



Universidades Lusíada

Fernandes, Tiago José Lopes

As PME em face da indústria 4.0 : estudo de caso - PME do distrito de Braga

<http://hdl.handle.net/11067/6493>

Metadados

Data de Publicação

2021

Resumo

As Pequenas e Médias Empresas (PME) representam, em Portugal, cerca de 99% do tecido empresarial. É, pois, relevante a sua importância para o bem-estar social e para a competitividade do País. No distrito de Braga, localizam-se cerca de 93.500 PME. A quarta revolução industrial constitui um desafio para as PME e revela-se, de todo prioritário, obter informação que, em contexto da Indústria 4.0 (I4.0), potencie novo conhecimento. Com este propósito foi desenvolvida uma investigação, cuja estratég...

Small and Medium Enterprises (SME) represent, in Portugal, around 99% of the business factory. Therefore, is relevant its importance for the social well-being and competitiveness of the country. In the District of Braga there are about 93,500 SME. The fourth industrial revolution is a challenge for SMEs revealing itself a priority to obtain information that, in the context of Industry 4.0 (I4.0), enhances new knowledge. With this purpose, an investigation was carried out, whose strategy and meth...

Palavras Chave

Engenharia, Indústria, Pequenas e Médias Empresas, Braga

Tipo

masterThesis

Revisão de Pares

no

Coleções

[ULF-FET] Dissertações

Esta página foi gerada automaticamente em 2024-04-29T18:15:15Z com informação proveniente do Repositório



**UNIVERSIDADE LUSÍADA – NORTE, *CAMPUS* VILA NOVA
DE FAMALICÃO**

**AS PME EM FACE DA INDÚSTRIA 4.0.
ESTUDO CASO – PME DO DISTRITO DE BRAGA**

Tiago José Lopes Fernandes

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

Vila Nova de Famalicão, 2021



**UNIVERSIDADE LUSÍADA – NORTE, CAMPUS VILA NOVA
DE FAMALICÃO**

**AS PME EM FACE DA INDÚSTRIA 4.0.
ESTUDO CASO – PME DO DISTRITO DE BRAGA**

Tiago José Lopes Fernandes

Orientador: Professor Doutor Manuel Ferreira Rebelo

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

Vila Nova de Famalicão, 2021

Agradecimentos

A presente dissertação, data, para já, o final do meu percurso académico e por isso gostava de fazer alguns agradecimentos, a pessoas que se revelaram importantes ao longo deste percurso.

Professor Manuel Ferreira Rebelo, obrigado por me ter orientado e acompanhado neste desafio chamado dissertação, pela disponibilidade, incentivos, conselhos e ajuda.

Mãe, Pai, obrigado por me ajudarem a tornar a pessoa que sou, por me ouvirem e aconselharem em todos os momentos, por me acompanharem sempre ao longo de todos os anos.

Sara, obrigado pelos conselhos preciosos, pela total disponibilidade e encorajamento naqueles momentos mais cruciais desta difícil jornada, bem como pela leitura crítica, honesta e atenta das versões preliminares da minha dissertação, contribuindo para o seu aperfeiçoamento. Obrigado por seres minha irmã.

Ana, obrigado por seres tu. Por todo o apoio e amor que nos une, por todos os momentos bons e menos bons, por me acompanhares durante estes anos. Sei que o continuarás a fazer e não quero de outra forma. Obrigado por tudo o que me tens dado e tudo o que temos vivido.

Um muito obrigado a todas PME do distrito de Braga que tendo sido recetivas ao inquérito por questionário, respondendo ao mesmo, contribuíram de forma decisiva para a concretização da minha Dissertação.

Índice geral

Agradecimentos	ii
Índice geral	iii
Índice de figuras	v
Índice de gráficos.....	vi
Índice de tabelas	vii
Resumo	viii
Abstrat	ix
Lista de abreviaturas	x
Lista de termos e definições	xi
1. Introdução.....	13
1.1. Enquadramento.....	13
1.2. Motivação.....	14
1.3. Objetivos.....	15
1.3.1. Objetivo geral.....	15
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
1.4. Questões de investigação.....	15
1.5. Metodologia de trabalho.....	16
1.6. Resultados esperados.....	16
1.7. Estrutura da dissertação.....	17
2. O distrito de Braga.....	18
2.1. Informações gerais.....	18
2.2. Atividade económica.....	18
2.3. Tecido empresarial.....	19
2.4. Posicionamento e caracterização das PME.....	20
3. Revisão da literatura.....	21
3.1. Pequenas e médias empresas.....	21
3.1.1. Conceito.....	21
3.2. As revoluções industriais.....	24
3.3. A Indústria 4.0.....	26
3.4. A evolução tecnológica e a gestão de riscos - Normas de suporte às organizações.....	43
3.5. Impacto da indústria 4.0 no desempenho das organizações e criação de valor.....	44
3.6. A indústria 4.0 no suporte à implementação de práticas lean manufacturing.....	46
3.7. Drivers e barreiras na utilização da indústria 4.0.....	50
3.8. Riscos (ameaças e oportunidades) da indústria 4.0.....	52
3.9. Indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas.....	55

