



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Fábio José Ferreira da Silva

**Integração de Internet of Things num processo  
de negócio**

Dissertação de Mestrado

Mestrado integrado em Engenharia e Gestão de Sistemas de  
Informação

Trabalho efetuado sob a orientação de:  
Professor Jorge Oliveira e Sá

Outubro de 2017

## DECLARAÇÃO

**Nome:** Fábio José Ferreira da Silva

**Endereço eletrónico:** fabiojferreirasilva@gmail.com      **Telefone:** 915448915

**Cartão do Cidadão:** 14368745

**Título da dissertação:** Integração de Internet of Things num processo de negócio

**Orientador:**

Professor Jorge Oliveira e Sá

**Ano de conclusão:** 2017

Mestrado integrado em Engenharia e Gestão de Sistemas de Informação

É autorizada a reprodução integral desta dissertação apenas para efeitos de investigação, mediante declaração escrita do interessado, que a tal se compromete.

Universidade do Minho, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura:

“It’s better to have a short life that is full of what you like doing,  
than a long life spent in a miserable way.”

Alan W. Watts



## **AGRADECIMENTOS**

Finalizada! Esta tese de mestrado foi sem dúvida o projeto mais solitário que abordei até ao momento na minha vida, e por isso agradeço-lhe por ter-me ensinado a lutar contra essa solidão.

Não poderia também deixar de agradecer a um conjunto de pessoas que contribuíram direta e indiretamente para o meu sucesso.

Ao professor Jorge Oliveira e Sá, o meu muito obrigado pela orientação ao longo deste tema e disponibilidade para redefinir novos caminhos ao longo deste percurso.

Aos meus pais pelo esforço pessoal em meu favor e apoio constante ao longo de toda a minha educação, aos meus irmãos, esses que muito me ajudaram e encobriram, mas também, acima de tudo, abriram portas que tenho completa noção que sem eles à minha frente não as conseguia abrir sozinho.

Gostaria de agradecer a todos os meus amigos que conheci ao longo do meu percurso académico e não só, que deram aquela força extra nos momentos menos bons e de maior desânimo. Obrigado aos mais “velhos”, ao Workout Team e a todos os 42+24 que me proporcionaram grandes momentos. Um agradecimento ainda aos bons amigos do grupo de jovens.

Por fim e não menos importante, Rosa, Pipa, Alexandra, Joana, Arantes, Vilela, Nico e Pedro, um obrigado especial pelas pessoas que são e pela ajuda no término deste capítulo.



## RESUMO

Todas as organizações pretendem ter do seu lado uma vantagem competitiva relativamente aos seus competidores mais diretos. Para tal, cada vez mais essas vantagens competitivas obtêm-se com a integração de tecnologia no negócio, sendo que, com o aparecimento mais recente da *Internet of Things*, o investimento em atualizações tecnológicas dos seus processos resultará em benefícios na eficiência organizacional. Além disso, tendo os seus processos com uma envolvente de *Internet of Things*, a gestão dos mesmos torna-se mais simplificada e o controlo é facilitado.

Para a execução deste projeto é pretendido selecionar uma atividade de um processo de negócio que se encontre saturado, ou seja, uma atividade que tenha vindo a ser alvo de tentativas de inovação por parte das organizações, porém sem sucesso evidente. Posteriormente, a mesma deverá ser adotada para reestruturação com a integração de um conjunto de dispositivos/sensores, conectados entre si e também a uma rede, com o propósito de automatizar um conjunto de ações presentes ao longo da atividade.

No final deverá ser possível perceber, através de simulações realistas, que a implementação de *Internet of Things* em processos de negócios deste género poderá traduzir-se em ganhos, em vários sentidos, para uma organização. Mesmo em casos onde implementação não tenha a eficiência desejada para organização, esta traduzir-se-á em vantagens competitivas.

Palavras-Chave: Processo de Negócio, *Internet-of-Things*, Indústria 4.0





## **ABSTRACT**

All organizations seek competitive advantage relatively to their direct competitors. To achieve this organizations started integrating technology in their business areas, such as the case of the recently emerging Internet of Things, in which the investment in technologic upgrades will result in a spectrum of benefits to the organizational efficiency. Apart from this, having processes with an Internet of things process related to it, will simplify the management and control of the business problem.

In this project, a saturated business process will be tested upon using this method since previous innovations of this process didn't return an improvement over the initial iteration since no new implementations of this business process were found in real context or any integration of a network using linked sensors/devices that would allow the automation of a set of actions presented throughout the business process.

Ultimately, it will be possible to understand through simulations in the business process, that an internet of things implementation will result in a competitive gain for the organization even if the initial business process is saturated. Independently of the success of the implementation in the organization or its efficiency not being on par with the expected by the organization, this will still return an improvement over the traditional business process and grant the organization a positive outcome resulting in a competitive advantage.

Keywords: Business Process, Internet of Things, Industry 4.0



ÍNDICE

Agradecimentos .....	v
Resumo .....	vii
Abstract.....	ix
Índice de Figuras .....	xiii
Índice de Tabelas .....	xv
Acrónimos .....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e Motivação .....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Estrutura do Documento .....	2
2. Revisão de literatura .....	5
2.1. As Revoluções Industriais .....	6
2.1.1. A Indústria 1.0 .....	6
2.1.2. A Indústria 2.0 .....	6
2.1.3. A Indústria 3.0 .....	7
2.1.4. A Indústria 4.0 .....	7
2.2. Internet of Things.....	9
2.2.1. O conceito .....	9
2.2.2. Evolução das Agendas Estratégicas de Investigação.....	9
2.2.2.1. SRAs .....	10
2.2.2.1.1. SRA de 2009 .....	10
2.2.2.1.2. SRA de 2010.....	11
2.2.2.1.3. SRA de 2012 .....	12
2.2.2.1.4. SRA de 2014.....	13
2.2.2.1.5. SRA de 2017 .....	13
2.2.2.2. Comparação entre SRAs .....	15

2.3.	O Business Process Management e a Internet of Things.....	20
2.3.1.	Processos de Negócio.....	20
2.3.2.	<i>Inteligente Business Process Management</i> .....	21
2.3.3.	Como o IoT faz a diferença .....	22
3.	Abordagem metodológica e ferramentas utilizadas.....	23
3.1.	Design Science Research Methodology .....	23
3.2.	Ferramentas Utilizadas .....	24
4.	Trabalho Realizado.....	25
4.1.	Compreensão do Negócio .....	25
4.2.	O Processo de Negócio .....	27
4.3.	Cenários .....	32
5.	Conclusão .....	49
5.1.	Trabalho realizado .....	49
5.2.	Contributos.....	50
5.3.	Dificuldades e limitações .....	50
5.4.	Trabalho Futuro .....	51
	Referências .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo do DSRM (adaptado para português) (Vaishnavi & Kuechler, 2004).....	23
Figura 2 - Exemplo de uma loja .....	26
Figura 3 – Localização dos sensores introduzidos .....	27
Figura 4 - Processo de negócio de um carrinho .....	29
Figura 5 - Definição do tempo que a loja se encontrará aberta .....	33
Figura 6 - Definição da percentagem correspondente ao número médio de compras feito por um cliente .....	33
Figura 7 - Percentagem de carrinhos de compras que passam para o estado indisponível após serem colocados no local de recolha .....	34
Figura 8 - Percentagem correspondente ao número de artigos aceites pelo carrinho de compras.....	35
Figura 9 - Percentagem corresponde ao número de utilizadores que passam novamente os produtos para corrigir a situação incorreta .....	36
Figura 10 - Resultado da simulação do Cenário 1 .....	36
Figura 11 - Percentagem correspondente ao número de artigos aceites pelo carrinho de compras.....	38
Figura 12 - Percentagem corresponde ao número de utilizadores que passam novamente os produtos para corrigir a situação incorreta.....	38
Figura 13 - Resultado da simulação do Cenário 2.....	39
Figura 14 - Percentagem correspondente ao número de artigos aceites pelo carrinho de compras.....	41
Figura 15 - Percentagem corresponde ao número de utilizadores que passam novamente os produtos para corrigir a situação incorreta.....	41
Figura 16 - Resultado da simulação do Cenário 3.....	42
Figura 17 - Percentagem corresponde ao número de artigos aceites pelo carrinho de compras.....	44
Figura 18 - Percentagem corresponde ao número de utilizadores que passam novamente os produtos para corrigir a situação incorreta.....	44
Figura 19 - Resultado da simulação do Cenário 4.....	45



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Relacionamento do número de objetivos presentes por cada tópico das SRAs ao longo dos anos. ....	17
Tabela 2 - Descrição dos elementos do processo de negócio.....	30
Tabela 3 – Tempos definidos para execução de cada tarefa.....	34
Tabela 4 - Número de instâncias ocorridas em cada evento do processo na simulação do Cenário 1. ....	37
Tabela 5 - Número de instâncias ocorridas em cada evento do processo na simulação. ....	40
Tabela 6 - Número de instâncias ocorridas em cada evento do processo na simulação do Cenário 3. ....	43
Tabela 7 - Número de instâncias ocorridas em cada evento do processo na simulação do Cenário 4. ....	46
Tabela 8 - Comparação entre diferentes cenários.....	47





## **ACRÓNIMOS**

BPM – Business Process Management

DSRM – Design Science Research Methodology

iBPM – Intelligent Business Process Management

IERC – European Research Cluster of the Internet of Things

IoT – Internet of Things

ITU – International Telecommunication Union

M2M – Machine-to-Machine

SRAs – Strategic Research Agendas

TI – Tecnologias da Informação

UE – União Europeia



## **1. INTRODUÇÃO**

O presente capítulo encontra-se dividido em três seções: enquadramento e motivação, objetivos do projeto e, por fim, estruturação do documento. A primeira seção tem como objetivo o enquadramento desta dissertação e também a motivação que levou ao desenvolvimento da mesma. Na segunda seção pretende-se estipular quais os objetivos que se pretendem atingir no final deste projeto. Por fim, na última secção será apresentada a estrutura deste documento, fazendo uma breve introdução ao conteúdo de cada capítulo.

### **1.1. Enquadramento e Motivação**

O avanço tecnológico que se tem presenciado nas últimas décadas levou a que a forma de pensar e abordar os processos de negócio tenha sofrido grandes alterações. A prova disso é a constante implementação de tecnologia nas organizações, sendo que as que evitam essa modernização tendem a não conseguir competir com o restante mercado. Porém, não é suficiente acompanhar o mercado, pois se as organizações pretendem um maior crescimento, apostar em novas abordagens para os processos de negócio que já se mantém iguais há muitos anos é uma opção válida.

Com base no conhecimento do autor desta dissertação adquirido em experiência profissional, relativo ao modo de funcionamento de um hipermercado de dimensão média, ao longo do tempo foi de notar que existe uma atividade no processo de negócio que não se tem alterado ao longo dos anos: a realização de compras e todas as etapas subjacentes ao mesmo. Este processo, por norma, pode ser resumido em quatro principais atividades: inicialmente, o cliente obtém um carrinho onde coloca os produtos que tenciona comprar; de seguida, desloca-se pelo estabelecimento colocando os artigos que pretende comprar dentro do carrinho; posteriormente, dirige-se até a uma caixa de pagamento e coloca todos os artigos na mesma, onde um funcionário irá passar os produtos no leitor de código de barras (sendo que já existem estabelecimentos onde este processo pode ser realizado pelo cliente); por fim, o próprio cliente tem de recolher os artigos da caixa e realizar o respetivo pagamento, tendo que recolocar os produtos no carrinho e, finalmente, conduzir o carrinho de compras até ao local de recolha do mesmo. Para além deste processo, que é o mais usual nos hipermercados, já existe a possibilidade do próprio carrinho de compras ter um leitor de código de barras e, consoante o cliente vai adicionando artigos no carrinho de compras, vai passando os mesmos pelo leitor, sendo que no fim da compra só tem de efetuar o pagamento visto que todos os artigos já

foram lidos enquanto o cliente os colocava no carrinho. Porém, sendo esta uma forma mais simples para agilizar o processo, não é, talvez, a melhor para o hipermercado, tendo em conta que este não tem controlo sobre aquilo que o cliente insere no carrinho de compras.

## 1.2. Objetivos

O principal objetivo desta dissertação passa pela implementação de alterações a um processo de negócio que se encontra desatualizado através do uso de *Internet of Things* (IoT), de modo a trazer melhorias para a organização, que poderão traduzir-se em vantagens competitivas. Para alcançar este objetivo, decidiu-se adotar o processo de negócio relativo à efetuação de compras num hipermercado, pelos motivos mencionados na secção anterior.

Para se realizarem estas alterações, pretende-se simular a inserção de sensores nos carrinhos de compras, que permitirá retirar informação dos produtos a serem inseridos pelo cliente ao longo de toda a sua compra, de forma a que no fim da mesma, todo o processo existente atualmente não seja necessário.

## 1.3. Estrutura do Documento

O presente documento tem como propósito esclarecer o leitor no que diz respeito ao problema de investigação apresentado anteriormente, contextualizar o mesmo relativamente à atualidade do tema que irá ser abordado, explicar a abordagem tecnológica utilizada, assim como a resolução encontrada para solucionar o problema.

Deste modo, a estrutura do documento foi é apresentada do seguinte modo:

**Capítulo 1:** neste capítulo é apresentada a introdução ao tema proposto, assim como a origem do mesmo, a contextualização, os objetivos pretendidos e a estruturação do documento;

**Capítulo 2:** aqui é apresentada a revisão de literatura sobre o tema, aproveitando para realizar uma abordagem sobre alguns conceitos teóricos mais recentes que são relevantes para a perceção do problema e também que irão ser contemplados na solução apresentada. É também realizado um ponto de situação a nível histórico sobre a evolução da tecnologia;

**Capítulo 3:** neste capítulo é abordada a metodologia utilizada e é demonstrado como a mesma foi explorada de modo a ir de encontro aos requisitos desta

dissertação. São também apresentadas as tecnologias necessárias para a realização deste projeto;

**Capítulo 4:** neste capítulo será apresentado e descrito o processo de negócio sugerido, já com a integração de IoT, assim como alguns resultados obtidos;

**Capítulo 5:** apresentação das conclusões finais, dos contributos, das limitações e também do trabalho futuro a realizar.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

No presente capítulo é realizada uma contextualização histórica de alguns dos termos apresentados, assim como as definições e conceitos dos temas abordados ao longo do documento. Sendo estes temas inovadores, as suas definições variam não só na comunidade académica mas também nas organizações que tem demonstrado um grande interesse, investigação e investimentos nestes temas. Como tal, foi dada a devida importância à pesquisa realizada dessas organizações e aos artigos/resultados que estes publicaram.

Também na pesquisa realizada para esta revisão de literatura foi aplicado um filtro que limitasse os resultados aos mais recentes e com maior confiabilidade. O motivo dessa restrição nas pesquisas deveu-se à atualidade do tema, pois uma pesquisa um pouco mais desatualizada poderia por em causa alguns resultados e, para que tal não se sucedesse, foi estabelecido o ano de 2009 como ano de início de pesquisa de todos os temas que ainda não tenham atingido um nível de maturidade suficiente. Porém, para temas mais debatidos e que já possuem uma diversidade maior a nível académico, não foi estabelecido nenhum ano de início de pesquisa, mas foi dada maior relevância aos artigos com um maior nível de citações. O motor de busca preferencial para esta revisão de literatura centrou-se no *Google Scholar*, no entanto, devido a serem temas recentes, a pesquisa foi alargada para outros motores de busca como por exemplo o *Scopus* e *Research Gate*. Foi a partir destes motores de buscas que se centrou as pesquisas nos seguintes temas: *Internet-of-Things* (IoT), Indústria 4.0 (a nível mundial e em Portugal), *Business Process Management* e *Intelligent Business Process Management*.

Assim sendo, nos seguintes pontos é apresentada uma revisão de literatura que se mostra imprescindível para um melhor entendimento sobre IoT, o *Business Process Management* e a sua mutação para uma versão criada para esta nova era do IoT. Para tal, será realizado um enquadramento a nível tecnológico, fazendo um retrocesso à primeira revolução industrial e demonstrando o desenvolvimento até ao momento atual. Posteriormente, será abordado o tema IoT, onde será demonstrado o desenvolvimento que tem vindo a sofrer a vários níveis. Consequentemente, esta secção visa explicar quais os pontos já evoluídos e quais ainda necessitam de evolução através das *Strategic Research Agendas* (SRA), focando também nas áreas que tem tido a atenção da IoT. Ao abordar nesta secção as SRA's, será feita uma comparação com o que foi definido desde de 2009 até 2014 e iremos comparar com a SRA lançada este ano, a SRA de 2017. Depois de revisto o tema de IoT por si só, será realizada uma introdução sobre o BPM e a sua

evolução para o iBPM. Para finalizar, será realizada uma abordagem aos processos, pois esta dissertação tem como objetivo introduzir num processo de negócio componentes tecnológicos do âmbito de IoT, de forma a melhorar o mesmo.

