science*, Vol. 54(4), 627-641.
- Denso Wave Inc. (s.d.). *High Capacity Encoding of Data*. Obtido em 11 de Janeiro de 2015, de QR Code.com: <http://www.qrcode.com>
- Dospinescu, O., Fotache, L., Munteanu, B. A., & Hurbean, L. (2008). Mobile Enterprise Resource Planning: New Technology Horizons. *Communications of the IBIMA*(Vol. 1), 91 - 97.
- Fielding, R. T. (2000). Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. *Dissertation for the degree of PhD. in Information and Computer Science*. Irvine, Califórnia.
- Framinan, J. M., & Leisten, R. (2010). Available-to-Promise (ATP) Systems: A Classification and Framework for Analysis. *International Journal of Production Research*, Vol. 48(11), 3079–3103.
- Froschle, H., Gonzales-Barron, U., Mc.Donnell, K., & Ward, S. (2009). Investigation of the potential use of e-tracking and tracing of poultry using linear and 2D barcodes. *Computers and Electronics in Agriculture*, 66(2), 126–132.
- Georgiev, M., Jana, S., & Shmatikov, V. (2014). Breaking and Fixing Origin-Based Access Control in Hybrid Web/Mobile Application Frameworks. *Internet Society*.
- Goldratt, E. M., & Fox, R. (1986). *The Race – For a Competitive Edge*. New York: North River Press.
- Gupta, M., & Snyder, D. (2009). Comparing TOC with MRP and JIT: a literature review. *International Journal of Production Research*, Vol. 47, 3705–3739.
- Hardgrave, B. C., Aloysius, J. A., & Goyal, S. (2013). RFID-Enabled Visibility and Retail Inventory Record Inaccuracy: Experiments in the Field. *Production and Operations Management*, 22(4), 843–856.
- Hassabelnaby, H. R., Hwang, W., & Vonderembse, M. A. (2012). The impact of ERP implementation on organizational capabilities and firm performance. *Benchmarking: An International Journal*, 19(4/5), 618 - 633.
- Heitkötter, H., Hanschke, S., & Majchrzak, T. A. (2012). Evaluating Cross-Platform Development Approaches for Mobile Applications. *Web Information Systems and Technologies. 8th International Conference, WEBIST 2012*, Vol. 140, pp. 120–138. Porto, Portugal.

- Holder, E. G. (2014). Native Execution of Mobile Applications Across Platforms. *Bachelor of Science Honors Thesis*. Blacksburg, Virginia.
- Hsu, C., & Lin, J. C. (2014). What drives purchase intention for paid mobile apps? – An expectation confirmation model with perceived value. *Electronic Commerce Research and Applications*.
- Iqbal, R., Shah, N., James, A., & Cichowicz, T. (15 de March de 2013). Integration, optimization and usability of enterprise applications. *Journal of Network and Computer Applications*, Vol.36, pp. 1480–1488.
- Jacobs, R., & Weston, F. (2007). Enterprise resource planning (ERP)—A brief history. *Journal of Operations Management*, 25(2), 357–363.
- Kang, Y., & Gershwin, S. B. (2005). Information inaccuracy in inventory systems: stock loss and stockout. *IIE Transactions*. 37, pp. 843–859. IIE.
- Karpischek, S., Michahelles, F., Resatsch, F., & Fleish, E. (2009). Mobile Sales Assistant. *First International Workshop on Near Field Communication*. IEEE.
- Kelle, P., & Akbulut, A. (2005). The role of ERP tools in supply chain information sharing, cooperation, and cost optimization. *International Journal of Production Economics*, 93-94, 41–52.
- Kenworthy, J. (2013). *Planning and Control of Manufacturing Operations*. Routledge.
- Krasner, G. E., & Pope, S. T. (1988). A Description of the Model-View-Controller User Interface Paradigm in the Smalltalk-80 System. *ParcPlace Systems, Inc*.
- Lee, H., & Ozer, O. (2005). Unlocking the value of RFID. *Working Paper, Stanford University, Graduate School of Business*.
- Li, X., & Madnick, S. (2015). Understanding the Dynamics of Service-Oriented Architecture Implementation. *Journal of Management Information Systems*, Vol. 32, pp. 104–133.
- Liu, Y., Yang, J., & Liu, M. (2008). Recognition of QR Code with Mobile Phones. *Chinese Control and Decision conference*, (pp. 203 - 206).
- Locke, E. A. (1982). The Ideas of Frederick W. Taylor: An Evaluation. *Vol. 7*, 14-24.
- Markus, M. L., & Tanis, C. (2000). The Enterprise System Experience—From Adoption to Success. *Framing the domains of IT research: Glimpsing the future through the past*, Vol. 173, 207-173.
- Maynard, H. B., Stegemerten, G. J., & Schwab, J. L. (1948). *Methods-time Measurement*. New York: McGraw-Hill.
- McFarlane, D., & Sheffi, Y. (2003). The impact of automatic identification on supply chain operations. *International Journal of Logistics Management*, 14(1), 1-17.
- Mersereau, A. J. (2012). Information-Sensitive Replenishment when Inventory Records Are Inaccurate. *Production and Operations Management Society*, 22(4), 792–810.