3.9.1. Desafios da adoção das tecnologias da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas.....	55
3.9.2. Fatores que afetam a implementação da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas.....	57
3.9.3. Problemas relacionados com a implementação da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas.....	58
3.9.4. Dificuldades na implementação da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas.....	59
3.9.5. Motivações para a implementação da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas.....	60
3.9.6. Benefícios decorrentes da implementação da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas.....	62
3.9.7. Fatores críticos de Sucesso na implementação da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresa.....	64
4. Metodologia e o método de investigação.....	69
4.1. Metodologia de investigação.....	69
4.2. Método de investigação.....	70
4.2.1. A pesquisa desenvolvida.....	70
4.2.2. O questionário.....	71
4.3. Caraterização das empresas inquiridas.....	72
4.4. Recolha da informação, sua análise e apresentação.....	73
5. Apresentação e discussão de resultados do inquérito por questionário.....	74
5.1. Apresentação dos resultados do inquérito.....	74
6. Conclusões e recomendações.....	98
6.1. Conclusões Gerais.....	98
6.2. Recomendações para Investigação futura.....	100
Bibliografia.....	101
Referências bibliográficas.....	101
Netgrafia.....	117
Anexos.....	118
Anexo I – Cronograma de atividades.....	119
Anexo II – E-mail.....	120
Anexo III – Questionário.....	121

Índice de figuras

Figura 1: Revoluções industriais.	25
Figura 2: Os nove pilares da Indústria 4.0.....	31
Figura 3: Toyota Production System;.....	47

Índice de gráficos

Gráfico 1: Principais atividades económicas do distrito de Braga.....	19
Gráfico 2: Principais atividades económicas do distrito de Braga.....	19
Gráfico 3: Número de Empresas não financeiras presentes no distrito de Braga.....	20
Gráfico 4: Número de Empresas não financeiras presentes no distrito de Braga.....	20
Gráfico 5: Evolução do número de PME em Portugal, 2009 – 2019.....	22
Gráfico 6: Percentagem de PME dividida por zona territorial;.....	23
Gráfico 7: Número de PME nos municípios do distrito de Braga.....	24
Gráfico 8: Código de atividade económica (CAE).....	74
Gráfico 9: Localidade das PME respondentes.....	76
Gráfico 10: Número de pessoas na empresa.....	77
Gráfico 11: Implementação das tecnologias da I4.0 pelas PME respondentes.....	77
Gráfico 12: PME respondentes que tencionam voltar a implementar alguma tecnologia da I4.0.....	81
Gráfico 13: Recolha dos dados dos equipamentos e processos.....	82
Gráfico 14: Processo de recolha dos dados.....	82
Gráfico 15: Utilização dos dados recolhidos.....	83
Gráfico 16: Gráfico de apoio à tabela 14.....	85
Gráfico 17: Impacto da implementação das tecnologias da Indústria 4.0.....	86
Gráfico 18: Potenciais motivações para a implementação da Indústria 4.0.....	89
Gráfico 19: Potenciais benefícios da implementação da Indústria 4.0.....	92
Gráfico 20: Potenciais fatores críticos da implementação da Indústria 4.0.....	95

Índice de tabelas

Tabela 1: Lista de termos e definições.	xi
Tabela 2: Estrutura da dissertação e breve descrição dos conteúdos	17
Tabela 3: Número de PME e grandes empresas no distrito de Braga.	20
Tabela 4: Distinção entre micro, pequenas e médias empresas.....	21
Tabela 5: Três principais funções da computação em nuvem;.....	34
Tabela 6: Tipos de Integração de sistemas.	41
Tabela 7: Principais barriras da implementação da I4.0.....	51
Tabela 8: Riscos Associados à Indústria 4.0.	52
Tabela 9: Principais benefícios decorrentes da implementação da I4.0.	62
Tabela 10: Resposta à questão 2.8.....	78
Tabela 11: Resposta à questão 2.9.....	79
Tabela 12: Resposta à questão 2.10.....	79
Tabela 13: Resposta à questão 2.11.....	80
Tabela 14: O nível de implementação das tecnologias da Indústria 4.0 nas PME respondentes.	84
Tabela 15: Respostas das PME sobre o impacto da implementação das tecnologias da I4.0.	86
Tabela 16: Respostas sobre as potenciais motivações para a implementação da I 4.0.	88
Tabela 17: Respostas sobre os potenciais benefícios da implementação da I4.0.....	91
Tabela 18:Respostas sobre os potenciais fatores críticos da implementação da I4.0.....	94

Resumo

As Pequenas e Médias Empresas (PME) representam, em Portugal, cerca de 99% do tecido empresarial. É, pois, relevante a sua importância para o bem-estar social e para a competitividade do País. No distrito de Braga, localizam-se cerca de 93.500 PME. A quarta revolução industrial constitui um desafio para as PME e revela-se, de todo prioritário, obter informação que, em contexto da Indústria 4.0 (I4.0), potencie novo conhecimento. Com este propósito foi desenvolvida uma investigação, cuja estratégia e método tiveram em conta o estudo de caso suportado num inquérito por questionário, junto de 466 PME industriais daquele Distrito. 52 (11%) PME responderam, tendo sido considerados válidos 47 (10%) questionários. A investigação tem como fundamentação teórica diversos temas que no âmbito do I4.0 foram publicados em Revistas Internacionais, com revisão por pares. São vários e relevantes os resultados obtidos. Destes, são exemplo: (i) 47% das PME respondentes têm já e 53% ainda não têm implementado qualquer dos nove tipos de tecnologias que suportam a I4.0; e (ii) que, de treze potenciais fatores críticos de sucesso para a implementação da I4.0, “a formação e qualificação das Pessoas” é considerado o mais relevante. São formuladas propostas para investigação futura, no sentido de dar continuidade à criação de novo conhecimento no âmbito dos processos de transformação tecnológica nas PME. Em face da revisão de literatura e para o nosso melhor conhecimento, o estudo de caso é pioneiro como seja ao nível da caracterização, no presente e para o futuro, das PME objeto de estudo, em face da I4.0.