## **2.1. As Revoluções Industriais**

A IoT, assim como a Indústria 4.0, vem seguindo caminhos paralelos acima de tudo porque esta última trata-se, de uma forma generalizada, de aplicar a IoT numa indústria que pretende cada vez mais avançar tecnologicamente tirando proveito de todas as vantagens que isso traz. A prova desta afirmação está num estudo realizado sobre IoT onde 68% das organizações que participaram pretendiam nos dois anos seguintes implementar soluções de IoT. No entanto, para explicar um pouco melhor este último, e mais recente, avanço industrial que tem acontecido nos últimos anos, será explicado em que consistiram as revoluções industriais anteriores, ou seja, a Indústria 1.0, a Indústria 2.0 e a Indústria 3.0.

### 2.1.1. A Indústria 1.0

A primeira revolução industrial começou em Inglaterra e ficou caracterizada devido a duas importantes invenções que criaram uma nova abordagem tanto no sector de produção como no sector dos transportes. A primeira ocorreu no início do século XVIII, com a construção da máquina a vapor por Thomas Newcomen em 1712 (McNeil, 1990) permitindo assim que a indústria funcionasse de uma forma mais dinâmica, resultando isso num aumento de produtividade. A segunda invenção, consequente da primeira, foram as locomotivas, sendo que estas surgiram no início do século XIX (Brindle, 2013), fornecendo à indústria uma forma de transportar as matérias-primas, assim como os produtos acabados, de uma forma mais célere. Desta forma, pode afirmar-se que a primeira revolução industrial trouxe formas de automatizar trabalho que, até então, era realizado de uma forma bastante artesanal.

### 2.1.2. A Indústria 2.0

A segunda revolução industrial é iniciada na segunda metade do século XIX terminando no decorrer do século XX. Ao contrário da primeira revolução, que ficou marcada por novas formas de produção e transporte através da máquina a vapor, esta segunda originou a eletricidade, assim como novas formas de comunicação e, por isto, esta última ficou assinalada como a revolução tecnológica. Através deste avanço



tecnológico que se sentiu, foi possível que todas as indústrias conseguissem reduzir os seus custos de forma bastante significativa, o que resultou numa maior margem de lucro para as mesmas. É durante esta revolução industrial que aparece o petróleo (Marrin, 2013) e o gás natural (Hilyard, 2012) como fontes de energia e é também nesta altura que surge a produção em grande escala do aço e do alumínio (Fisher, 1963). A introdução destas novas tecnologias fez com que a revolução industrial anterior fosse ultrapassada, permitindo assim a produção em série e, ao mesmo tempo, a criação de sistemas de distribuição (Jensen, 1993). Para além destas invenções, são revolucionados os processos de trabalho sendo introduzida por Henry Ford a produção em série, automatizando assim a indústria (Batchelor, 1994). Também na segunda revolução industrial, os avanços na indústria automóvel são um marco importante, pois foi através desta indústria que diversos processos de trabalho foram implementados, como é o exemplo do *Fordismo* e o *Taylorismo*.

### 2.1.3. A Indústria 3.0

Esta revolução iniciou-se no início da década de 70 devido aos problemas que iam surgindo e às falhas na eficiência dos processos existentes (Jensen, 1993), comparado com o investimento introduzido, o que resultava num crescimento muito diminuto. Ao mesmo tempo que as organizações procuravam soluções para o fraco crescimento, surge a revolução tecnológica com avanços significativos a nível da informática, robótica, telecomunicações, entre outras tecnologias. De forma à introdução destas novas tecnologias nas organizações, são também realizadas transformações nos processos de produção. É no fim desta revolução e devido aos avanços a nível das telecomunicações, e nas telecomunicações, que aparece a descentralização industrial, ou seja, a Globalização (Rodrik, 1997).

Nesta revolução, os campos incluídos tornaram-se muito mais abrangentes, entrando em áreas que até aquele momento ainda não tinham sofrido grandes alterações durante as décadas anteriores (Jensen, 1993). Pode dizer-se que esta revolução durou até aos anos 90, ou seja, acompanhou o crescimento que houve nas tecnologias.

### 2.1.4. A Indústria 4.0

Esta última revolução industrial, que já começou há alguns anos e ainda está a decorrer, é diferente das outras revoluções, apesar de ao nível académico não ser um tópico que reúna um consenso geral (Hermann, M. Pentek, 2015). Assim sendo, esta

revolução segue o paralelismo das restantes revoluções industriais, ou seja, o aparecimento de algo novo ou então um conjunto de tecnologias. Nas primeiras revoluções, o que esteve em causa foi o aparecimento de uma nova fonte de energia ou matéria-prima, de novos processos de trabalho ou da criação de *hardware* (referente ao surgimento da parte eletrónica na 3ª Revolução industrial). Nesta revolução, o surgimento de novas tecnologias, que contêm muitas valências, tem uma grande importância, onde é possível destacar nas tecnologias que mais tem evoluído aspetos como a grande capacidade de armazenar e analisar dados (*Big Data Analytics*) e também uma recolha dos mesmos mais periodizada e em pontos cruciais (*The IoT*) além de uma disponibilidade dos mesmos em qualquer lugar: a *Cloud* (Rüßmann et al., 2015). Resumidamente, quando se fala em Indústria 4.0 está a ser referido, e indo de encontro às tecnologias mencionadas anteriormente, tudo que envolva a interoperabilidade, a virtualização, a descentralização, a recolha de dados em tempo-real, os serviços orientados e modularidade de um sistema (Hermann, M.; Pentek, 2015). Assim, e como é descrito, o termo Indústria 4.0 é um conjunto de conceitos atuais, porém alguns dos mesmos não são fáceis de descrever quando descontextualizados desta área (Lasi, Fettke, Kemper, Feld, & Hoffmann, 2014).

Para esta revolução industrial, um dos fatores essenciais esteve na importância que a Europa, mais o governo Alemão, deram à Indústria 4.0, recomendando que esta fosse implementada pela indústria. Contudo, não só na Europa se tem dado atenção a este crescimento, mas também os Estados Unidos estão a dar a devida importância a esta revolução, devido aos ganhos produtivos que a mesma traz consigo, quando implementada na indústria (Rainer Schmid, Härting, Reichstein, Neumaier, & Jozinović, 2015).

Como tal, a Indústria 4.0 tem-se focado em estabelecer processos e produtos inteligentes (Rainer Schmid et al., 2015). Num futuro próximo, a indústria necessitará de ser capaz de um desenvolvimento rápido de produtos, de uma forma flexível e em ambientes complexos. Desta forma, só se poderá afirmar que a indústria é inteligente, quando a mesma for capaz de comunicar entre humanos, máquinas e produtos (Keller, Rosenberg, Brettel, & Friederichsen, 2014).

Em Portugal, esta revolução também tem estado a decorrer, começando um pouco mais tarde do que na restante Europa. Pode verificar-se que, nos últimos tempos, têm sido realizados investimentos para tentar acompanhar os restantes países europeus, que já se encontram mais avançados no que diz respeito à Indústria 4.0. Para tal, em 2016 foi criado um comité governamental que, em parceria com diversas organizações, criou um

programa cujo objetivo é acelerar a introdução da Indústria 4.0 em Portugal, através da criação de condições para o desenvolvimento desta revolução em Portugal e também de forma a tornar o país como um polo para atração de investimento (“Indústria 4.0 - COTEC,” 2016).

## **2.2. Internet of Things**

### **2.2.1. O conceito**

Cada vez mais existe a possibilidade de controlar dispositivos por acesso remoto, tanto a nível pessoal, onde se pode usar para ligar e desligar o carro, verificar se as luzes em casa estão todas desligadas, controlar a temperatura da casa, entre um leque enorme de possibilidades; tanto a nível profissional, onde podemos controlar a produção de uma máquina sem a necessidade de estar presente. Estas possibilidades todas só são possíveis através da evolução da internet, que permite a comunicação entre dispositivos, logo que estes tenham uma ligação à internet.

O termo de IoT chegou a ser definido como o crescente número de dispositivos inteligentes conectados e para dar ênfase às novas oportunidades que os mesmos poderiam trazer. Não obstante, o que torna os produtos inteligentes não é só a conexão à internet, mas sim a sua natureza mutável, as suas capacidades de expansão e os dados que os mesmos podem gerar.(Porter & Heppelmann, 2014)

A afirmação mais técnica existente e pertencente à *International Telecommunication Union* (ITU) é que a *IoT* é uma rede dinâmica global com capacidades de autoconfiguração, que é baseada nos *standards* e em protocolos interoperáveis de comunicação onde ‘coisas’, tanto físicas como virtuais, são identificadas através de atributos físicos ou de personalidades virtuais, usando interfaces inteligentes que as integram sem problemas dentro da rede de informação.(International Telecommunication Union, 2013; Vermesan & Friess, 2014)

### **2.2.2. Evolução das Agendas Estratégicas de Investigação**

A criação por parte da União Europeia (UE) do *European Research Cluster on the Internet of Things* (IERC) foi proporcionada devido à necessidade de reunir projetos financiados pela UE nesta área, tentando, desta forma, definir uma visão comum, assim como definir tecnologias do IoT (“About IERC,” 2015). Contudo, os objetivos do IERC são mais abrangentes, pois pretende criar e desenvolver uma visão sobre as atividades de

pesquisa de IoT na Europa, assim como definir uma estratégia de cooperação com entidades não europeias na área do IoT.

Desta forma, desde 2009 foram disponibilizadas *Strategic Research Agendas* (SRA), que pretendem dar uma lista de campos a ser investigados, bem como os caminhos para o futuro.

As SRAs foram disponibilizadas ao longo dos últimos anos e pode verificar-se que essas agendas sofreram atualizações consoante os problemas encontrados nas investigações realizadas. Com este trabalho, pretende realizar-se uma comparação entre a primeira SRA publicada em 2009, com as SRAs de 2010, 2012 e, particularmente, com a SRA publicada em 2014. Esta análise comparativa pretende mostrar a evolução dos tópicos propostos durante este período temporal.

Após esta comparação, será feita uma comparação com a última SRA de 2017 que irá permitir perceber o rumo que será seguido, e também os temas que serão abordados e explorados nos próximos anos.

### 2.2.2.1. SRAs

A criação de SRAs por parte da IERC permitiu identificar, ao longo dos últimos anos, um conjunto de pontos que seriam necessários para cimentar IoT na Europa, tanto a curto como a longo prazo. Contudo, desses pontos nem todos foram cumpridos, tendo sido necessário prolongar alguns deles para o intervalo de tempo seguinte. As SRAs dividem os pontos entre o que é necessário investigar e o que é necessário desenvolver. Nesta secção só será dada relevância a novos tópicos, ou então a novos objetivos dentro dos tópicos que foram aparecendo ao longo das diferentes agendas publicadas.

#### 2.2.2.1.1. SRA de 2009

Esta foi a primeira SRA a ser lançada pela IERC, dois anos após a criação da equipa de trabalho, permitindo assim começar a trabalhar no conceito inicial de IoT. Nesta primeira SRA é realizado um levantamento das áreas em que o IoT está, ou poderá estar, presente, sendo que também são identificadas as áreas a merecer uma maior atenção por parte da comunidade de investigadores e empresarial.

A SRA de 2009 tornou-se a base para as restantes SRAs que foram publicadas nos anos seguintes. A SRA identifica, separadamente, o que é necessário desenvolver a nível tecnológico, do que ainda é necessário investigar de forma a colmatar as necessidades e falhas existentes.

Do que é necessário desenvolver a nível tecnológico, foram identificados doze tópicos, a saber: (1) *Identification Technology*, (2) *IoT Architecture Technology*, (3) *Communication Technology*, (4) *Network Technology*, (5) *Software and Algorithms*, (6) *Hardware Devices*, (7) *Data and Signal Processing Technology*, (8) *Discovery and Search Engine Technologies*, (9) *Power and Energy Technologies*, (10) *Security, Privacy & Trust Technologies*, (11) *Material Technology*, (12) *Standardization*.

Do que é necessário investigar foram identificados quinze tópicos, nomeadamente: (1) *Identification Technology*, (2) *IoT Architecture*, (3) *SOA Software Services for IoT*, (4) *IoT Architecture Technology*, (5) *Communication Technology*, (6) *Network Technology*, (7) *Software and Algorithms*, (8) *Hardware Devices*, (9) *Hardware Systems, Circuits and Architectures*, (10) *Data and Signal Processing Technology*, (11) *Discovery and Search Engine Technologies*, (12) *Power and Energy Technologies*, (13) *Security, Privacy & Trust Technologies*, (14) *Material Technology*, (15) *Standardization*.

Estes tópicos estão divididos cronologicamente por quatro períodos temporais: o primeiro período é antes de 2010, o segundo está compreendido num intervalo de anos que vai de 2010 a 2015, o terceiro período está entre 2015 e 2020 e por fim o último período que é posterior a 2020. Sublinha-se que esta SRA é a única que incorporou o período temporal antes de 2010, por isso este período temporal não é considerado nas análises que são feitas ao longo deste artigo. (Kopetz, 2009)

#### 2.2.2.1.2. SRA de 2010

Esta SRA continua o trabalho realizado pela SRA de 2009, visto que passou somente um ano entre a publicação da SRA anterior. Porém, os períodos temporais aplicados nesta SRA adequaram-se à data em que foi publicada, passando desta forma a ser de 2011 a 2015, de 2015 a 2020 e, por fim, depois de 2020.

Nesta SRA é possível verificar que a grande parte dos tópicos se mantiveram inalterados. No entanto, dois tópicos sofreram alterações: um, no que é necessário desenvolver a nível tecnológico, o tópico (6) *Hardware*, passou a incorporar a adição de mais um objetivo para o intervalo dos anos 2011 a 2015. Esse objetivo consiste na integração de NFC nos telemóveis e sensores; outro, no que é necessário investigar, sendo adicionado ao tópico (6), *Network Technology*, o objetivo de incorporar sistemas baseados em sensores RFID. Este objetivo também foi adicionado ao intervalo temporal 2011 a 2015.

Os dois novos objetivos foram os únicos a serem adicionados em todos os períodos temporais presentes na SRA de 2010 (Ovidiu Vermesan et al., 2010).

#### 2.2.2.1.3. SRA de 2012

Nesta SRA já é possível identificar algumas diferenças em relação às SRAs anteriores, principalmente devido ao desenvolvimento e investigação em IoT estar mais maduro, visto que se passaram três anos desde o lançamento da SRA de 2009. Mais uma vez, os períodos temporais usados nesta SRA foram ajustados à data que foi publicada, sendo que os períodos são: 2012 a 2015, 2015 a 2020; e mantendo o mesmo período das SRAs anteriores, isto é, depois de 2020.

À medida que o conhecimento sobre o tema IoT vai aumentando, é provável que novos tópicos surjam. Dessa forma, nesta SRA aparecem sete novos tópicos que estão repartidos da seguinte forma: dois novos tópicos para o desenvolvimento a nível tecnológico e cinco novos tópicos para a investigação.

Do que é necessário desenvolver a nível tecnológico surgem os tópicos (13) *IoT Infrastructure* e (14) *IoT Applications*, passando a conter um total de catorze tópicos. Do que é necessário investigar, o tópico identificado a nível tecnológico (16) *IoT Infrastructure* e (17) *IoT Applications* também é identificado, juntando-se ainda três novos tópicos, a saber: (18) *Social Responsibility*, (19) *Governance (legal aspects)* e (20) *Economic*. Contudo, perde-se o tópico (15) *Standardization*. Dessa forma, fica a conter dezasete tópicos.

No entanto, a SRA de 2012 não é só marcada pela introdução de novos tópicos, mas também por dar grande relevância às tecnologias de segurança para IoT. Nesta SRA são acrescentados, para além dos novos tópicos, vinte e oito novos objetivos distribuídos pelas diferentes áreas e tópicos, para além de estarem distribuídos por períodos temporais diferentes.

Do que é necessário desenvolver a nível tecnológico, surgem dez novos objetivos. Desses, seis surgem para o período temporal de 2012 a 2015 e estão distribuídos pelos tópicos da seguinte maneira: um no (5) *Software and Algorithms*, um no (6) *Hardware*, um no (12) *Standardization* e três no (10) *Security, Privacy & Trust Technologies*. Os restantes quatro objetivos surgem no período temporal 2015 a 2020, todos eles no mesmo tópico: no (10) *Security, Privacy & Trust Technologies*.

Do que é necessário investigar surgem dezoito novos objetivos, sendo que dez deles estão presentes no período temporal entre 2012 e 2015, a saber: um no (9) *Hardware*

*Systems, Circuits and Architectures*, dois no (3) *SOA Software Services for IoT* e os últimos sete estão presentes no (13) *Security, Privacy & Trust Technologies*. Dos restantes oito objetivos que faltam, quatro deles estão presentes no (13) *Security, Privacy & Trust Technologies* e os outros dois estão no tópico (3) *SOA Software Services for IoT*, ambos para o período temporal de 2015 até 2020. Os restantes quatro objetivos estão divididos equitativamente pelos tópicos (14) *Material Technology* e (3) *SOA Software Services for IoT*, isto para o período temporal depois de 2020 (Lerner, 2012).