- Miltenburg, J. (1997). Comparing JIT, MRP and TOC, and embedding TOC into MRP. *INT. J. PROD. RES*, Vol. 35, 1147-1169.
- Ming-Zhe, Y. (August de 2013). Design on enterprise service bus message conversion protocol based on XSLT. *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, Vol. 20, pp. 50–54.
- Mullally, A., Mc. Kekvey, N., & Curran, K. (2011). Performance Comparison of Enterprise Applications on Mobile Operating Systems. *TELKOMNIKA*, 9, 503-514.
- Napolitano, M. (2011). Mission Foods Wireless Evolution. *Logistics Management*, 46-50.
- Negash, B., Rahmani, A., Westerlund, T., Liljeberg, P., & Tanhunen, H. (2015). LISA: Lightweight Internet of Things Service Bus Architecture. *The 6th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2015)*, Vol. 52, pp. 436 – 443.
- Nettstrater, A., Geißen, T., Witthaut, M., Ebel, D., & Schoneboom, J. (2015). *Logistics Software Systems and Functions: An Overview of ERP, WMS, TMS and SCM Systems*. Springer International Publishing.
- Nitze, A., & Schmietendorf, A. (2013). Cross-Platform Mobile Application Development. *User Conference for Software Quality, Test and Innovation*.
- Olhager, J. (2013). Evolution of operations planning and control: from production to supply chains. *International Journal of Production Research*, Vol. 51, 6836–6843.
- Oliveira, S., Balloni, A. J., Oliveira, F. N., & Toda, F. (2012). Information and Service-Oriented Architecture & Web Services: enabling integration and organizational agility. *CENTERIS 2012 - Conference on ENTERprise Information Systems / HCIST 2012 - International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies*. Vol. 5, pp. 141 – 151. Procedia Technology.
- Orlicky, J. (1975). *Material Requirements Planning – The New Way of Life in Production and Inventory Management*. New York: NY:McGraw-Hill.
- Papazoglou, M. P., & Heuvel, W. (2007). Service oriented architectures: approaches, technologies and research issues. *The VLDB Journal*, Vol. 16, 389–415.
- Paradowski, D., & Kruger, A. (2013). Modularization of mobile shopping assistance systems. *5th International Workshop on Near Field Communication*. Elsevier B.V.,.
- Porter, M., & Millar, W. (1985). How information gives you competitive advantage. *Harvard Business Review*, Vol. 63, 149–160.
- Preradovic, S., Balbin, i., Karmakar, N. C., & Swiegers, G. (2008). A Novel Chipless RFID System Based on Planar Multiresonators for Barcode Replacement. *International Conference on RFID* (pp. 289-296). The Venetian, Las Vegas, Nevada, USA: IEEE.

- Qian, J., Yang, X., Wu, X., Zhao, L., Fan, B., & Xing, B. (2012). A traceability system incorporating 2D barcode and RFID technology for wheat flour mills. *Computers and Electronics in Agriculture*, 89, 76–85.
- Rekik, Y., & Sahin, E. (1 de July de 2012). Exploring inventory systems sensitive to shrinkage – analysis of a periodic review inventory under a service level constraint. *International Journal of Production Research*, 50, 3529–3546.
- Romero, D., & Vernadat, F. (2015). Enterprise information systems state of the art: Past, present and future trends. *Computers in Industry*, Vol. 79, 3-13.
- Rondeau, P. J., & Litteral, L. A. (2001). Evolution of Manufacturing Planning and control Systems: From Reorder Point to Enterprise Resource Planning. *Production and Inventory Management Journal*, 1–7.
- Samaranayake, P. (2009). Business process integration, automation, and optimization in ERP: Integrated approach. *Business Process Management Journal*, 15(4), 504 - 526.
- Silva, J. (2012). *Community Sharing Platform for Mobile Devices*. Tese de Mestrado, Instituto Universitário de Lisboa, Departamento de Ciências e Tecnologias de Informação.
- Strimbei, C., Dospinescu, O., Strainu, R., & Nistor, A. (2009). Software Architectures – Present and Visions. *Informatica Economică*, 13-26.
- Su, Y., & Yang, C. (2010). A structural equation model for analyzing the impact of ERP on SCM. *Expert Systems with Applications*, 37(1), 456–469.
- Szymczak, M. (2013). Using Smartphones in Supply Chains. *Management*, Vol. 17, 218-231.
- Taylor, F. (1911). *The Principles of Scientific Management*. Public domain in the USA.
- Wight, O. W. (1981). *Manufacturing Resource Planning: MRP II – Unlocking America's Productivity Potential*. Essex Junction: Vermont: Oliver Wight Limited Publications.
- Wu, C., Chen, J., & Chen, C. (2011). Consideration for employing a Web services system. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, Vol. 28, 382–399.
- Wylie, L. (1990). A vision of the next-generation MRP II. *Scenario*, 300-339.