Palavras-chave: Distrito de Braga; Fábrica Inteligente; Indústria 4.0; Pequenas e Médias Empresas; Tecnologias da I4.0

Abstrat

Small and Medium Enterprises (SME) represent, in Portugal, around 99% of the business factory. Therefore, is relevant its importance for the social well-being and competitiveness of the country. In the District of Braga there are about 93,500 SME. The fourth industrial revolution is a challenge for SMEs revealing itself a priority to obtain information that, in the context of Industry 4.0 (I4.0), enhances new knowledge. With this purpose, an investigation was carried out, whose strategy and method took into account the case study supported by a questionnaire survey, among 466 industrial SME of that District. 52 (11%) SME answered, and 47 (10%) questionnaires were considered valid. The investigation has as theoretical foundation several themes that within the scope of I4.0 have been published in International Journals, with peer review. There are several and relevant obtained results. Examples of these are: (i) 47% of the responding SMEs have already and 53% have not yet implemented any of the nine types of technologies that support I4.0; and (ii) that out of a set of thirteen potential critical success factors for the implementation of I4.0, "the training and qualification of People" is considered the most relevant. Are formulated proposals for future research, in order to continue the creation of new knowledge in the context of technological

transformation processes in SME. Considering the literature review and the best of our knowledge, the case study is pioneer, at the level of characterization, in the present and for the future, of the SME object of study, in view of the I4 .0.

Keywords: District of Braga; Smart Factory; Industry 4.0; Small and Medium Enterprises; I4.0 Technologies.

Lista de abreviaturas

APCER	Associação Portuguesa de Certificação
CAE	Código de Atividade Económica
CCDR-N	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte
CE	Comissão Europeia
ERM	<i>Enterprises Risk Management</i>
EVEGI	Encontro Virtual de Engenharia e Gestão Industrial
I4.0	Indústria 4.0
INE	Instituto Nacional de Estatística
IPQ	Instituto Português da Qualidade
IS	Integração de Sistemas
ISQ	Instituto de Soldadura e Qualidade
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IoT	<i>Internet of things</i> / Internet das coisas
Km²	Quilómetros quadrados
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PME	Pequenas e Médias Empresas
RA	Realidade Aumentada
SEBREA	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TI	Tecnologias de Informação
UE	União Europeia
UGT	União Geral de Trabalhadores
UL	Universidade Lusíada
€	Euro
US\$	Dólares americanos

Lista de termos e definições

Revelando-se que a necessidade de definições claras é sempre útil para que se estabeleça uma boa comunicação sobre um dado tema suportada numa linguagem comum (Wilkinson & Dale, 1999)), referenciam-se na Tabela 1 alguns termos e correspondentes definições, tidas como relevantes para um melhor entendimento e adoção de um vocabulário e linguagem comuns no âmbito da presente Dissertação.

Tabela 1: Lista de termos e definições.

Termos	Autores	Definição
Indústria 4.0	(Amaral, 2016)	Consiste na fusão de métodos de produção com os mais recentes desenvolvimentos na tecnologia de informação e comunicação;
	(Avis, 2018)	Novo paradigma tecnológico de digitalização e automação no ambiente industrial, que vai desde o design do produto até ao processo de fabricação do mesmo, e onde estes processos passam a estar assentes num desenvolvimento tecnológico e digital, através das tecnologias da Indústria 4.0, que permitirão a conexão de pessoas, equipamentos e produtos, bem como a cooperação entre eles,
	(Birkel et al., 2019)	Assenta na adoção de tecnologias digitais que, em tempo real, reúnem e analisam dados, produzindo informação de modo a conduzir todo o sistema de produção;
Pequenas e médias empresas	(Comissão Europeia, 2015)	Empresas constituídas por um número máximo de 250 pessoas, e onde o volume de negócio anual não supere os 50 milhões de € ou cujo balanço total anual não ultrapasse os 43 milhões de €;
Internet das coisas	(Mattern & Floerkemeier, 2010)	A IoT representa uma visão segundo a qual a internet se estende ao mundo real por meio de objetos do cotidiano.
	(Azevedo, 2016)	Tecnologia que permite equipamentos eletrónicos, utilizados no cotidiano, conectarem-se à internet, o que possibilita a integração entre o mundo real e o virtual;
	(INE, 2020)	Conjunto de dispositivos ou sistemas interconectados na internet que recolhem e partilham dados, podendo ser monitorizados e controlados remotamente.
<i>Dig data and analytics</i>	(Akerkar, 2014)	Campo emergente onde as tecnologias inovadoras oferecem alternativas para resolver os problemas inerentes que aparecem quando se trabalha com dados massivos, oferecendo novas maneiras de reutilizar e extrair valor a partir de informações

(Continuação)

(Continuação)

Termos	Autores	Definição
<i>Dig data and analytics</i>	(Nascimento et al., 2018)	Dados que não podem ser tratados e processados como antigamente, devido às suas dimensões de volumes, características e variedade
	(Gonçalves, 2017)	Conjunto de dados recolhidos, analisados, substituídos por construções matemáticas, classificados numericamente e identificados por via de um índice para orientar decisões;
Cibersegurança	(Reid & Van Niekerk, 2014)	Conjunto de ferramentas, políticas, conceitos de segurança, guias, abordagens de gestão de risco, melhores práticas, tecnologias que podem ser utilizadas para proteger o ciberespaço, organizações e utilizadores. Computadores, infraestruturas, serviços de sistemas de telecomunicações também devem ser protegidos, uma vez que guardam informação relevante no ciberespaço
	(Steinberg, 2020)	Consiste na proteção e defesa de sistemas, redes e programas no ciberespaço contra possíveis ataques maliciosos, nomeadamente através da aplicação de normas, regulamentos, encriptação, de forma a se conseguir evitar possíveis danos, sejam estes a nível de hardware ou de software;
	(Gourisetti et al., 2020)	Utilizada para garantir determinadas propriedades de segurança, para se evitarem possíveis riscos no ciberespaço, tal como, integridade, disponibilidade e confidencialidade;
Servitização	(Ren & Gregory, 2007)	Processo de mudança da estratégia de negócio a partir da qual as indústrias adotam uma orientação para serviços e/ou desenvolvem mais e melhores serviços com o intuito de satisfazer as necessidades dos clientes, obter vantagens competitivas e melhorar seu desempenho;
	(Kastalli et al., 2013)	Desenvolvimento da capacidade de inovação de uma organização cuja estratégia esteja limitada à oferta de produtos para passar a oferecer sistemas produto-serviço, o que levaria a uma melhor satisfação das necessidades dos clientes e a um menor risco de ser afetado pela armadilha da comoditização;
	(Barbosa Mendes & Tammela, 2017)	Iniciativa das indústrias, no sentido de aumentar a sua oferta de valor aos clientes através da integração de serviços relacionados com os produtos que do seu portfolio tradicional.