#### 2.2.2.1.4. SRA de 2014

Nesta SRA, surge o aparecimento de um novo tópico *Interoperability*, tanto na área de desenvolvimento onde fica como o tópico (15), como na área de investigação onde fica como tópico (20).

Surgem ainda vinte e um novos objetivos que estão distribuídos da seguinte forma: dez para a área de desenvolvimento e onze para a área de investigação. Do que é necessário desenvolver a nível tecnológico, quatro pertencem ao tópico (14) *IoT Applications*, e três pertencem ao tópico (5) *Software and Algorithms*, ambos no período temporal de 2015 a 2020; os restantes três pertencem aos seguintes tópicos: (2) *IoT Architecture Technology*, (3) *Communication Technology*, e (5) *Software and Algorithms*, todos eles para o período temporal após 2020. Do que é necessário investigar, surgem onze novos objetivos, dos quais cinco correspondem ao tópico (16) *IoT Applications*, três do tópico (6) *Network Technology*, ambos para o período temporal de 2015 a 2020; os últimos três correspondem aos tópicos: (16) *IoT Applications*, (6) *Network Technology* e (18) *Governance (legal aspects)*, para o período temporal após 2020 (Vermesan & Friess, 2014).

#### 2.2.2.1.5. SRA de 2017

Após uma análise sobre os tópicos abordados e com as conclusões sobre a evolução das SRAs até 2014, compara-se com o que está exposto na SRA de 2017, SRA esta publicada no presente ano. Para tal, realiza-se uma sinopse do que é pretendido na SRA de 2017 a nível da investigação e inovação assim como os desafios que se avizinham.

Nesta agenda é referenciada a iniciativa *IoT European Platforms Initiative*, um consórcio criado pela comissão europeia, ao qual foram atribuídos 50 milhões de euros para o intervalo temporal de 3 anos (de 2016 a 2018), de forma a expandir plataformas que permitam a conexão entre dispositivos e objetos, plataformas essas com capacidade

para ambientes inteligentes, adaptando-se aos negócios e/ou às pessoas de uma forma dinâmica (Van, Gluhak, & Bahr, 2017). Mesmo não estando numerado os pontos como em agendas anteriores, pode verificar-se que o foco para o que é neste momento importante, é o desenvolvimento de infraestruturas e aplicações, algo que já vinha sendo definido anteriormente para estes anos. Existe o objetivo de criar uma *framework* que permita o suporte a diferentes abordagens para uma arquitetura de IoT. Esta pesquisa é realizada ao mesmo tempo que são definidas camadas de arquitetura, segurança *end-to-end* e a interoperabilidade horizontal. Também um ponto importante de realçar nesta SRA de 2017, é a importância dada à inteligência artificial, um ponto salientado nas SRA's anteriores, porém nesta última é um tema abordado mais frequentemente, tanto na transformação que está a ocorrer, como no caminho a seguir para a inovação.

Sendo esta SRA de 2017, os desafios e o caminho para futuras investigações também foram realinhados, acima de tudo por ser necessário cada vez mais investigação num conjunto de áreas que vão desde a arquitetura de IoT, passando por questões de segurança e confiabilidade, e também pelo poder e energia para recolha e armazenamento de dados. Nesta SRA aparece uma lista de investigações aberta para o futuro do IoT, que não será transcrita na totalidade, porém serão apresentados alguns desses tópicos de seguida:

- Arquiteturas IoT tendo em atenção os requisitos de inteligência distribuída, inteligência artificial, cognição, aplicações tácteis e dispositivos heterogêneos;
- Arquiteturas de sistemas muito integrados com a arquitetura de rede, formando uma rede centrada no conhecimento para o IoT;
- Inteligência e contexto de sensibilização na fronteira do IoT, usando análise preditiva e distribuição avançada;
- Realidade virtual aumentada nas aplicações de IoT;
- Aplicações de IoT que antecipam comportamentos humanos;
- Inteligência Artificial e mecanismos para a automação de processos de aprendizagem das máquinas;
- Soluções de segurança de holística distribuída e *end-to-end* mais fortes para IoT, abordando também aspetos chave de forma a controlar remotamente dispositivos;
- Criação de uma camada de otimização de redes, análise, segurança, comunicação e inteligência.



Acima encontram-se descritos alguns dos pontos referenciados nesta SRA (Van et al., 2017), porém, é possível verificar no documento que todos partilham dos mesmos pontos abordando sempre a heterogeneização das redes de forma a conseguir sincronizar diferentes aplicações de IoT.

#### 2.2.2.2.Comparação entre SRAs

Na Tabela 1 pode verificar -se a evolução dos objetivos que cada tópico sofreu ao longo das diversas SRAs. A primeira linha representa todos os tópicos publicados, onde se encontram representados vinte e um tópicos. No entanto, na área de desenvolvimento encontram-se somente quinze, enquanto na área de investigação estão representados vinte e um. Na realidade, o tópico (15) deixou de ser considerado a partir da SRA de 2012 e, nessa mesma SRA, surgiram cinco novos tópicos: (16), (17), (18), (19) e (20), tendo o tópico (21) surgido somente na SRA de 2014. As restantes linhas representam as quatro SRAs publicadas, cada uma está dividida em três linhas, e cada linha mostra a previsão para os períodos temporais dos objetivos. Quando um campo tem dois valores separados por uma barra (/), o primeiro representa os objetivos da área de desenvolvimento e o segundo corresponde à área de investigação. Sempre que num campo exista um hífen (-) significa que o respetivo tópico não teve qualquer objetivo. Por fim, quando um campo está preenchido a azul claro, representa a inexistência desse tópico na SRA.

Nesta comparação, presente na Tabela 1, parte-se do pressuposto que quando um objetivo de um tópico não é adiado para o período temporal consequente é porque o mesmo foi concluído com sucesso, ou então deixou de ter relevância para a área de IoT. De forma a acompanhar a evolução das SRAs será realizada uma comparação entre os anos: 2009 e 2010; 2010 e 2012; 2012 e 2014; e 2014 e 2017.

É importante realçar que as diversas SRAs apresentam poucas diferenças, sobretudo porque o espaço temporal que as separa não é muito grande.

Entre os anos 2009 e 2010, verifica-se que a SRA 2010 apresenta uma maior preocupação em definir alguns tópicos que no ano 2009 se encontravam pouco definidos, como é o caso do *Network Technology* e *Communication Technology*, que foram adequados à realidade da área de IoT. Relativamente aos objetivos, verifica-se que diminutas alterações foram efetuadas, no entanto, merece referência um objetivo que se atrasou, visto que estava delineado para o período temporal antes de 2010, que era a convergência entre os IP's e ID's e o esquema de endereçamento. Este objetivo tornou-

se mais alcançável devido à gradual implementação do IPv6 (Deering & Hinden, 1998; Kopetz, 2009; Vermesan et al., 2010).

Comparando os anos 2010 com 2012, verifica-se que nesta última SRA surgem sete novos tópicos. Ao analisar os tópicos que estão a ser adicionados pode constatar-se a existência das primeiras preocupações no que concerne à implementação de IoT no mundo real. Através da observação dos objetivos que aparecem nesta SRA, verifica-se que estes estão relacionados com duas áreas: processos, com a criação de infraestruturas/normas que permitam a integração de IoT e o uso num meio industrial, através do uso de sensores ao longo de um processo de negócio, bem como a modelação e conceção de IoT consistente para processos de negócio e ainda a criação de processos de IoT distribuídos; e segurança dos dados, e aqui verifica-se um maior número de objetivos que se centram em técnicas de privacidade para manter o anonimato, técnicas que garantam a privacidade dos utilizadores assim como dos seus dados, novos métodos para avaliar a confiança nos dispositivos e nos dados e métodos que garantam a segurança das plataformas e dos dados. Contudo, na SRA 2012 existe uma situação que é importante realçar e que consiste na eliminação do tópico *Standardization*, na área da investigação. Isto é justificado pelo facto dos objetivos deste tópico na SRA anterior serem redefinidos e colocados em diferentes tópicos existentes, ou então nos novos criados na SRA de 2012 (Lerner, 2012; Vermesan et al., 2010).

Tabela 1 - Relacionamento do número de objetivos presentes por cada tópico das SRAs ao longo dos anos.

SRAs \ Tópicos		Identification Technology	IoT Architecture Technology	Communication Technology	Network Technology	Software and Algorithms	Hardware Devices	Data and Signal Processing Technology	Discovery and Search Engine Technology	Power and Energy Technology	Security, Privacy and Trust Technology	Material Technology	Standardization	IoT Architecture	SOA Software Services for IoT	Hardware Systems, Circuits and Architectures	IoT Infrastructure	IoT Applications	Social Responsibility	Governance (legal aspects)	Economic	Interoperability	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	
Desenvolvimento		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)				(13)	(14)					(15)
Investigação		(1)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(2)	(3)	(9)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	
SRA 2009	2010-2015	3/4	1	5/4	5/6	4/8	3/12	2/2	2/4	3/6	3/2	3/5	3/3	3/7	1	10							
	2015-2020	3/1	1	1/3	1/3	3/4	2/9	1/2	1/2	4/3	3/4	1/1	1/2	2/5	1	6							
	Depois de 2020	1/1	-	1/1	2/4	5/2	1/2	1/1	2/1	2/1	1/1	-/-	1/2	2/1	-	2							
SRA 2010	2011-2015	3/5	1	5/4	5/7	4/8	4/12	2/2	2/4	3/6	3/2	3/5	3/3	4/7	1	10							
	2015-2020	3/1	1	1/3	1/3	3/4	2/9	1/2	1/2	4/3	3/4	1/1	1/2	2/5	1	6							
	Depois de 2020	1/1	-	1/1	1/4	5/2	1/2	1/1	2/1	2/1	1/1	-/-	1/2	2/1	-	2							
SRA 2012	2012-2016	3/5	1	5/4	5/7	5/8	6/12	2/2	2/4	3/6	6/9	3/5	4	4/7	3	11	3/2	2/3	2	2	1		
	2016-2020	3/1	1	1/2	1/3	3/4	2/9	1/2	1/2	4/3	6/8	1/1	2	2/5	2	7	3/3	1/1	1	1	-		
	Depois de 2020	1/1	-	1/1	2/4	5/2	1/2	1/1	2/1	2/1	2/3	1/1	1	2/1	1	2	1/1	1/1	-	-	-		
SRA 2014	2015-2020	5/5	1	6/10	4/8	6/11	4/15	2/4	2/6	2/5	8/12	2/3	4	4/8	3	12	4/4	6/7		2	2	4/2	
	Depois de 2020	1/1	-	2/1	3/5	6/2	1/2	1/1	2/1	2/1	2/3	2/1	1	2/4	1	2	2/1	1/2		1	-	1/1	
SRA 2017	Não definido	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	

Na primeira área, para o período temporal de 2015 a 2020, é possível verificar que, dos cinquenta e três objetivos distribuídos por catorze tópicos presentes na última agenda, dezanove deles resultaram de objetivos que deviam ter sido concretizados no período temporal anterior, só que, devido a diversos fatores que são indiferentes para esta análise, não o foram. Relativamente ao período temporal posterior a 2020, a maioria dos objetivos mantiveram-se conforme a agenda anterior, sendo de realçar que somente um objetivo se atrasou e houve o aparecimento de quatro novos. Na segunda área, verifica-se que existe um total de cento e dezassete objetivos distribuídos por dezoito tópicos, para o período temporal entre 2015 a 2020, sendo que quarenta e sete desses objetivos transitam do período temporal anterior, porque não foram concretizados atempadamente. Verifica-se ainda que surgiram quinze novos objetivos e há dois tópicos que merecem destaque: *IoT Applications*, que realça as aplicações móveis para IoT, e *Communications Technology*, que destaca as novas redes, como é o caso do 5G referenciado nos objetivos da SRA de 2014. Nesta SRA, em relação à anterior, o tópico *Social Responsibility* desaparece, contudo, os seus objetivos não foram distribuídos por outros tópicos, sendo que a justificação para tal é que os mesmos não se conseguem aplicar enquanto o IoT não atingir um maior nível de maturidade (Lerner, 2012; Vermesan & Friess, 2014).

Desta comparação identificam-se vários tópicos pertinentes para quem pretender investigar sobre IoT. Não se pretende efetuar investigação em tópicos tecnológicos, pois considera-se que o mercado já responde, ou irá responder, às necessidades de IoT. Assim, o tópico interoperabilidade (*Interoperability*) que surgiu na última SRA e que levanta questões relacionadas com as arquiteturas de IoT (*IoT Architecture*), que por sua vez está relacionada com serviços (*SOA Software Services for IoT*), essas arquiteturas deverão correr aplicações (*IoT Applications*) de uma forma segura (*Security, Privacy & Trust Technologies*) e que retornem valor pela sua utilização (*Economic*). Considera-se que estes tópicos podem ser relevantes para investigar, sobretudo no estado de maturidade em que IoT se encontra. Relativamente aos tópicos *Social Responsibility* e *Governance (legal aspects)* poderiam também ser considerados, mas, como referido previamente, IoT ainda não atingiu o estado de maturidade necessário para considerar estes tópicos (Vermesan & Friess, 2014).

É de referir que, nestes primeiros anos da IoT, não podem ser considerados anos de sucesso, porque verifica-se que os objetivos lançados na primeira SRA, em 2009, para o período temporal de 2010 até 2015, somente 49,57% dos objetivos foram cumpridos

(cinquenta e sete dos cento e quinze propostos), sendo que está de forma equivalentemente repartido pela área do desenvolvimento tecnológico e pela área da investigação.

Porém, tem sido realizado algum esforço na determinação de condições para a praticabilidade de implementações reais de IoT, a maioria desse esforço está dirigido para a criação de *framework's* que permitam a implementação de IoT em qualquer tipo de ambiente real (Stankovic, 2014). E, para tal, o desafio é conseguir definir uma *framework* sustentável para a interoperabilidade e que trate os seguintes pontos: (1) Gestão da Interoperabilidade em IoT para apoiar corretamente a interoperabilidade, de maneira a que esta seja eficiente e eficaz na gestão dos seus recursos; (2) Tecnologias Dinâmicas para a Interoperabilidade em IoT, de modo a introduzir a interoperabilidade num ambiente complexo de IoT, sendo que é necessário que os dispositivos possam interagir de forma dinâmica, sem a necessidade de ser reformulados sempre que sejam integrados num determinado ambiente; (3) Medição da interoperabilidade em IoT, que obriga a qualificar e/ou quantificar de modo a gerir o nível de interoperabilidade existente; (4) Interação e integração de IoT no mundo da internet, através da integração do IPv6, interoperabilidade global, integração da IoT e Cloud, etc. Ou seja, é necessário construir pontes entre um grande número de dispositivos inteligentes atendendo às necessidades de todos (Kopetz, 2009).

Para finalizar, refere-se a SRA de 2017, também presente na tabela de comparação de SRA's. Nesta última SRA, é abordada de uma forma diferente na tabela, devido à alteração do documento de apresentação das SRA's de 2014 para a 2017. Contudo, foi possível assinalar com este símbolo (✓) todos os tópicos que se mantêm para investigação e que estavam presentes nas SRA's passadas. Os novos tópicos que surgiram são abordados no ponto abaixo acerca da SRA de 2017.

Nesta SRA de 2017 e comparado com as conclusões das SRA de 2009 até 2014, pode verificar-se que continuam a ser relevantes as questões de segurança, confiabilidade e privacidade, e é algo que continua a necessitar de ser consolidado de forma a que o uso de IoT não seja sempre questionado, assim como a necessidade da criação de um *framework* abstrato às diferentes abordagens. No entanto, o ponto de maior relevância, como foi referido anteriormente, é o conjunto de novas abordagens, tanto a nível de inteligência artificial, como também ao nível de *machine learning*, dois tópicos cada vez mais interligados com a IoT.

### **2.3. O Business Process Management e a Internet of Things**

O que é pretendido focar nesta revisão de literatura é a melhoria constante que uma organização precisa de garantir de forma a nunca ficar antiquada. O exemplo disto são as diferentes revoluções industriais já referidas na secção 2.1, pois se as organizações não desejassem melhorar dia após dias neste momento, ainda estaria a ser vivida a primeira revolução industrial, e é desta forma que é pretendido realçar o objetivo do BPM.

O objetivo do BPM é realizar a gestão das operações de forma a melhorar o desempenho de uma organização, desenvolvendo melhorias ao longo de todo o processo de negócio para que então este consiga tornar-se mais eficiente, mais eficaz e com uma capacidade de mutação, que permite ao mesmo ir-se alterando ao longo do tempo (Panagacos, 2012).