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Atualmente, o mundo em geral e as empresas no particular já não enfrentam, só os desafios da competitividade e do desenvolvimento sustentável. Seguramente, enfrentam também avanços tecnológicos em digitalização e automação. É designada como Quarta Revolução Industrial, ou seja, a Indústria 4.0 (I4.0), a qual se traduz na integração horizontal de: Produtos; Serviços; Diferentes partes interessadas (sejam os Clientes, Colaboradores ou Fornecedores); e os Equipamentos de Produção que estão integrados numa rede virtual e trocam informação dentro e entre as diferentes fases do ciclo de vida de realização de um Produto ou Serviço (Stock & Seliger, 2016).

A quarta revolução industrial estimula transformações profundas, não só na indústria, mas também na comunidade, na economia, nos valores do relacionamento interpessoal, na tomada de decisão, na inovação, nas redes sociais, nas plataformas digitais, entre outras. No entanto, o mundo caminha a velocidades diferentes, aumentando cada vez mais a disparidade entre grandes indústrias com tecnologias avançadas e as demais (Stock & Seliger, 2016). Então e ainda de acordo com este autor é necessário perceber as oportunidades e as ameaças de forma a melhor criar vantagem competitiva (Stock & Seliger, 2016).

Contudo, apesar de todas as vantagens que podem acompanhar a implementação das tecnologias da I4.0, existem alguns desafios que ainda precisam de ser ultrapassados relativamente à requalificação de recursos humanos, cibersegurança, investimentos significativos em novas tecnologias, colaboração entre pessoas (desde o chão de fábrica, serviços informáticos até à gestão), normalização e modernização de novas tecnologias de informação (CGI, 2017)

A I4.0 é uma transformação metodológica e tecnológica do processo de produção, então, é necessário determinar qual é o ponto de partida, decidir o objetivo a atingir e definir a forma de reunir e organizar esforços para construir o caminho, sendo necessário ter presente que estas tecnologias da I4.0 possibilitam em muitos casos, que as pequenas e médias empresas (PME) possam passar de processos tradicionais para processos mais tecnológicos e avançados. Este avanço nas tecnologias irá permitir processos mais eficientes; redução nos consumos de energias; minimização de desperdícios; e produtos de elevada customização (Sierra, 2016).

Portanto as fábricas serão progressivamente mais automatizadas, com sistemas que as ligam entre si e transferem informação, em tempo real, de umas para as outras, e, por

consequente, tornar-se-ão em empresas mais pequenas, e localizadas mais próximo dos consumidores (Sierra, 2016).

São as empresas que devem decidir se devem analisar as mudanças nos mercados e apropriar as suas estratégias de forma a beneficiar das oportunidades da I4.0. Aos gestores cabe preparar as empresas para a transformação digital, com os melhores recursos e a estrutura adequada, de forma a dar resposta aos desafios que se aproximam (Pinheiro, 2016).

Através desta dissertação será realizado um estudo nas PME industriais do distrito de Braga, onde se pretende perceber qual o estado das mesmas em relação à indústria 4.0.

Perceber se as PME utilizam as tecnologias da I4.0, se recolhem a informação disponibilizada pelos equipamentos, perceber qual a utilidade da informação recolhida, compreender quais as motivações, benefícios e fatores críticos de sucesso para que ocorra uma boa implementação da I4.0.

1.2. Motivação

A motivação para o desenvolvimento da dissertação enquadra-se no referido no ponto 1.1, anterior, bem como no facto de que:

- a) O tema posiciona-se numa área de Investigação da atualidade, potenciador de novo conhecimento, o qual uma vez disponibilizado, transferido e aplicado nas empresas, colmatará lacunas seguramente existentes e potenciará a melhoria da sua gestão operacional e competitividade rumo ao sucesso sustentado dos negócios;
- b) Acresce ser um tema, que ainda é abordado de forma superficial, quer no ensino, quer pelas próprias empresas, sendo que, claramente, na atualidade e no futuro próximo o sucesso das mesmas decorrerá daquilo que os seus profissionais, como sejam os de engenharia e gestão industrial, tenham para oferecer designadamente em termos de: novo conhecimento; novas competências e capacidade para inovar, na circunstância recorrendo da I4.0 nas diferentes tecnologias que a suportam;
- c) Constitui-se, por si só, um tema desafiador, que implicará também o contacto próximo com empresas dando, nesta perspetiva, a possibilidade de um relacionamento com as mesmas de forma empenhada, assertiva e persistente; e
- d) Acresce ser também expectativa de uma evolução pessoal e como, prestando também, com a investigação que vier a realizar versus resultados alcançados, um contributo para elevar o atual nível de conhecimento e consequentemente o desempenho global das empresas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo geral

Diagnosticar, analisar e caracterizar as PME industriais do distrito de Braga no que se refere ao nível atual de aplicação de tecnologias e processos da I4.0, apresentando possíveis propostas de evolução futura.

1.3.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos decorrem do objetivo geral sendo relevados os seguintes:

- a) Elevar o atual nível sobre o conhecimento do tecido empresarial do distrito de Braga no que se refere à I4.0 e tecnologias que a suportam;
- b) Percecionar os fatores críticos de sucesso associados ao processo de aplicação de tecnologias e processos da I4.0;
- c) Percecionar o entendimento que, as empresas têm relativamente à I4.0;
- d) Potenciar a identificação de possíveis conclusões e recomendações que, numa perspetiva de sucesso sustentado e competitividade industrial, possam suportar as empresas em face dos desafios de evolução tecnológica com que se deparam; e

Acresce que constitui um propósito, enquadrado no âmbito do presente trabalho de dissertação, a elaboração um artigo científico que possa ser submetido a uma revista Internacional, reconhecida. Tal facto, por si só, constitui-se como uma motivação para o devido desenvolvimento de toda a dissertação.

1.4. Questões de investigação

Através da investigação que se pretende realizar através da dissertação a realizar, o investigador procura responder as seguintes questões:

- a) Qual o estado das PME do distrito de Braga face à I4.0?
- b) Quais as tecnologias chave da I4.0, que as PMEs do distrito conhecem e têm implementadas no seio da empresa e qual o seu impacto?
- c) Quais os motivos da implementação da I4.0 nas PME do distrito de Braga?
- d) Quais os benefícios da I4.0 que as PME apontam como mais relevantes?
- e) Quais os principais fatores críticos apontados pelas PME? e
- f) Qual a utilidade dos dados que as empresas recolhem através das tecnologias da I4.0?

1.5. Metodologia de trabalho

A metodologia de trabalho da presente dissertação está descrita num plano de atividades, representado em forma de cronograma, apresentado no Anexo I, onde são descritas todas as atividades a realizar, e em que períodos se pretende realizar as mesmas.

Primeiramente, e através da revisão de literatura, será explicada a problemática e os objetivos do estudo, suportada por 243 artigos, de diversos autores, com temas relacionados com tema escolhido para a presente dissertação, o que permitirá compreender o que se pretende com este estudo, bem como contextualizar e justificar a escolha dos métodos e dos instrumentos de investigação escolhidos para o processo de recolha de dados.

A presente dissertação irá seguir a metodologia quantitativa visto que esta considera que todos os dados são quantificáveis e podem ser traduzido em números ou informações para serem classificados e analisados, normalmente utilizando métodos estatísticos (Reis, 2011). O objetivo da pesquisa quantitativa é quantificar dados e generalizar as respostas da amostra para a população alvo (Kahle & Malhotra, 1994).

Então será realizado um inquérito, por questionário, sendo que no sentido do desenvolvimento do trabalho, serão selecionadas empresas através da utilização do método de amostragem não casual, na circunstância a amostragem por conveniência (Hill & Hill, 2012). Um questionário é um instrumento de pesquisa que permite, de certa forma confirmar ou infirmar as hipóteses de investigação (Freixo, 2012)

1.6. Resultados esperados

Através da presente investigação, serão apresentados os seguintes resultados esperados:

- a) Percecionar quais as tecnologias da I4.0 que são mais utilizadas pelas PME do distrito de Braga, e quais são as que têm um maior impacto no seio das organizações inquiridas;
- b) Percecionar o entendimento que, as PME têm relativamente à I4.0 e aos seus benefícios e fatores críticos, e ainda perceber quais são os seus motivos para implementar este tipo de tecnologias; e
- c) Potenciar a identificação de possíveis conclusões e recomendações que, numa perspetiva de sucesso sustentado e competitividade industrial, possam suportar as PME em face dos desafios de evolução tecnológica com que se deparam.

1.7. Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos. Na tabela 1 seguinte, apresenta-se uma breve descrição dos correspondentes conteúdos.

Tabela 2: Estrutura da dissertação e breve descrição dos conteúdos

Capítulos	Breve descrição
Capítulo 1 Introdução (Página 12 a 16)	<ul style="list-style-type: none">- Enquadramento do tema: são apresentadas as motivações e os objetivos pretendidos com a realização da mesma.- Breves abordagens sobre as questões de investigação, a metodologia de trabalho, dos resultados esperados e da estrutura da dissertação.
Capítulo 2 O distrito de Braga (Página 17 a 19)	<ul style="list-style-type: none">- Estudo sobre atividade económica e o tecido empresarial do distrito de Braga, e qual o posicionamento e caracterização das PME localizadas no distrito.
Capítulo 3 Revisão de literatura (Página 20 a 16)	<ul style="list-style-type: none">- Esclarecimento do que são pequenas e médias empresas e o panorama das mesmas na Europa, em Portugal e no distrito de Braga.- Enquadramento sobre as revoluções industriais.- Aprofundar o conhecimento sobre a I4.0, qual o impacto nas organizações e criação de valor, quais os seus drivers e barreiras e quais as suas ameaças e oportunidades.- Relacionar a I4.0 com as PME, para descobrir, os desafios da adoção desta tecnologia, as dificuldades da sua implementação, quais as motivações, benefícios e fatores críticos de sucesso.
Capítulo 4 Metodologia e o método de investigação (Página 12 a 16)	<ul style="list-style-type: none">- Abordar a metodologia e o método de investigação.- Realizar uma caracterização das empresas inquiridas, a recolha de informação, a análise e a apresentação dos dados.
Capítulo 5 Apresentação e discussão de resultados (Página 12 a 16)	<ul style="list-style-type: none">- Apresentação dos resultados obtidos pelo investigador.
Capítulo 6 Discussão – Conclusões e recomendações (Página 12 a 16)	<ul style="list-style-type: none">- São apresentadas as principais conclusões e as recomendações, referenciando recomendações para possíveis trabalhos futuros.