Como tal, é necessário desenvolver políticas para as abordagens que são realizadas, sendo que o BPM olha para os processos como ativos com grande importância nas organizações e que devem ser entendidos, geridos e desenvolvidos de forma a serem criados produtos ou serviços que se reflitam em agregação de valor (Thiault, 2012). Assim sendo, para uma boa prática de BPM, este necessita de definir os processos de negócio em alinhamento com os objetivos estratégicos e também com as necessidades do cliente.

#### **2.3.1. Processos de Negócio**

De forma a ser clarificado o máximo possível o termo processo de negócio, inicialmente será dada a definição do mesmo. Para descrever processo, é referido como uma agregação de atividades e comportamentos executados por humanos ou máquinas de forma a alcançar resultados (Association of Business Process Management Professionals, 2013). Estes processos sempre estiveram presentes desde do início da atividade comercial, pois, mesmo não sendo essa a palavra atribuída, a sua definição encaixa no conjunto de transações e transformações sempre existentes. Quanto à palavra negócio, esta sugere numa interação entre pessoas com o propósito de executar um conjunto de atividades que visam a entrega aos clientes de valor, havendo retorno para ambas as partes (Association of Business Process Management Professionals, 2013).

Atualmente, quando aplicados estes termos em conjunto e num contexto organizacional, é pretendido que os processos de negócio consigam gerir, em conjunto, todos os processos presentes ao longo da cadeia de valor de uma organização, fazendo isso valer uma entrega de valor ao cliente. Assim sendo, e indo de encontro ao que foi dito, pode referir-se que os processos de negócio são um combinado de atividades que

permitem produzir um output para um cliente, ou conjunto de clientes, o mercado, dando um certo destaque à forma como o trabalho é realizado. (Jonansson, Mchugh, & William, 1995)

### 2.3.2. *Intelligent Business Process Management*

Neste momento o BPM é visto como uma componente crítica nas soluções que implicam inteligência operacional em tempo real, auxiliando assim nas decisões executivas necessárias (Dayal, Eder, Koehler & Reijers, 2009). E é neste contexto que surge o iBPM.

As forças disruptivas na digitalização têm sido o grande responsável nesta transformação digital que está a ocorrer. O aparecimento e amadurecimento de novas tendências de digitalização, como por exemplo as redes sociais, os dispositivos móveis, a cloud, o *Big Data* e também o IoT, que, como já referido, irá crescer de uma forma explosiva até 2020, estão a transformar a área das Tecnologias de Informação (TI). O uso de dispositivos inteligentes conectados entre si e as coisas têm transformado as TI de uma forma que a mesma já consegue ser omnipresente, levando a uma melhoria cada vez mais próxima da perfeição, quando é realizada a sua integração. Não obstante, graças a um mundo cada vez mais conectado, os problemas começam a surgir devido ao que não está conectado, representado assim desafios e futuros problemas às organizações.

*“As TI estão a funcionar a três velocidades ao mesmo tempo: a velocidade de manutenção, a velocidade de fazer mais com menos e a velocidade de inovação digital.”*  
(adaptado de (Khoshafian, 2016) para português)

O iBPM é uma vertente que está a aparecer com a transformação digital que está a acontecer, que vem ao encontro da automação associada aos processos de negócio. Esta evolução do BPM é influenciada por uma série de tendências que têm sido o principal motor desta transformação. Duas das tendências que têm uma relevância significativa são os participantes nos processos e a inteligência dos processos (Knoshafian, 2016).

No que diz respeito aos participantes nos processos, o BPM sempre teve a sua base no fluxo de trabalho, centrado naqueles que participavam nele. Contudo, agora os participantes nos fluxos de trabalho evoluíram para outro nível, com o surgimento da IoT, da Indústria 4.0, do M2M, entre outras tecnologias. Os elementos participantes ao longo de um processo mudaram, culminando em processos com participantes ativos ao longo

do seu desenrolar, que estão conectados entre si. Como tal, a nomenclatura iBPM pretende transmitir isso mesmo, fugindo ao tradicional processo de negócio.

### 2.3.3. Como o IoT faz a diferença

O uso da IoT nos processos, quando bem aplicado, deverá traduzir-se numa incorporação de inteligência ao processo, garantindo que é retirada a máxima informação ao longo do mesmo, de forma a não só ajudar as empresas a melhorar a eficiência e alcançar as economias de custo, como também gerar um maior número de padrões de receita (“Internet of Things and Business Process Management – IoT & BPM,” 2015).

A aplicação de IoT implica a introdução de coisas, entenda-se por robôs, dispositivos inteligentes, ou outro qualquer dispositivo que esteja conectado, ao longo dos processos para tornar os mesmos mais inteligentes, reduzindo os problemas que estes possam causar. Tarefas simples realizadas ao longo dos processos, como por exemplo controlar temperaturas, tornaram-se tarefas realizadas pelas coisas de uma forma mais rápida e assertiva. No uso de IoT, existe um conjunto de princípios que deve ser adotado aquando a integração nos processos: todos os objetos integrantes no processo têm de ser vistos como participantes, com capacidade para se manterem; os processos dinâmicos integrantes são instanciados a partir de eventos, assim, estes estão sempre aguardando o sinal de algum dispositivo presente no processo, de modo a realizarem a ação que lhe é atribuída; também a correlação de eventos é algo que, para além do que foi mencionado anteriormente, um grande avanço nos processos de negócio, visto que a interligação entre eventos, fazendo uma interpretação dos dados de uma forma interligada ao invés de os ver isoladamente, contribui para prevenção. Por fim, refere-se ainda a capacidade de análise preditiva e *Big Data* para os processos. Estando todos os dispositivos conectados são geradas enormes quantidades de dados, assim a extração destes, a devida análise e compreensão dos seus comportamentos irá refletir-se a longo prazo num enorme proveito dos mesmos por parte das organizações, usando modelos de análise criados a partir destes para melhorarem as suas soluções (Khoshafian, 2016).



### 3. ABORDAGEM METODOLÓGICA E FERRAMENTAS UTILIZADAS

Neste capítulo será descrita a metodologia usada na realização desta dissertação. A metodologia escolhida, por mais se enquadrar no desenvolvimento a realizar e pelo facto do tema desta dissertação ser na área dos Sistemas de Informação, foi o *Design Science Research Methodology for Information System* (Vaishnavi & Kuechler, 2004). Dado que o trabalho realizado tem uma componente prática, serão ainda apresentadas, neste capítulo, as tecnologias usadas para o desenvolvimento do protótipo.

#### 3.1. Design Science Research Methodology

A metodologia abaixo representada, e escolhida para a realização da dissertação, apresenta um conjunto de técnicas e perspetivas para a avaliação de projetos no âmbito de Sistemas de informação.

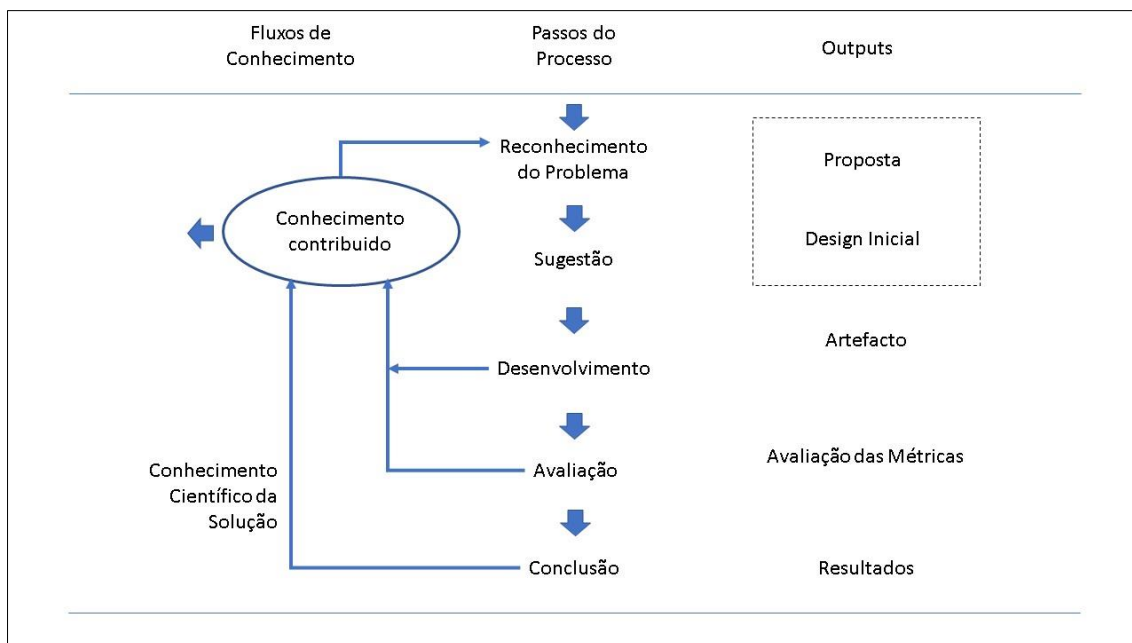


Figura 1 – Modelo do DSRM (adaptado para português) (Vaishnavi & Kuechler, 2004)

O modelo representado na Figura 1 exprime o desenvolvimento a seguir, porém, nem todas as metodologias se adequam a um projeto no seu todo. Como tal, neste caso será implementada esta metodologia até ao passo de desenvolvimento. A partir desse passo, e não sendo possível realizar em concreto uma avaliação das métricas, nem mais tarde obter resultados reais acerca da solução, decidiu-se não executar estes últimos dois passos do modelo. Assim sendo, seguidamente será feita uma descrição dos três primeiros passos que serão empregues.

Reconhecimento do Problema: este é o primeiro passo e poderá ter diferentes origens, desde desenvolvimentos tecnológicos em geral ou então numa área específica. O resultado deste passo deverá ser uma proposta, formal ou informal, para uma nova pesquisa (Vaishnavi & Kuechler, 2004). Nesta dissertação, este é o ponto onde aparece o problema de investigação, que se baseia na melhoria de um processo de negócio com o uso de IoT. Para tal, foi escolhido o processo de compra num hipermercado, com o objetivo de agilizar os processos do mesmo através de novas tecnologias.

Sugestão: este segundo passo representa uma proposta inicial para a resolução do problema apresentado anteriormente. Não se pretende que neste passo a ideia final fique idealizada, pretende-se unicamente contruir uma ideia que servirá de base para o desenvolvimento final. (Vaishnavi & Kuechler, 2004) Neste ponto, a ideia proposta baseia-se no uso de IoT nos carrinhos, de modo a agilizar o processo de compras no supermercado, registando os produtos no instante em que os mesmos sejam colocados no carro de compras.

Desenvolvimento: esta será a última fase do DSRM que será usada na presente dissertação. Aqui pretende-se desenvolver um processo de negócio que complemente diferentes fases capazes e interaja através de uma simulação realista daquilo que é o processo de efetuar compras num hipermercado, pelo cliente.

### **3.2. Ferramentas Utilizadas**

Para modelação do processo de negócio foi utilizada a ferramenta do Bizagi BPMN Modeler, uma ferramenta que permitiu a criação do processo de negócio e também a simulação do mesmo, através do *Simulation View*.

#### **4. TRABALHO REALIZADO**

Durante este capítulo será documentado o executado na realização desta dissertação. Desta forma o capítulo quatro terá 4 secções. Na primeira secção será realizada uma compreensão do negócio, e serão apresentadas algumas imagens dos dispositivos utilizados nos carrinhos, que irão permitir a recolha da informação a utilizar ao longo de todo o processo de negócio. Na segunda secção, será demonstrado o processo de negócio atualizado, assim como será também detalhado o mesmo. Na terceira secção, e de modo a conseguir perceber as melhorias que a integração de IoT poderia trazer a uma organização com a implementação deste processo de negócio, foram realizadas simulações em diferentes cenários, sendo que desta forma é possível perceber quais as vantagens que esta implementação poderia trazer, tanto em cenários otimistas como em cenários mais pessimistas. Além disso, foi também realizado um cenário que contemplava o uso da tecnologia pelas pessoas, ou seja, se estas estariam dispostas a corrigir a falta de acerto da tecnologia de forma a automatizar todo este processo. Na última secção, a quarta, será realizada uma discussão de resultados obtidos na secção anterior.

##### **4.1. Compreensão do Negócio**

A nível mundial existem milhões de hipermercados, e estes têm todos uma forma de funcionar bastante similar, que se inicia com a entrada de um cliente, obtenção de um carrinho de compras e, consoante vai escolhendo os produtos, coloca-os dentro do carrinho de compras. No fim, após a escolha de todos os artigos, desloca-se a uma caixa onde o operador presente passará todos os produtos pelo leitor e, por fim, dirá o valor a pagar ao cliente. Sendo este processo o mais usual, já existem outras formas de realizar o pagamento como caixas de pagamento *self-service*, ou então alguns hipermercados que permitem que o utilizador, conforme escolhe os produtos, vá passando os mesmos num leitor que se encontra no carro. No entanto, não existe nenhuma forma de controlar se o cliente está a passar todos os produtos que coloca no carro. Com o aparecimento do IoT, este processo poderia ser melhorado sem que fossem necessárias grandes alterações. Através da introdução de sensores nos carrinhos, todo o processo, desde da recolha do carrinho por parte do cliente, à colocação de artigos dentro do carrinho e até pagamento das compras, seja realizado de forma automatizada.

A Figura 2 surge com o propósito de ilustrar este cenário. Nesta figura pode verificar-se a existência de um local onde todos os carrinhos de compras são colocados, a zona de pagamento (a zona interior da linha tracejada), zona essa que na imagem é formada pela

zona de pagamento automático e também pelas caixas para passar os produtos e realizar o pagamento. Em toda a loja existem diferentes recetores de sinal para comunicação com os carrinhos de compras, representados com o símbolo de Wi-fi.

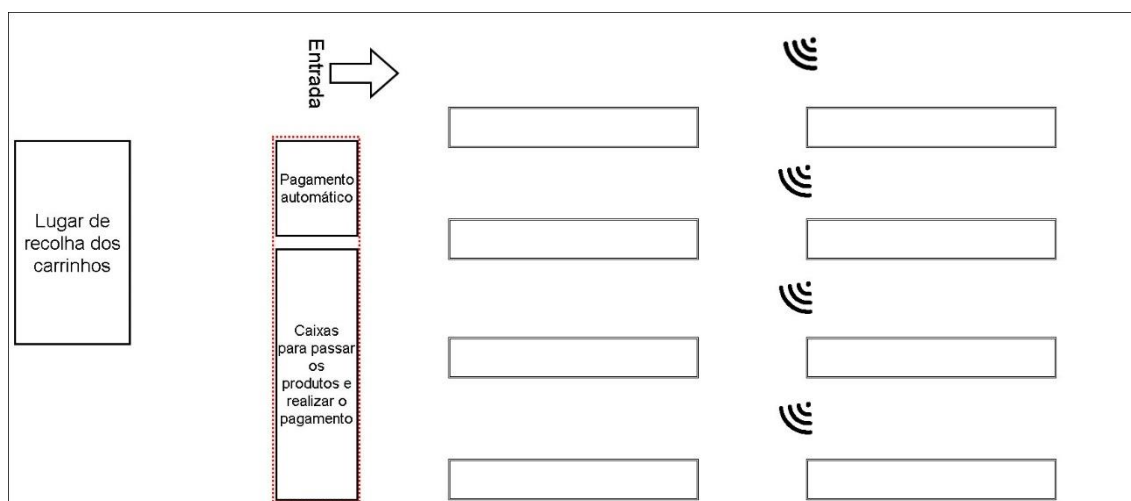


Figura 2 - Exemplo de uma loja

Para uma melhor compreensão das alterações necessárias a fazer nos carrinhos para a integração desta tecnologia num contexto real, foi concebida uma imagem devidamente legendada que representa a tecnologia necessária a integrar nos carrinhos de supermercado de forma a automatizar o processo de compras.

É visível que a Figura 3 está numerada de um até quatro. O ponto um é onde é realizado o primeiro contato com o produto que o cliente deseja adquirir, e como o carrinho está equipado com uma tecnologia de leitura de código de barras nos quatro cantos superiores, permite que o produto, ao ser colocado dentro do mesmo, seja rapidamente realizada a leitura do seu código de barras e adicionado à lista de produtos presentes dentro do carro. O ponto dois não é nada mais que uma balança presente no fundo do carrinho de compras, com a função de garantir que os todos os produtos presentes no carrinho já foram lidos pelo leitor do ponto 1. Este controlo pode ser realizado graças ao facto de todos os produtos com um código de barras terem associado o seu peso. Assim sendo, através da comparação entre o peso total apresentado na lista de compras e o peso total na balança, é possível garantir que todos os produtos são passados no leitor. O ponto três é um pequeno ecrã que permite ao cliente verificar os produtos que está a inserir no carrinho, assim como qualquer erro que ocorra durante todo o processo da compra. Para finalizar, o ponto 4, que não é uma tecnologia necessária de implementação, tendo em conta que grande parte das superfícies comerciais já possui na sua infraestrutura, corresponde a um

conjunto de recetores de sinal. Porém, caso ainda não exista numa loja, é necessário a sua implementação para realizar as comunicações entre os carrinhos e a plataforma de apoio.