2. O distrito de Braga

2.1. Informações gerais

O distrito de Braga ocupa a parte Sul da região denominado como o Minho e é limitada a norte pelo distrito de Viana de Castelo e por Espanha, a leste pelo distrito de Vila Real, a sul pelo distrito do Porto e a oeste pelo oceano atlântico (Infopédia, 2020).

Abrange uma área de 2.693 km², composto por 14 municípios, sendo estes: Amares, Barcelos, Braga, Cabeceiras de Basto, Celorico de Basto, Esposende, Fafe, Guimarães, Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho, Vila Nova de Famalicão, Vila Verde, Vizela e Terras de Bouro (Infopédia, 2020).

É um distrito heterogéneo, não só marcada pela diversidade territorial, como também marcada por uma certa dicotomia entre concelhos de matriz mais urbana (Braga, Barcelos, Esposende, Guimarães, Vila Nova de Famalicão e Vizela) e concelhos mais rurais (Terras de Bouro, Vieira do Minho, Cabeceiras de Basto e Celorico de Basto) visíveis no território (I. A. T. Amorim, 2005).

Este Distrito tem cerca de 846.515 habitantes, número encontrado através do último censo realizado em Portugal, censos estes que são realizados em toda a Europa, em todos os anos terminados em um (INE, 2021).

Segundo a Pordata (2021), em média, cerca de 68% da população residente no distrito de Braga, faz parte da população ativa, isto é, tem mais de 15 anos e menos de 64, sendo Vizela o município com uma maior percentagem de população ativa de 71% e o município com menor população ativa é Terras de Bouro com uma média de 62% dos habitantes.

2.2. Atividade económica

A economia do distrito de Braga depende essencialmente do comércio e da indústria. O distrito constitui uma das áreas industriais mais importantes do país, sendo responsável por uma percentagem significativa das exportações nacionais. Os concelhos de Braga, Vila Nova de Famalicão e Guimarães são os que apresentam uma maior implantação industrial. São de destacar as indústrias têxtil, tecnológica, de engenharia, metalúrgica, de cutelaria, de curtumes, de material elétrico, de pneus, de calçado, de alimentação, de mobiliário e de transformação de madeiras (UGT, 2018).

Também é um distrito procurado por muitos turistas por se tratar de uma zona do país muito histórica e simbólica, e com uma gastronomia muito típica da região.

As zonas turísticas mais exploradas situam-se no Bom Jesus, no Sameiro, no centro histórico das cidades de Braga e Guimarães, na Penha e no Gerês (Infopédia, 2020).

Principais atividades económicas do distrito de Braga

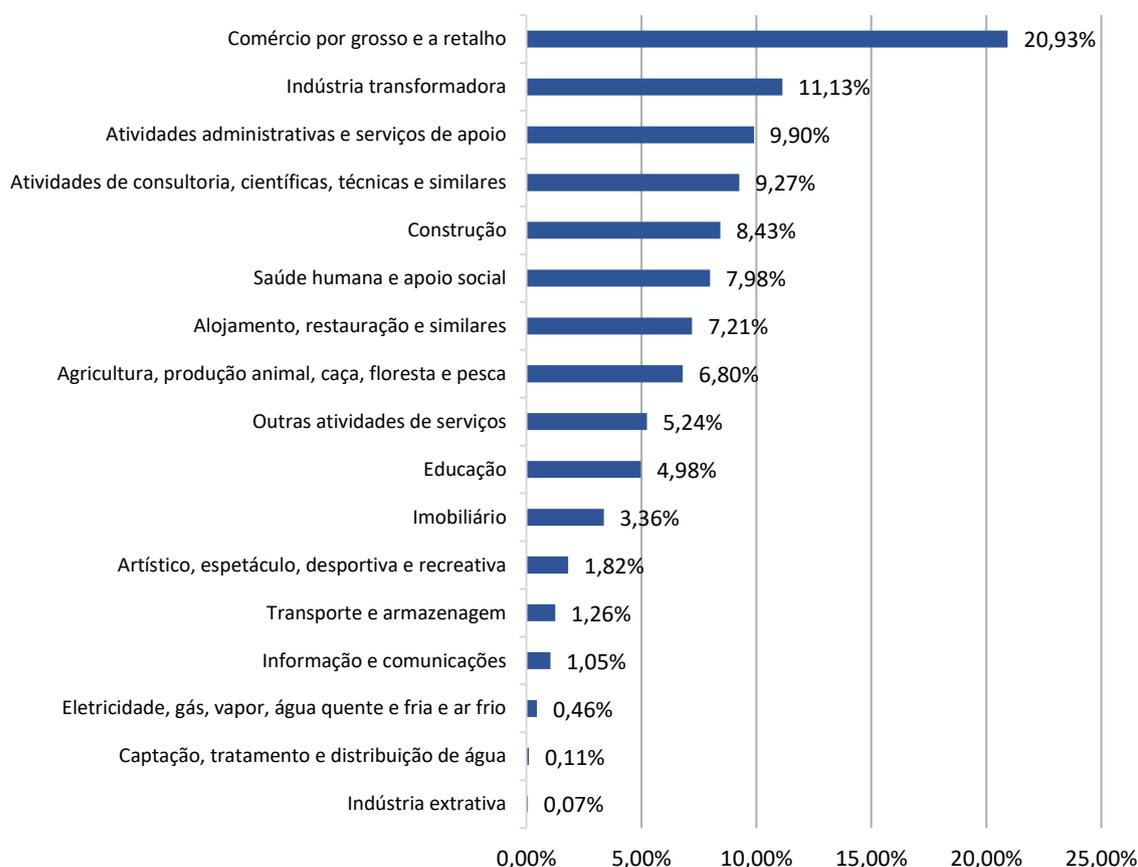


Gráfico 1: Principais atividades económicas do distrito de Braga.

Fonte: <https://www.pordata.pt/Portugal/Empresas+total+e+por+sector+de+atividade+econ%C3%B3mica-2856>

Possui ainda algumas Universidades, como as Universidades do Minho, Lusíada, Lusófona e Institutos Politécnicos como o Instituto Politécnico do Cávado e do Ave e a Cooperativa de Ensino Superior Politécnico e Universitário, que ajudam no dinamismo, crescimento e inovação, e que atraem estudantes de todas as regiões do País, o que, juntamente com o desenvolvimento do turismo, contribui para a evolução do comércio e dos serviços, fundamentais para a economia do distrito (Infopédia, 2020).

2.3. Tecido empresarial

Através de dados da Pordata (a) (2020), verifica-se que no ano de 2019, em Braga, existiam de 93.446 empresas não financeiras, sendo estas agentes económicos dedicados à produção de bens e serviços, que estabelecem importantes relações com o Estado e com as entidades financeiras e podem ser sociedades ou empresas individuais (Economias, 2018).

Segundo dados da Pordata (a) (2020), estão empregues 343.219 pessoas, em todas as empresas não financeiras explícitas no gráfico.

Número de empresas não financeiras no distrito de Braga

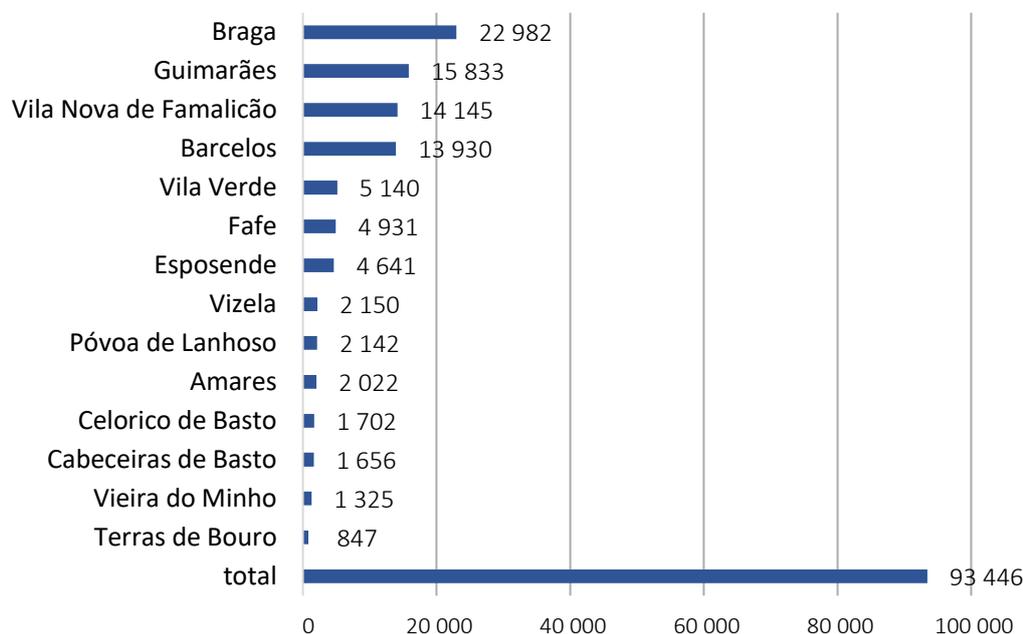


Gráfico 3: Número de Empresas não financeiras presentes no distrito de Braga.

Fonte: <https://www.pordata.pt/Municipios/Empresas+n%C3%A3o+financeiras+total+e+por+dimens%C3%A3o-916>

2.4. Posicionamento e caracterização das PME

Como indicado no ponto anterior, existem de 93.446 empresas não financeiras no distrito de Braga, e através dos dados referidos conclui-se também que 93.371 são PME e 75 são consideradas grandes empresas, isto quer dizer que as PME representam 99.9% do tecido empresarial do distrito de Braga, partilhando assim a mesma percentagem que a Europa e Portugal. As atividades económicas com um maior número de PME são o comércio por grosso e a retalho e a indústria transformadora (Pordata (a), 2020).

Tabela 3: Número de PME e grandes empresas no distrito de Braga.

Nº de PME e Grandes empresas no distrito de Braga no ano de 2019	Total de Empresas	Dimensão	
		PME	Grandes
	93446	93 371	75

Fonte: <https://www.pordata.pt/Municipios/Empresas+n%C3%A3o+financeiras+total+e+por+dimens%C3%A3o-916>

Sabe-se que 95% das empresas têm menos de dez colaboradores. O ponto apresentado será melhor aprofundado, no ponto 3.1.4- As Pequenas e Médias Empresas do distrito de Braga, no capítulo terceiro- Revisão de Literatura (Pordata (a), 2020).

3. Revisão da literatura

No capítulo seguinte será realizado uma revisão de literatura que irá abordar o conceito de PME, qual a situação das mesmas na Europa e em Portugal. Irá ser abordado também o tema da I4.0, onde será descrito quais as tecnologias da I4.0, as barreiras, os benefícios, as motivações para a implementação da I4.0 e quais os fatores críticos de sucesso da implementação da I4.0.

3.1. Pequenas e médias empresas

3.1.1. Conceito

Existem vários conceitos para PME, no entanto este estudo, irá utilizar o conceito mais adequado ao seu enquadramento geográfico e político. Então, de acordo com a Recomendação da Comissão Europeia relativa à definição de PME, estas são constituídas, por um número máximo de 250 pessoas, e onde o volume de negócios anual não supere os 50 000 000,00 € ou cujo balanço total anual não ultrapasse os 43 000 000,00 € (CE, 2003).

A escolha entre o volume de negócio anual e o balanço total anual, é possível, pois as empresas dos setores da distribuição e do comércio têm volumes de negócios superiores aos do setor da indústria transformadora. Então a opção entre estes dois critérios, garante que todas as PME com atividades económicas diferentes sejam tratadas de forma equitativa (CE, 2020).