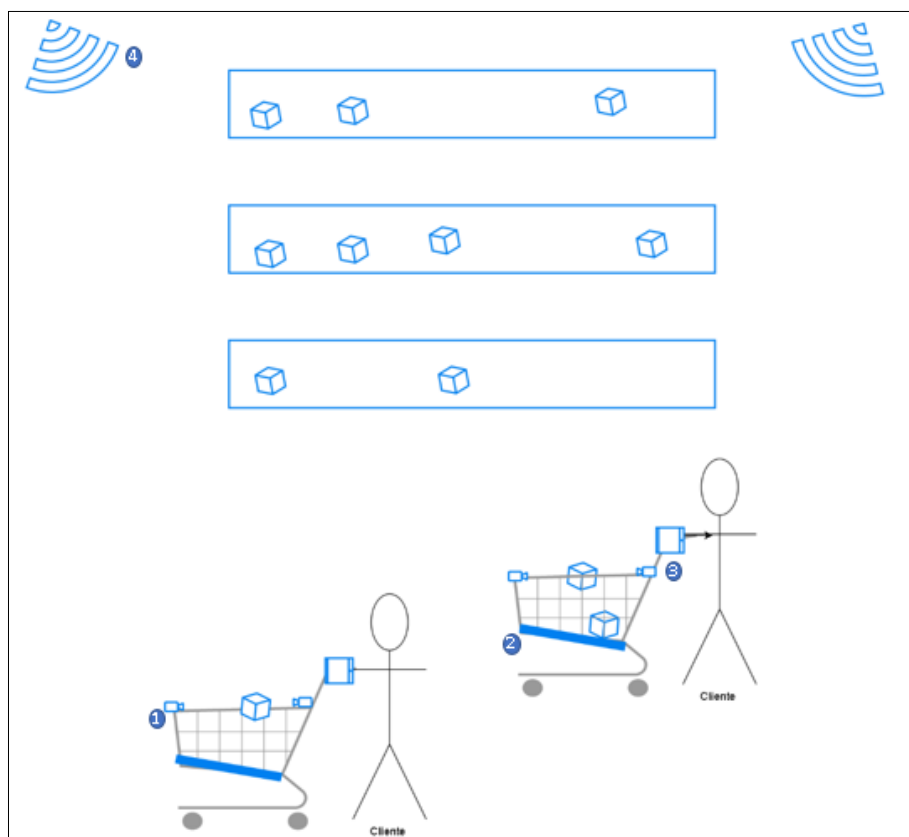


Figura 3 – Localização dos sensores introduzidos

#### 4.2. O Processo de Negócio

Neste capítulo será exposto todo o processo de negócio, que exemplifica o fluxo necessário desde que o cliente obtém um carrinho de compras até que o mesmo finaliza a compra. Neste capítulo será também realizada a descrição de todas as tarefas presentes no processo de negócio.

O desenvolvimento deste processo de negócio foi realizado com o intuito de solucionar todos os possíveis problemas que aparecessem ao longo da compra por parte de um cliente. É possível verificar que após a ativação do carrinho de compras, momento esse que ocorre quando o cliente o desbloqueia, este fica em modo de espera por um sinal. Esse sinal poderá ser de dois tipos: ou quando o cliente está na zona exclusiva de pagamento, ficando o carrinho de compras bloqueado e permitindo ao cliente realizar o pagamento, caso toda a compra tenha ocorrido sem problemas; ou então, o sinal de um novo artigo inserido no carrinho, que é obtido quando um código de barras passa no leitor

embutido no mesmo. Após detetado o sinal, e caso o mesmo seja de inserção de um novo produto no carrinho de compras, é realizada a leitura código de forma a obter as informações do produto, sendo possível comparar a diferença de peso que está na balança com o peso do produto. Caso o peso coincida, o carrinho fica à espera de um novo sinal para efetuar uma ação, sinal esse que poderá ser ou de presença na zona de pagamento ou então por novo produto inserido. Contudo, caso o peso do produto não coincida com o peso que foi colocado na balança, é pedido ao cliente que retire o produto, de forma ao peso da balança ser igual ao que estava antes da inserção do novo produto, e volte a colocar novamente o novo produto para tentar resolver o problema. Se o cliente conseguir que o produto seja aceite pelo carrinho de compras poderá a continuar a colocar produtos no mesmo e, no fim, dirigir-se para uma zona de pagamento rápido. Porém, caso o cliente não consiga regularizar a situação, poderá continuar as suas compras também, mas no fim terá de se dirigir para uma caixa onde terá de passar todos os produtos que tem no carrinho de compras. Após a obtenção dos artigos e a realização do pagamento, o carrinho de compras é colocado no local de recolha apropriado e fica com o estado disponível ou indisponível consoante se a hora de fecho da loja tenha sido ultrapassada ou não.

Para melhor interpretação do texto acima descrito é apresentado na Figura 4 o processo de negócio correspondente.

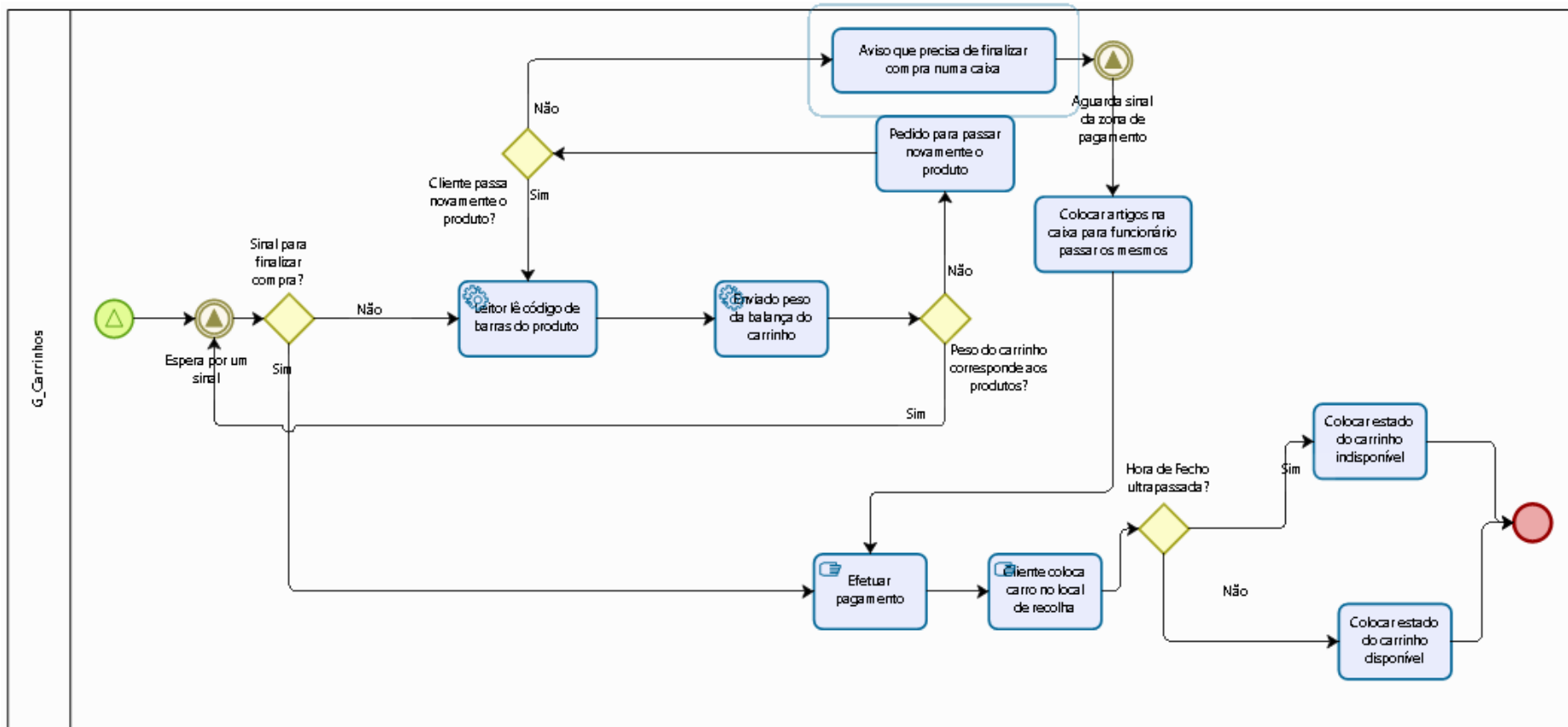



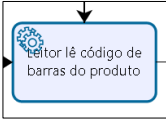
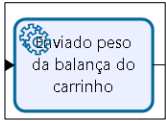
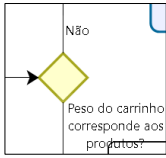


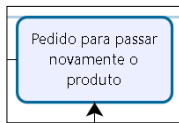
Figura 4 - Processo de negócio de um carrinho

Na Tabela 2 encontra-se a descrição de cada tarefa representada no processo de negócio apresentado na Figura 4.

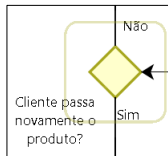
Tabela 2 - Descrição dos elementos do processo de negócio

	<p><b>a) <i>Start Signal Event</i></b>, ponto inicial do processo de negócio que se inicia quando recebe um sinal que o carrinho de compra é ativado por parte de um cliente.</p>
	<p><b>b) <i>Intermediate Event</i></b>, este evento intermédio fica a aguardar que seja enviado um sinal, podendo ser a inserção de um produto no carrinho de compras ou, então, informando que o carrinho de compras está na zona onde se realiza o pagamento.</p>
	<p><b>c) <i>Gateway</i></b>, neste ponto faz-se a interpretação do sinal que foi recebido no evento anterior. Após análise do sinal recebido continua o processo de negócio ou avança para a caixa de pagamento</p>
	<p><b>d) <i>Service Task</i></b>, como o sinal recebido pelo leitor no carrinho corresponde à inserção de um artigo, é lido o código de barras do mesmo, de forma a aceder à informação deste para consulta posterior, quer para saber o preço do produto, quer para saber o seu peso.</p>
	<p><b>e) <i>Service Task</i></b>, como na tarefa anterior já foram acedidos todos os dados do produto, aqui é simplesmente feita uma análise do novo peso do carrinho de compras.</p>
	<p><b>f) <i>Gateway</i></b>, aqui é feita a comparação entre o novo valor que a balança do carrinho de compras tem e o peso do produto inserido pelo cliente. Se a diferença de peso for igual ao peso do produto, o processo fica a aguardar por nova inserção; caso contrário, pede ao cliente que retire o último produto e o passe novamente.</p>

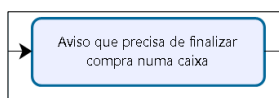




g) **Task**, esta tarefa envia uma mensagem ao utilizador para este passar novamente o produto colocado imediatamente antes, de modo a que o leitor do carrinho possa ler novamente o código e a balança voltar a pesá-lo.



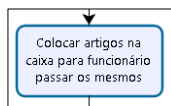
h) **Gateway**, neste momento é analisado se o utilizador decidiu passar novamente o produto ou se decidiu ignorar o aviso dado pelo sistema.



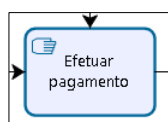
i) **Task**, aqui é enviado um aviso ao cliente que, devido a não ter passado o produto para releitura, terá de, na altura de pagamento, realizá-lo passando todas as compras numa caixa.



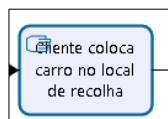
j) **Intermediate Event**, quando é recebido o sinal de que o carrinho de compras está numa zona de pagamento, e como o utilizador está com a compra incorreta, é reencaminhado para uma caixa onde terá de colocar os produtos.



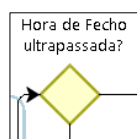
k) **Task**, neste ponto do processo espera-se que o cliente coloque os artigos numa caixa, de forma a que o funcionário os passe no leitor da caixa.



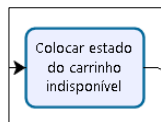
m) **Manual Task**, esta tarefa resume-se ao pagamento da conta, por parte do cliente e irá realizar-se quer o cliente efetue o pagamento automático ou quer tenha que se deslocar a uma caixa com um funcionário.



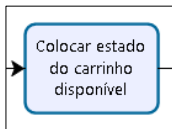
l) **Manual Task**, após o cliente efetuar as suas compras e arrumar as mesmas no local que pretender, irá colocar o carrinho de compras no local de recolha do mesmo.



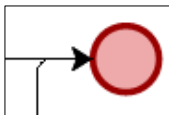
o) **Gateway**, esta entrada permite saber se a hora de encerramento da loja já foi ultrapassada, de forma a saber que estado a atribuir aos carrinhos de compras quando os mesmos forem colocados lá.



**p) Task**, dado que o carrinho de compras foi colocado depois da hora de fecho da loja, este passará para o estado de indisponível.



**q) Task**, como o carrinho de compras foi colocado antes da hora de fecho da loja, este passará para o estado de disponível.



**r) End Event**, evento que finaliza o processo de negócio.

### 4.3. Cenários

Neste ponto serão abordados diferentes cenários que podem ocorrer ao longo do processo de negócio. Assim além do cenário zero, que nada mais é do que o processo de negócio sem qualquer implementação de IoT, haverá uma demonstração de cenários completamente favoráveis ao processo de negócio desenvolvido, havendo, assim, nos pontos de decisão uma tendência para o resultado ir de encontro ao que é pretendido com esta dissertação. Da mesma forma, haverá cenários onde o objetivo será abordar este processo de negócio de um ponto de vista pessimista, o que levará a que nos pontos de decisão, o mesmo tenderá para o pior caso. Será também abordado um cenário mais neutro.

Todos os cenários foram testados num total de 13 horas, definido na Figura 5 desde da abertura ao fecho da loja.

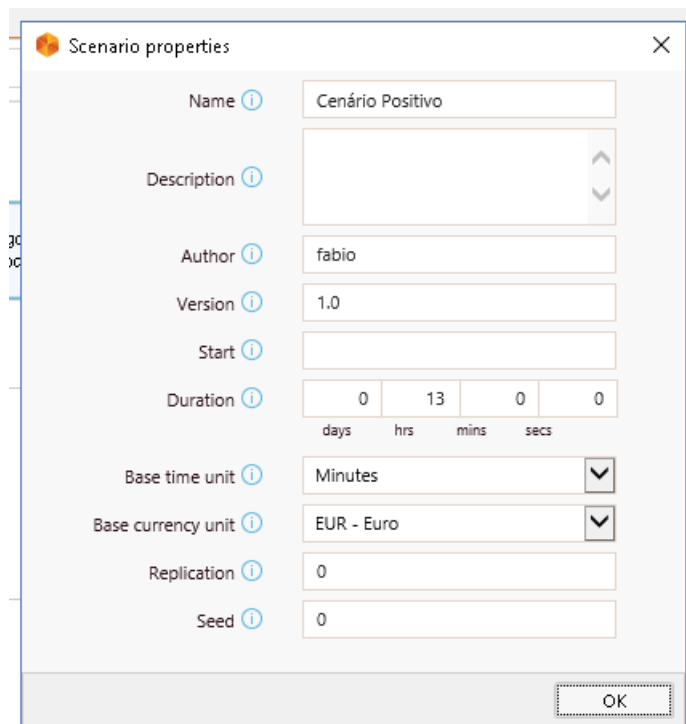


Figura 5 - Definição do tempo que a loja se encontrará aberta

Também em todos os cenários se irá partir do pressuposto que, de todos os sinais que são recebidos pelo carrinho de compras, só 5% correspondem a um sinal para finalizar a compra. Assim sendo, parte-se do princípio que, em média, cada cliente compra 20 artigos, representado na Figura 6, antes de se dirigir para uma caixa e finalizar a sua compra.

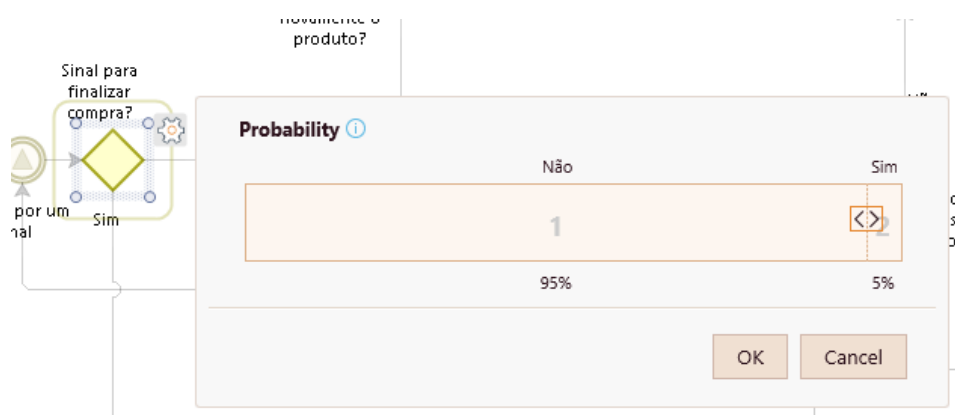


Figura 6 - Definição da percentagem correspondente ao número médio de compras feito por um cliente

Além disso, foram definidos alguns tempos médios para a execução das tarefas, que se encontram representados na Tabela 3.

Tabela 3 – Tempos definidos para execução de cada tarefa.

Tarefa	Tempo Definido (em segundos)
Leitor lê código de barras do produto	1
Enviado peso da balança do carrinho	1
Pedido para passar novamente o produto	1
Aviso que precisa de finalizar compra numa caixa	1
Colocar artigos na caixa para funcionário passar os mesmos	180
Efetuar pagamento	60
Cliente coloca carro no local de recolha	20
Colocar estado do carrinho indisponível	1
Colocar estado do carrinho disponível	1

Finalmente, a tarefa de atualizar o estado do carrinho para indisponível visto isso acontecer numa altura do dia que já haverá poucos clientes a percentagem do mesmo acontecer será diminuta, aplicando assim a percentagem de 5%, como representado na Figura 7.

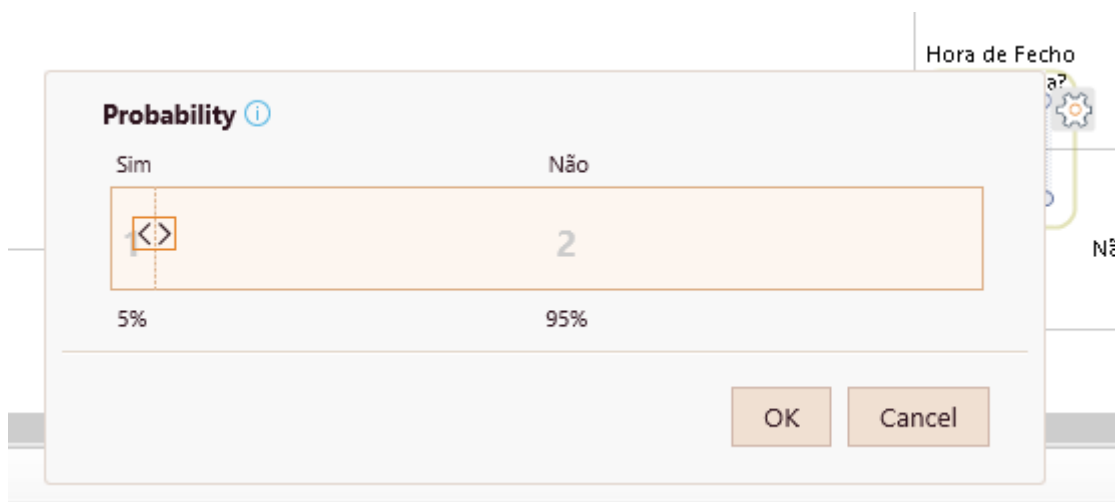


Figura 7 - Percentagem de carrinhos de compras que passam para o estado indisponível após serem colocados no local de recolha

### Cenário 0 – Processo sem IoT

Este cenário não é realizado nenhuma abordagem como foi realizado nos cenários seguintes. Aqui é pretendido descrever a duração dos processos sem o uso de IoT que agiliza os mesmos. Assim, uma loja sem qualquer IoT integrado nos seus processos para atender 781 clientes, ou seja, carrinhos de compras, com uma média de 20 produtos comprados por cada cliente, demora 39,05 horas, o que corresponde à necessidade de ter 5 funcionários.

### Cenário 1 – Abordagem positiva na integração de IoT

Neste cenário será feita uma abordagem positiva do processo de negócio desenvolvido. Assim sendo, assume-se que, de todos os produtos que passam pelo leitor do carrinho de compras e verificados pela balança, apenas 3% não serão lidos pelo leitor do representado na Figura 8, e desses 3%, somente 5% desse valor, representado na Figura 9, não são passados novamente pelo cliente de forma a corrigir esse problema.

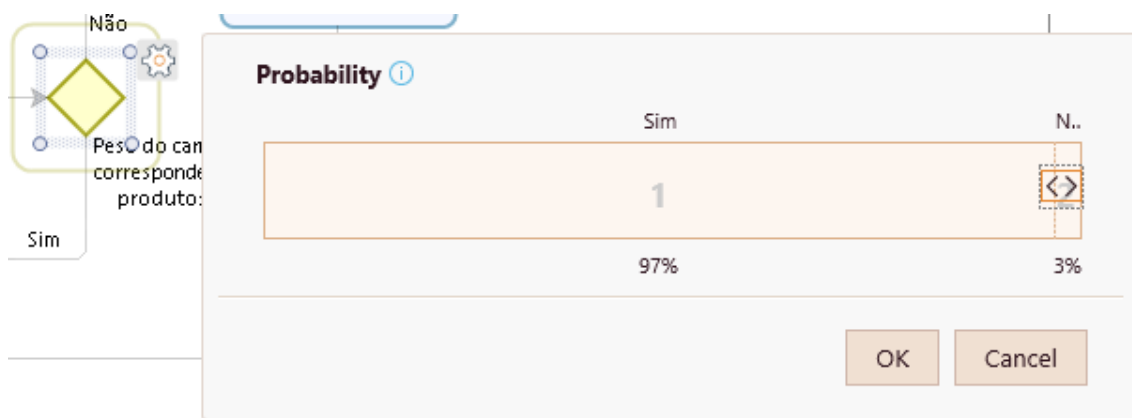


Figura 8 - Percentagem correspondente ao número de artigos aceites pelo carrinho de compras

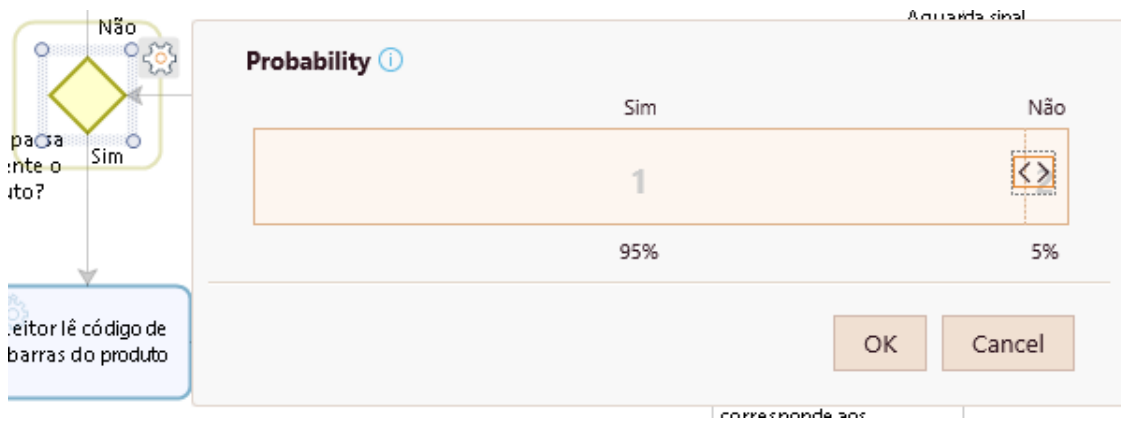
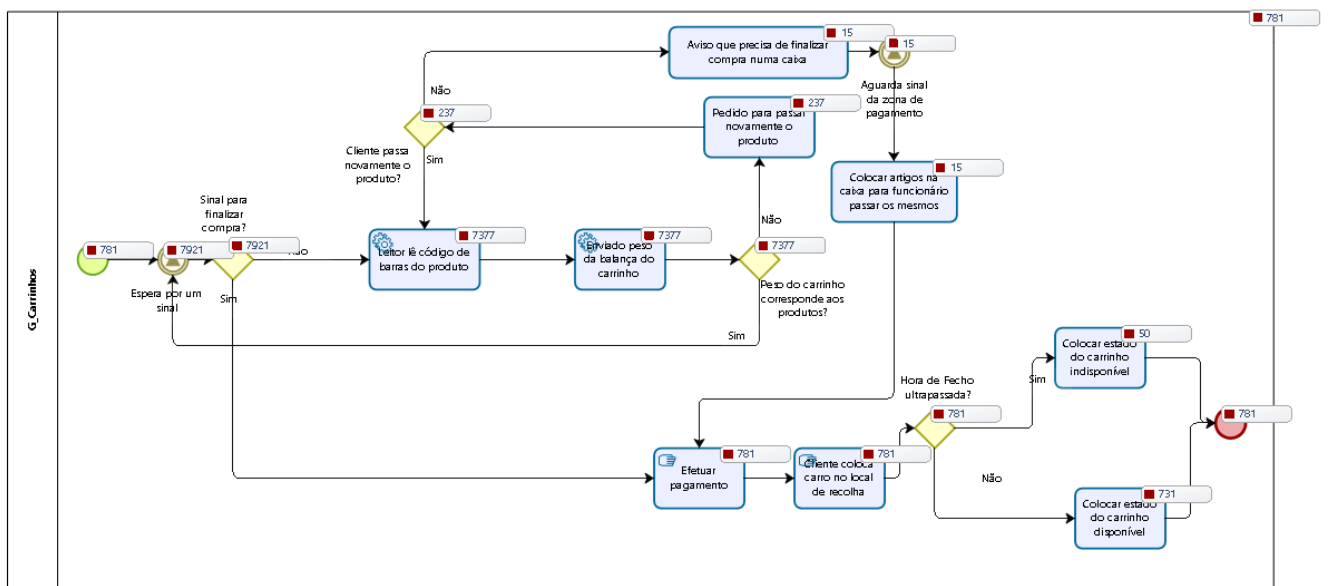


Figura 9 - Percentagem corresponde ao número de utilizadores que passam novamente os produtos para corrigir a situação incorreta

Após definição dos parâmetros acima indicados, os resultados obtidos encontram-se demonstrados na Tabela 4. Para uma mais fácil compreensão dos mesmos, serão expostos num plano geral sendo logo de seguida apresentados os nomes dos processos, o seu tipo e também as instâncias completas.



Elapsed Time : 00:13:00:00.000

Figura 10 - Resultado da simulação do Cenário 1

Tabela 4 - Número de instâncias ocorridas em cada evento do processo na simulação do Cenário 1.

<b>Nome do Processo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Instâncias Completas</b>
G_Carrinhos	Process	781
Sinal para finalizar compra?	Gateway	7921
Espera por um sinal	Intermediate event	7921
Leitor lê código de barras do produto	Task	7377
Enviado peso da balança do carrinho	Task	7377
Peso do carrinho corresponde aos produtos?	Gateway	7377
Hora de Fecho ultrapassada?	Gateway	781
NoneEnd	End event	781
Efetuar pagamento	Task	781
Colocar estado do carrinho disponível	Task	731
Pedido para passar novamente o produto	Task	237
Cliente passa novamente o produto?	Gateway	237
Aviso que precisa de finalizar compra numa caixa	Task	15
Aguarda sinal da zona de pagamento	Intermediate event	15
Colocar artigos na caixa para funcionário passar os mesmos	Task	15
Colocar estado do carrinho indisponível	Task	50
Cliente coloca carro no local de recolha	Task	781
NoneStart	Start event	781

Nesta simulação, Figura 10, consegue perceber-se que este seria um cenário bastante positivo para o processo de negócio em causa, visto que, ao longo das treze horas de um dia, somente 15 carrinhos de compras (1.92%) de um universo de 781 é que tiveram de passar por uma caixa, tendo de colocar todos os artigos na mesma. Assim pode calcular-se, com base em tempos médios, que foi gasto um total de 45 minutos para passar as compras de todos os clientes ao longo do dia. Na eventualidade de não haver a

integração de IoT nos carrinhos, esse valor seria de 39,05 horas. Além disso, de todos os produtos passados, não foram lidos 237 de um total de 7377, o que representa que só não foram lidos 3,21% dos produtos passados pelos clientes. Porém, desses 237 produtos que não passaram à primeira, somente 15 clientes (6,32%) é que decidiram não passar os mesmos uma segunda vez.

### Cenário 2 – Abordagem pessimista na integração de IoT

No cenário dois será efetuada uma abordagem mais pessimista a este processo de negócio. Como tal, vai assumir-se que, de todos os produtos que passam no leitor de compras e são verificados pela balança, 30% não serão lidos, tal como está definido na Figura 11, e desse mesmo valor somente 50% (Figura 12) irá repetir a passagem do produto novamente.

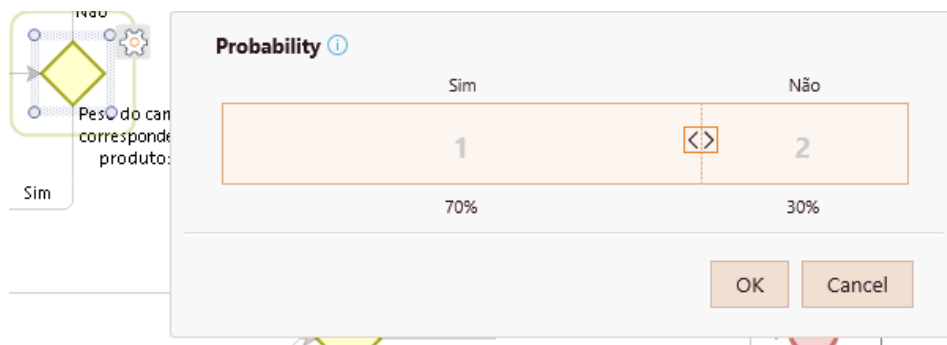


Figura 11 - Percentagem correspondente ao número de artigos aceites pelo carrinho de compras

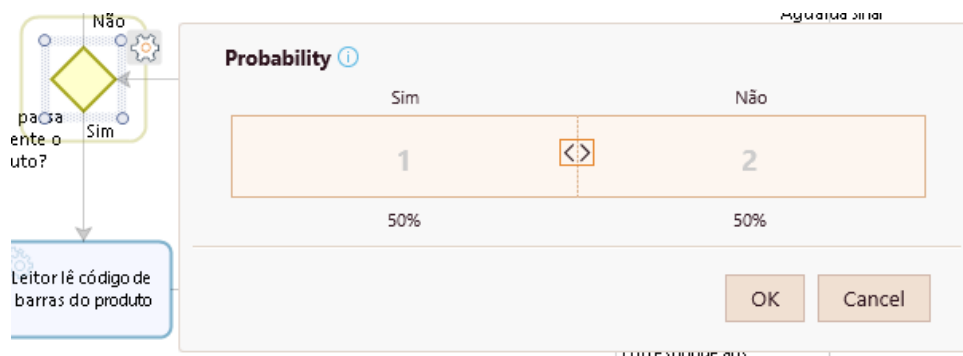


Figura 12 - Percentagem corresponde ao número de utilizadores que passam novamente os produtos para corrigir a situação incorreta



Após a definição dos parâmetros acima indicados, os resultados obtidos encontram-se demonstrados na Tabela 5. Para uma mais fácil compreensão dos mesmos, serão expostos num plano geral, sendo logo de seguida apresentados os nomes dos processos, o seu tipo e também as instâncias completas.

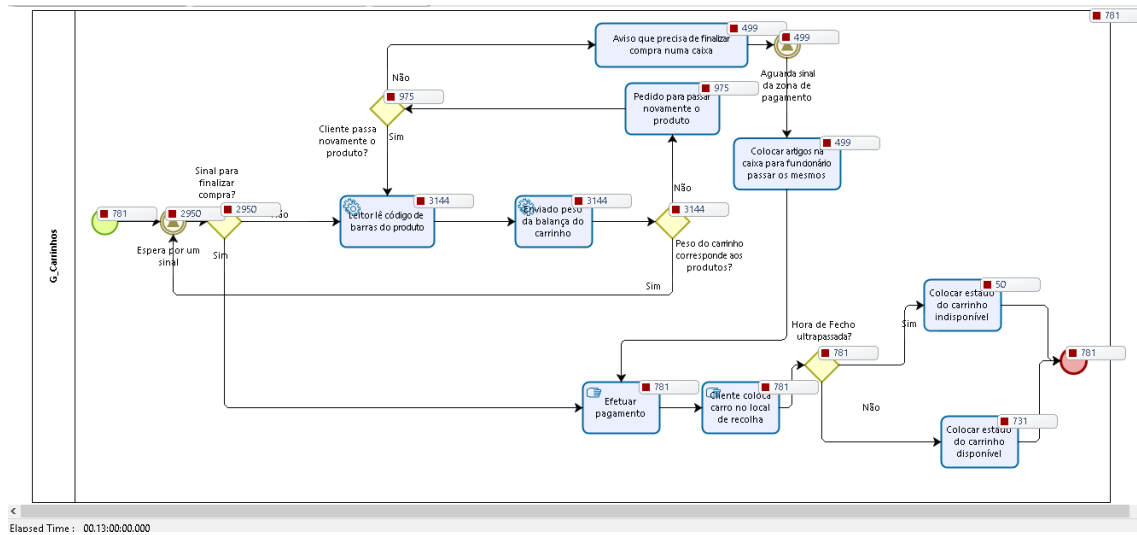


Figura 13 - Resultado da simulação do Cenário 2

Tabela 5 - Número de instâncias ocorridas em cada evento do processo na simulação.

<b>Nome do Processo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Instâncias Completas</b>
G_Carrinhos	Process	781
Sinal para finalizar compra?	Gateway	2950
Espera por um sinal	Intermediate event	2950
Leitor lê código de barras do produto	Task	3144
Enviado peso da balança do carrinho	Task	3144
Peso do carrinho corresponde aos produtos?	Gateway	3144
Hora de Fecho ultrapassada?	Gateway	781
NoneEnd	End event	781
Efetuar pagamento	Task	781
Colocar estado do carrinho disponível	Task	731
Pedido para passar novamente o produto	Task	975
Cliente passa novamente o produto?	Gateway	975
Aviso que precisa de finalizar compra numa caixa	Task	499
Aguarda sinal da zona de pagamento	Intermediate event	499
Colocar artigos na caixa para funcionário passar os mesmos	Task	499
Colocar estado do carrinho indisponível	Task	50
Cliente coloca carro no local de recolha	Task	781
NoneStart	Start event	781

Nesta simulação, Figura 13, foi tida em conta uma perspetiva negativa para o processo de negócio desenhado, pois assumiu-se que 30% dos artigos não irão passar à primeira e, quando isso acontecia, somente metade dos clientes passarão os produtos novamente. Mesmo assim, pode reparar-se que 182 carrinhos de compras, correspondente a 23,30%, realizaram a validação das suas compras de forma automatizada. Neste cenário passaram 3.144 produtos nos leitores dos carrinhos, não tendo sido possível ler 975. Desses, apenas 476 foram passados novamente pelos clientes. Mesmo neste cenário

pessimista, é possível poupar 9,2 horas diárias de um funcionário que teria de estar a transacionar os artigos de um cliente.

### Cenário 3 – Abordagem privilegiando o acerto da tecnologia em relação às pessoas

No cenário três vai ser realizada uma abordagem diferente ao processo de negócio de compras, ou seja, vai partir-se do princípio que quase todos os produtos passam no leitor à primeira, porém, quando isso não acontece, somente metade dos clientes o passam novamente. Como tal, vai assumir-se que, de todos os produtos que passam no leitor de compras e são verificados pela balança, somente 7% não serão lidos, tal está definido na Figura 14 e, desse mesmo valor, apenas 50% (Figura 15) iriam repetir a passagem do produto novamente.

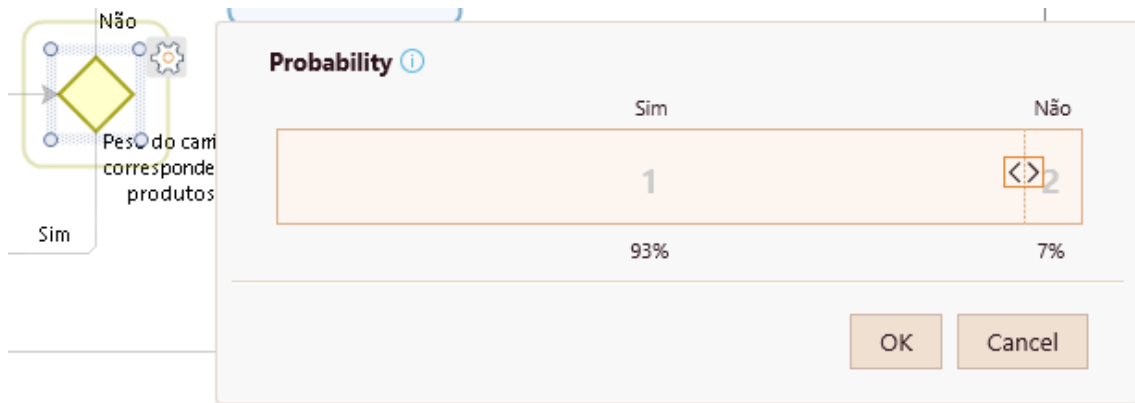


Figura 14 - Percentagem correspondente ao número de artigos aceites pelo carrinho de compras

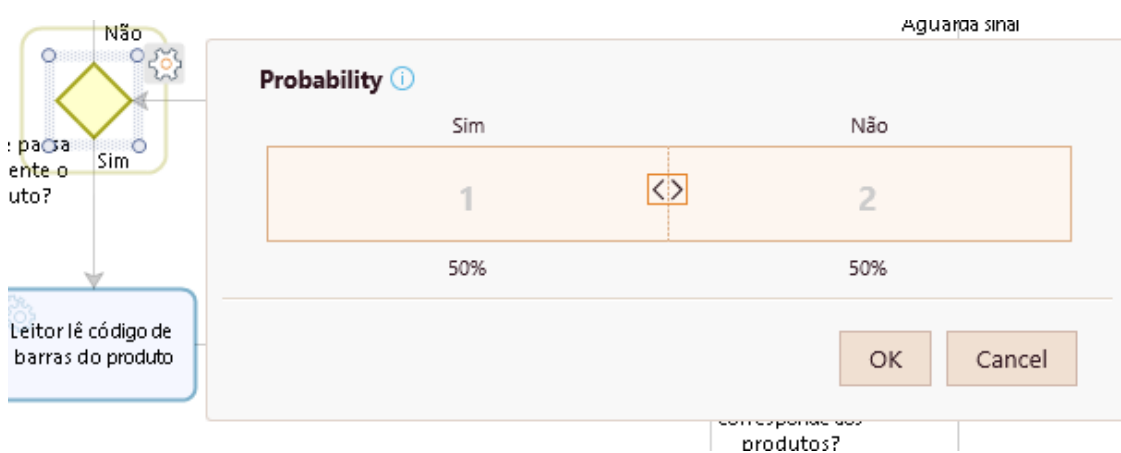


Figura 15 - Percentagem corresponde ao número de utilizadores que passam novamente os produtos para corrigir a situação incorreta

Tendo em consideração os parâmetros acima definidos, os resultados obtidos podem ser visualizados na Figura 16. De modo a facilitar o processo de análise dos resultados, estes serão expostos num plano geral, sendo logo de seguida apresentados os nomes dos processos, o seu tipo e também as instâncias completas.

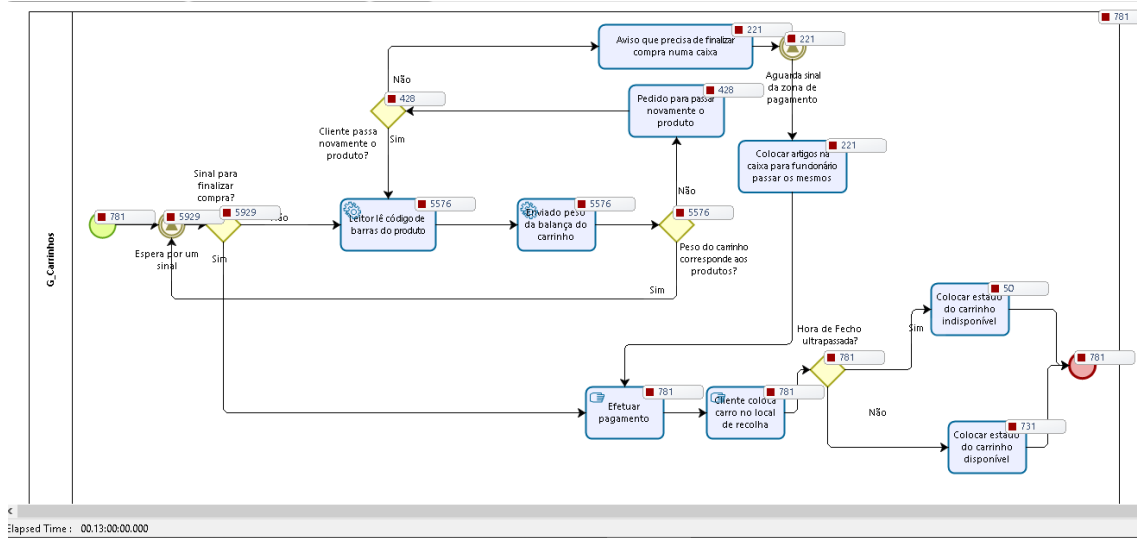


Figura 16 - Resultado da simulação do Cenário 3

Tabela 6 - Número de instâncias ocorridas em cada evento do processo na simulação do Cenário 3.

Nome do Processo	Tipo	Instâncias Completas
G_Carrinhos	Process	781
Sinal para finalizar compra?	Gateway	5929
Espera por um sinal	Intermediate event	5929
Leitor lê código de barras do produto	Task	5576
Enviado peso da balança do carrinho	Task	5576
Peso do carrinho corresponde aos produtos?	Gateway	5576
Hora de Fecho ultrapassada?	Gateway	781
NoneEnd	End event	781
Efetuar pagamento	Task	781
Colocar estado do carrinho disponível	Task	731
Pedido para passar novamente o produto	Task	428
Cliente passa novamente o produto?	Gateway	428
Aviso que precisa de finalizar compra numa caixa	Task	221
Aguarda sinal da zona de pagamento	Intermediate event	221
Colocar artigos na caixa para funcionário passar os mesmos	Task	221
Colocar estado do carrinho indisponível	Task	50
Cliente coloca carro no local de recolha	Task	781
NoneStart	Start event	781

Na simulação do cenário 3 (Figura 16), é evidenciada a aceitação, por parte do carrinho de compras, logo à primeira passagem do artigo para o interior do mesmo. Isto resultou num total de 560 carrinhos de compras com o processo automatizado, correspondente a 71,70%, que realizaram a verificação de artigos comprados de uma forma automática. Para alcançar tal valor foram passados 5.576 artigos nos leitores dos carrinhos de compras, do qual somente 428 produtos não foram registados. Assim sendo, mesmo que só metade dos clientes estejam dispostos a passar um produto pela segunda vez, apesar dos carrinhos estarem bem preparados para executar a leitura do código de barras e do peso, o tempo gasto para os 781 carrinhos diários seria apenas de 11,05h, necessário para passar os produtos dos 181 carrinhos de compras que teriam de ver os produtos serem passados numa caixa.

### Cenário 4 – Abordagem privilegiando as pessoas em relação à tecnologia

No cenário quatro será adotada uma abordagem diferente ao processo de negócio arquitetado, ou seja, partir-se-á do pressuposto que bastantes produtos não passam no leitor à primeira, contudo, quando isso não acontece, a grande maioria dos clientes passam novamente os mesmos. Como tal, assumir-se-á que, de todos os produtos que passam no leitor de compras e verificados pela balança, 40% dos mesmos não serão lidos, como está definido na Figura 17, e desse mesmo valor somente 3% (Figura 18) não iriam repetir a passagem do produto novamente.

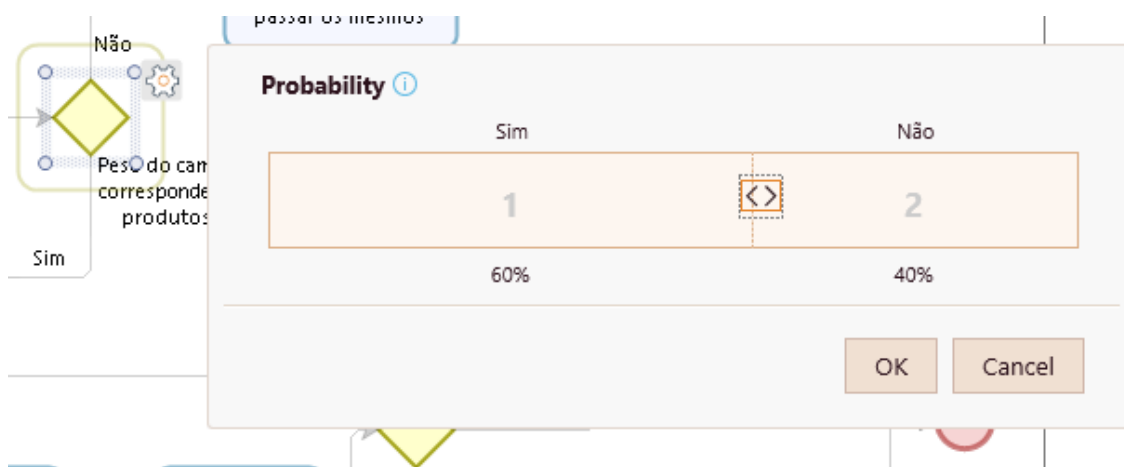


Figura 17 - Percentagem corresponde ao número de artigos aceites pelo carrinho de compras

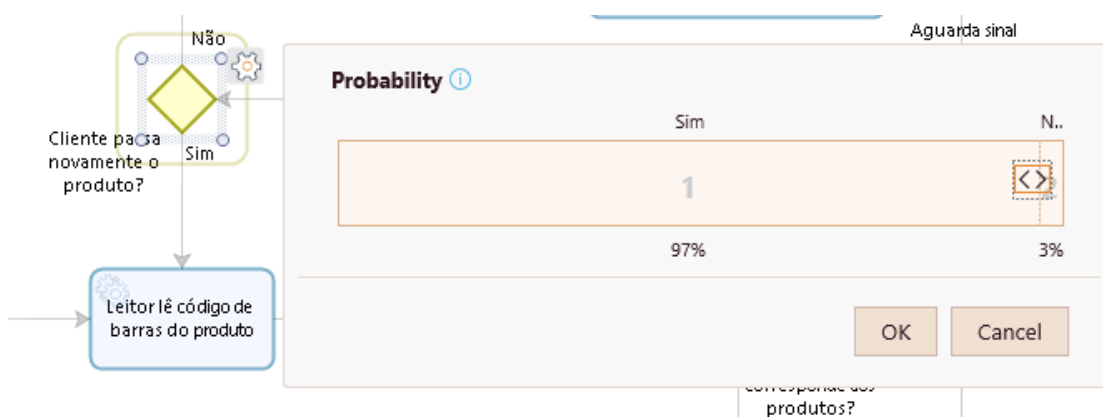


Figura 18 - Percentagem corresponde ao número de utilizadores que passam novamente os produtos para corrigir a situação incorreta

Considerando os parâmetros acima estipulados, os resultados alcançados encontram-se representados na Tabela 7. Como se procedeu anteriormente, os

resultados serão novamente expostos num plano geral, sendo posteriormente apresentados os nomes dos processos, o seu tipo e também as instâncias completas.

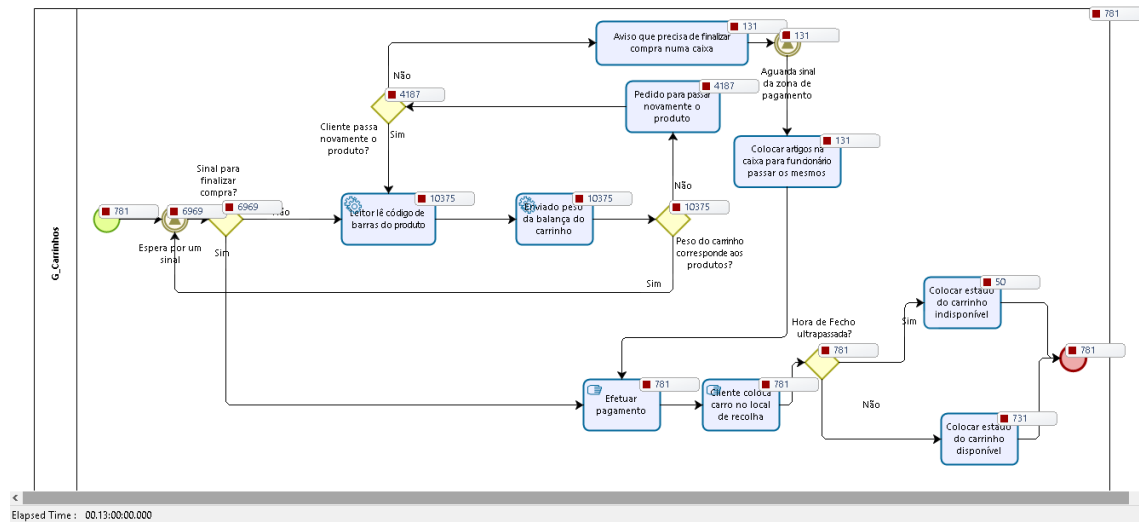


Figura 19 - Resultado da simulação do Cenário 4

Tabela 7 - Número de instâncias ocorridas em cada evento do processo na simulação do Cenário 4.

<b>Nome do Processo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Instâncias Completas</b>
G_Carrinhos	Process	781
Sinal para finalizar compra?	Gateway	6969
Espera por um sinal	Intermediate event	6969
Leitor lê código de barras do produto	Task	10375
Enviado peso da balança do carrinho	Task	10375
Peso do carrinho corresponde aos produtos?	Gateway	10375
Hora de Fecho ultrapassada?	Gateway	781
NoneEnd	End event	781
Efetuar pagamento	Task	781
Colocar estado do carrinho disponível	Task	731
Pedido para passar novamente o produto	Task	4187
Cliente passa novamente o produto?	Gateway	4187
Aviso que precisa de finalizar compra numa caixa	Task	131
Aguarda sinal da zona de pagamento	Intermediate event	131
Colocar artigos na caixa para funcionário passar os mesmos	Task	131
Colocar estado do carrinho indisponível	Task	50
Cliente coloca carro no local de recolha	Task	781
NoneStart	Start event	781

Na simulação do cenário 4, Figura 19 e Tabela 7, foi feita uma abordagem diferente, ou seja, neste cenário foi definido que metade dos produtos que passavam no carrinho estavam corretos, porém definiu-se que o cliente tinha uma alta disponibilidade para passar novamente os produtos. Então, no leitor de produtos de todos os carrinhos de compras foi passado um total de 10.375 artigos sendo que, deste número, 4.056 corresponde a produtos passados novamente pelos clientes. Deste modo, resultou num total de 650 carrinhos de compras, 83,22%, que, graças à integração de IoT nos mesmos e aliado à disponibilidade das pessoas a retificarem situações incorretas, necessitam



simplesmente de realizar o pagamento. Consequentemente, é possível reduzir o tempo que os clientes gastam a passar os artigos por uma caixa para apenas 8 horas.

#### 4.4. Discussão de Resultados

Através dos cenários criados anteriormente, que de certa forma foram criados de modo a balancear casos mais positivos e mais negativos, tentando fazer uma conjugação de possibilidades existentes, foi criada a Tabela 8. Num cenário sem este processo de negócio, poderia assumir-se que os 781 carrinhos de compras diários, multiplicados pelos 3 minutos que, em média, demoraria a um funcionário a passar os produtos presentes num carrinho, iria corresponder a um gasto total de 39,05 horas, o que se traduz num total de 5 funcionários trabalhariam trabalhar 8 horas diárias cada.

Tabela 8 - Comparação entre diferentes cenários.

	Cenário 0	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Percentagem de artigos inseridos sem sucesso na primeira tentativa	-	3%	30%	7%	50%
Percentagem de clientes que não corrigiam situação incorreta	-	5%	50%	50%	3%
Tempo poupado a passar artigos	0	38,3h	9,05	28h	31,05h
Nº de Funcionários necessários	5	1	4	2	1
Nº de carrinhos sem necessidade de retirar as compras	0	766	282	560	650
Nº de carrinhos com necessidade de retirar as compras	781	15	499	221	131

Terminada a simulação de diferentes cenários, mesmo sabendo que estes poderiam ter outros fatores que iriam influenciar os resultados, conseguiu retirar-se algumas conclusões bastantes interessantes. Sendo o cenário 0, cenário em que não existe qualquer tecnologia inserida no processo, podemos comparar o mesmo com cenários onde a tecnologia não iria funcionar no seu pleno, com taxas de aceitação dos artigos insignificantes, comparando ao avanço da área e que não fariam sentido para uma

implementação nesta área, mesmo assim seria possível criar uma vantagem competitiva. Ou seja, mesmo num cenário negativo a organização conseguiria poupar diariamente o custo de um funcionário. Porém, esta é a abordagem mais negativa. Comparando as restantes abordagens, verifica-se que o retorno retirado com uma implementação deste género, que permite automatizar a compra de produtos por parte dos clientes, é bem maior. Analisando ao detalhe um cenário onde esta implementação funcionaria em pleno, seria possível poupar num total de quatro funcionários de um total de cinco, que era os necessários no cenário 0, mesmo nos outros dois cenários que são adotadas abordagens onde a atitude das pessoas afeta o processo. No cenário 3 é partido do princípio que os clientes não estão disponíveis a passar um produto já inserido anteriormente, mas com erro algo que ocorre com pouca periodicidade devido que neste cenário é atribuído um nível de aceitação na passagem do produto bastante elevado (93%). Algo que no cenário 4 não acontece, neste cenário os produtos só 50% das vezes passam corretamente, mas contamos com um conjunto de clientes disponíveis para cooperar com a tecnologia e disponíveis para passar novamente o produto de forma a corrigir a situação. Em ambas as situações o proveito destas implementações para a loja é bastante significativo. Além disso, com a análise deste últimos dois cenários e os resultados obtidos é possível concluir que é preferível criar implementações que vão ao encontro dos utilizadores mesmo que isso resulte numa *performace* inferior.

## 5. CONCLUSÃO

Neste capítulo serão abordados os aspetos finais desta dissertação, descrevendo de uma forma resumida o trabalho realizado, bem como as principais conclusões que podem ser retiradas deste projeto. Além disso, serão descritas algumas limitações encontradas no desenrolar do projeto desenvolvido.

### 5.1. Trabalho realizado

O desenvolvimento deste projeto foi dividido em duas fases, sendo a primeira fase mais teórica e a segunda mais prática. A primeira fase, centrando-se na revisão de literatura sobre IoT e também a Indústria 4.0, juntamente com levantamento de informação sobre os processos de negócios e o BPM. A segunda já envolveu o desenvolvimento de um processo de negócio, assim como a simulação do mesmo.

Durante a revisão de literatura foi feito um acompanhamento da evolução tecnológica que existiu desde a primeira revolução industrial até ao momento atual, a 4.<sup>a</sup> revolução industrial. Nesta fase também foi feito um ponto de situação do IoT e como foi realizada a sua evolução desde o início desta década. Para tal, foi realizada uma comparação entre agendas criadas periodicamente que definiam os caminhos a seguir, tanto a nível de desenvolvimento, como também a nível de investigação. O resultado desta investigação sobre o ponto de situação do IoT, resultou num *short-paper*, *Internet-of-Things – Evolução das Agendas Estratégicas de Investigação*, publicado e apresentado na Conferência Ibérica de Tecnologias e Sistemas de Informação de 2016. Terminada esta fase, foi por fim abordado os processos de negócio, o BPM e ainda também o iBPM.

A segunda fase da dissertação envolveu a análise dos processos inerentes a uma ida ao hipermercado. Após essa análise, foi necessário definir quais os processos que poderiam integrar IoT de forma a automatizar o processo de negócio como um todo. Assim que finalizada essa fase de análise, foi elaborado o processo de negócio com suporte à ferramenta do Bizagi Modeler.

Por fim, com o processo de negócio fechado, foram feitas diferentes simulações com o propósito de testar diversos cenários. Alguns destes cenários foram criados com uma abordagem onde o número de erros era menor e outros que o número de erros ao longo do processo era maior. Acrescenta-se ainda que os cenários também eram influenciados pela vontade das pessoas colaborarem com a tecnologia, de forma a ser possível verificar quais as vantagens possíveis de retirar da integração de IoT no processo de negócio.

## **5.2. Contributos**

Terminado o desenvolvimento e analisando o resultado das simulações, é possível afirmar que uma implementação de IoT, mesmo quando a mesma não está otimizada e resulta em falhas, traduz-se em situações de benefício para a organização. Foi possível constatar que num processo de negócio que usa a tecnologia para agilizar os processos e envolve o contato com pessoas, é tão importante a assertividade do mesmo como a disponibilidade das pessoas em contribuir para corrigir quando a tecnologia erra. Mais ainda, através das simulações foi possível constatar que processos de negócio do mesmo género do exposto neste projeto, combinados com a evolução da tecnologia, resultam na substituição das pessoas por máquinas, ou seja, resultará no fim de muitas destas profissões. Assim, existe cada vez mais uma necessidade criar programas que reeduquem profissionalmente as pessoas, que neste momento se encontram a realizar as funções que num futuro próximo irão ser substituídas por máquinas, desta forma as mesmas estarão preparadas para novas funções aquando o desaparecimento das profissões atuais. Também, estas integrações de tecnologia nos processos, deverão permitir às organizações gerir melhor os seus recursos, explorando assim novos caminhos que resultem em valorização organizacional, e que até ao momento não era possível devido à falta de meios humanos.

Para finalizar este ponto, e de uma maneira um pouco generalizada, o trabalho descrito no presente documento é uma pequena amostra do que irá surgir nos próximos anos. O setor aqui retratado é uma pequena amostra pois teve a sua evolução estagnada durante um conjunto de anos. Atualmente, com a emersão da IoT, muitos desses processos serão revistos, permitindo assim a integração de dispositivos ao longo dos mesmos de forma a automatizá-los ao máximo, tentando, sempre que possível, que o processo de negócio não interaja com pessoas de forma ao seu fluxo ser o mais automático e previsível possível.

## **5.3. Dificuldades e limitações**

Ao longo do desenvolvimento deste projeto foram encontradas algumas dificuldades, inicialmente a interligação dos temas abordados, IoT, BPM e os processos, foi um ponto um pouco complexo devido a pouca informação existente, que relacionasse o que havia em comum entre os temas. Também a definição do processo de negócio encontrou alguns entraves, pois, devido a este contemplar diferentes pontos de controlo que funcionariam

com diferentes interações entre os carrinhos de compras e os diferentes recetores de sinal para receber os sinais. Para finalizar a entrada no mundo profissional, abordando novas tecnologias que ainda não tinha abordado ao longo do percurso académico, resultou numa escassez de tempo para concluir esta dissertação.

### **5.4. Trabalho Futuro**

Apesar da ideia de criação de um processo de negócio ter sido alcançada, o autor desta dissertação considera que seria interessante conseguir criar um conjunto de protótipos de carrinhos de compras com os sensores e uma balança no fundo, de forma a controlar o peso. Além disso, criar também os devidos pontos de controlo dentro de uma loja e tentar realizar uma implementação piloto, devido ao valor que isto poderia trazer para uma organização. Para isto ser possível, claro que era necessário uma pareceria com uma organização que tivesse uma infraestrutura estruturada para que pudesse suportar toda esta implementação necessária.

## REFERÊNCIAS

- About IERC. (2015). Retrieved from [http://www.internet-of-things-research.eu/about\\_ierc.htm](http://www.internet-of-things-research.eu/about_ierc.htm)
- Association of Business Process Management Professionals. (2013). Abmp. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Batchelor, R. (1994). *Henry Ford - Mass Production, Modernism, and Design*. Retrieved from [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=h3i7AAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PR8&dq=henry+ford+mass+production&ots=gJf3p3fovy&sig=0m\\_w5b3sMbG5vjtVYblg4nJF\\_jU&redir\\_esc=y#v=onepage&q=henry ford mass production&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=h3i7AAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PR8&dq=henry+ford+mass+production&ots=gJf3p3fovy&sig=0m_w5b3sMbG5vjtVYblg4nJF_jU&redir_esc=y#v=onepage&q=henry ford mass production&f=false)
- Brindle, S. (2013). *Brunel: The Man Who Built the World*. Retrieved from [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=35IVpmPC5VYC&oi=fnd&pg=PP5&dq=related:auAsv3m33LwJ:scholar.google.com/&ots=BG\\_8Lg1CTd&sig=0LCI8RtzKIKHtFn2siTx9TUflcU&redir\\_esc=y#v=onepage&q=locomotive&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=35IVpmPC5VYC&oi=fnd&pg=PP5&dq=related:auAsv3m33LwJ:scholar.google.com/&ots=BG_8Lg1CTd&sig=0LCI8RtzKIKHtFn2siTx9TUflcU&redir_esc=y#v=onepage&q=locomotive&f=false)
- Dayal, U., Eder, J., Koehler, J., & Reijers, H. A. (2009). *Business Process Management. New York*.
- Deering, S., & Hinden, R. (1998). Internet protocol, version 6 (IPv6) specification. *PhD Proposal, 1*, 1–39. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fisher, D. A. (1963). *The Epic of Steel. New York: Harper and Row*.
- Hermann, M.; Pentek, T. (2015). Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review, (1), 15. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Hilyard, J. (2012). *The Oil & Gas Industry: A Nontechnical Guide*. Retrieved from [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=F91w410iRLsC&oi=fnd&pg=PR2&dq=%2522gas+natural+history%2522&ots=1XFwGqS22G&sig=GiTd4iDbEpQYYWg6v1Y9xHPgnL8&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=F91w410iRLsC&oi=fnd&pg=PR2&dq=%2522gas+natural+history%2522&ots=1XFwGqS22G&sig=GiTd4iDbEpQYYWg6v1Y9xHPgnL8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Indústria 4.0 - COTEC. (2016). Retrieved from <http://www.indústria4-0.cotec.pt/#>
- International Telecommunication Union. (2013). ITU-T Y.2060 - Series Y: Global information infrastructure, internet protocol aspects and next-generation networks - Frameworks and functional architecture models - Overview of the Internet of things, 22.
- Internet of Things and Business Process Management – IoT & BPM. (2015). Retrieved

- from [https://blogs.oracle.com/acharyavivek/entry/internet\\_of\\_things\\_and\\_business](https://blogs.oracle.com/acharyavivek/entry/internet_of_things_and_business)
- Jensen, M. C. (1993). THE MODERN INDÚSTRIAL REVOLUTION, EXIT, AND THE FAILURE OF INTERNAL CONTROL SYSTEMS. *The Journal of Finance*. Retrieved from [http://papers.ssrn.com/sol3/paper.taf?ABSTRACT\\_ID=93988](http://papers.ssrn.com/sol3/paper.taf?ABSTRACT_ID=93988)
- Jonansson, H. J., Patrick Mchugh, J., & William, W. I. (1995). “Processos de negócios.” São Paulo: Pioneira.
- Keller, M., Rosenberg, M., Brettel, M., & Friederichsen, N. (2014). How Virtualization, Decentrazliation and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Indústria, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 8(1), 37–44.
- Khoshafian, S. (2016). Digital Transformation with Internet of Things in Intelligent BPM. Retrieved from <http://business-process-management.cioreview.com/cxoinsight/digital-transformation-with-internet-of-things-in-intelligent-bpm-nid-5951-cid-87.html>
- Kopetz, H. (2009). Internet of Things Strategic Research Roadmap, 307–323. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8237-7>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Lerner, M. (2012). Internet of Things 2012 New Horizons, 360. Retrieved from [http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IERC\\_Cluster\\_Book\\_2012\\_WEB.pdf](http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IERC_Cluster_Book_2012_WEB.pdf)
- Marrin, A. (2013). *Black Gold: The Story of Oil in Our Lives*. Retrieved from [https://books.google.pt/books?redir\\_esc=y&hl=pt-PT&id=7mDKZe6JB-YC&q=start#v=snippet&q=start&f=false](https://books.google.pt/books?redir_esc=y&hl=pt-PT&id=7mDKZe6JB-YC&q=start#v=snippet&q=start&f=false)
- McNeil, I. (1990). *An Encyclopedia of the History of Technology*. <https://doi.org/10.4324/9780203192115>
- Panagacos, T. (2012). *The Ultimate Guide to Business Process Management: Everything You Need to Know and How to Apply It to Your Organization*.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, (November 2014). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Rainer Schmid, M. M., Härting, R.-C., Reichstein, C., Neumaier, P., & Jozinović, P. (2015). Business Information Systems :18th International Conference, BIS 2015

- Poznań, Poland, June 24-26, 2015 Proceedings. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 208(June). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19027-3>
- Rodrik, D. (1997). Has globalization gone too far? *Challenge*, 41(2), 81–94. <https://doi.org/10.2307/41165897>
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing. *Boston Consulting*, (April), 1–5.
- Stankovic, J. A. (2014). Research Directions for the Internet of Things. *Internet of Things Journal, IEEE*, 1(1), 3–9. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2312291>
- Thiault, D. (2012). *Managing Performance Through Business Processes*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Vaishnavi, V., & Kuechler, B. (2004). Design Science Research in Information Systems Overview of Design Science Research. *Ais*, 45. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5653-8>
- Van, A., Gluhak, A., & Bahr, R. (2017). Internet of Things Cognitive Transformation Technology Research Trends and Applications, 17–96.
- Vermesan, O., & Friess, P. (2014). *Internet of Things Applications - From Research and Innovation to Market Deployment*. Retrieved from <https://books.google.com.br/books?id=kW2doAEACAAJ>
- Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Gusmeroli, S., Sundmaeker, H., Bassi, A., ... Pat, D. (2010). Internet of Things Strategic Research Roadmap. *Internet of Things Strategic Research Roadmap*, 9–52. [https://doi.org/http://internet-of-things-research.eu/pdf/IoT\\_Cluster\\_Strategic\\_Research\\_Agenda\\_2011.pdf](https://doi.org/http://internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Cluster_Strategic_Research_Agenda_2011.pdf)