No entanto é de salientar que dentro do grupo maioritário das PME, as empresas são ainda divididas em três classes: as micro; as pequenas; e as médias empresas.

As micros empresas, empregam menos de dez pessoas e o seu volume de negócios ou balanço total anual não excede 2 000 000,00 €. As pequenas empresas empregam menos de 50 pessoas e o volume de negócios ou balanço total anual não excede 10 000 000,00 €. Por fim as médias empresas que empregam menos de 250 pessoas e que tem um volume de negócios anual que não ultrapassa 50 000 000,00 €, ou um balanço anual inferior a 43 000 000,00 € (CE, 2020).

Tabela 4: Distinção entre micro, pequenas e médias empresas.

Empresas	Pessoas	Volume de negócio anual	Balanço anual total
Micro	< 10	≤ 2 000 000,00 €	≤ 2 000 000,00 €
Pequena	< 50	≤ 10 000 000,00 €	≤ 10 000 000,00 €
Média	< 250	≤ 50 000 000,00 €	≤ 43 000 000,00 €

Fonte: Adaptado de <https://doi.org/10.2873/80894>

3.1.2. As pequenas e médias empresas na Europa

De acordo com a (CE, 2008), na Europa, existem cerca de 25 milhões de PME, que constituem 99% das empresas na União Europeia (UE), sendo a parte principal da economia da União. Estas empresas empregam mais de 100 milhões de pessoas, fornecendo assim, dois em cada três empregos, tendo um papel fulcral na adição de valor em toda a economia, representando mais de metade do produto interno bruto (PIB) da Europa (CE, 2008).

Existe uma grande variação nos modelos de negócio, tamanho, idade e perfis, das PME, que oscilam entre microempresas, com uma só pessoa a empresas industriais de médio porte que empregam até 250 pessoas, empresas de artesanato tradicional a *start-ups* de alta tecnologia. Então a UE, criou uma estratégia, que engloba todas estas diferentes empresas, e através dela ajuda as mesmas a crescerem, a serem mais competitivas e a tornarem-se sustentáveis (CE, 2020).

As PME são muito importantes para a implementação das estratégias industriais da UE, pois são elas que trazem as melhores soluções para os problemas, sejam eles climáticos, de eficiência de recursos, ou até mesmo de coesão social. Portanto as PME são parte essencial para a transição da UE para uma economia mais digital e sustentável (CE, 2008).

3.1.3. As pequenas e médias empresas em Portugal

Em 2019, existiam 1 333 649 PME em Portugal, representando, 99.92% do tecido empresarial do país (Pordata (b), 2020). O número total de pessoas empregadas por estas empresas é cerca de 3 344 792, cerca de 77.7% do emprego em Portugal, gerando um volume de negócio total de pouco mais de 248 000 000 000,00 € (Pordata (c), 2020).

Evolução do número de PME em Portugal entre 2009 e 2019

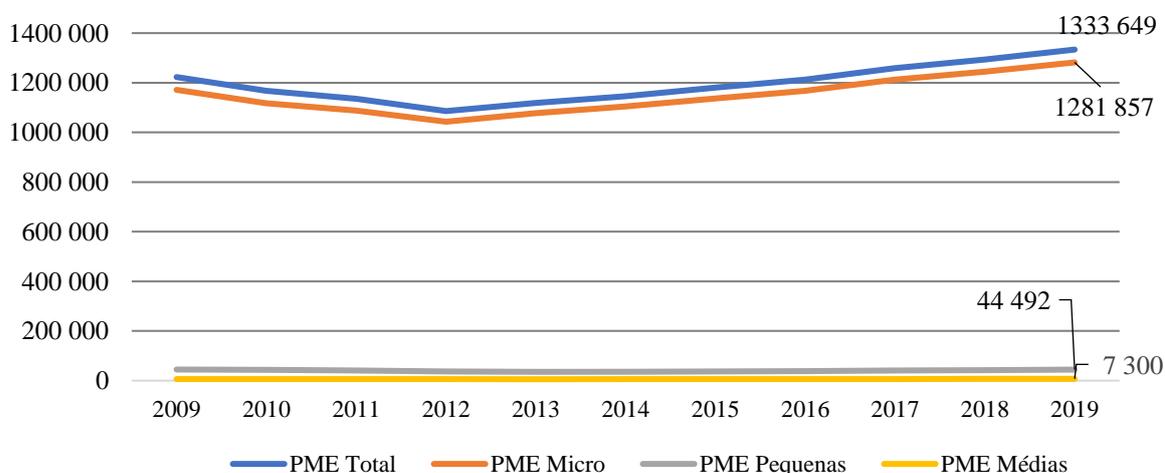


Gráfico 5: Evolução do número de PME em Portugal, 2009 – 2019.

Fonte: <https://www.pordata.pt/Portugal/Pequenas+e+m%C3%A9dias+empresas+em+percentagem+do+total+de+empresas+total+e+por+dimens%C3%A3o-2859>

Depois de analisar o gráfico 5, pode verificar-se que de 2009 a 2012 ocorreu uma quebra no número de PME em Portugal, decorrente da crise financeira, sendo que após esse período e até 2019, houve um aumento do número de PME sendo estes números superiores ao do ano de 2008. As PME com mais ênfase em Portugal são as microempresas, que detêm menos de dez colaboradores, sendo 96% do tecido empresarial de Portugal.

A maior percentagem de PME concentra-se, na região norte do País e na área da grande Lisboa. É de notar que nos últimos anos ocorreu um aumento do número de PME nas restantes regiões do país. No entanto, é nas duas regiões referidas onde são criados 64% dos empregos remunerados e gerados 65% do volume de negócios das PME, como se comprova

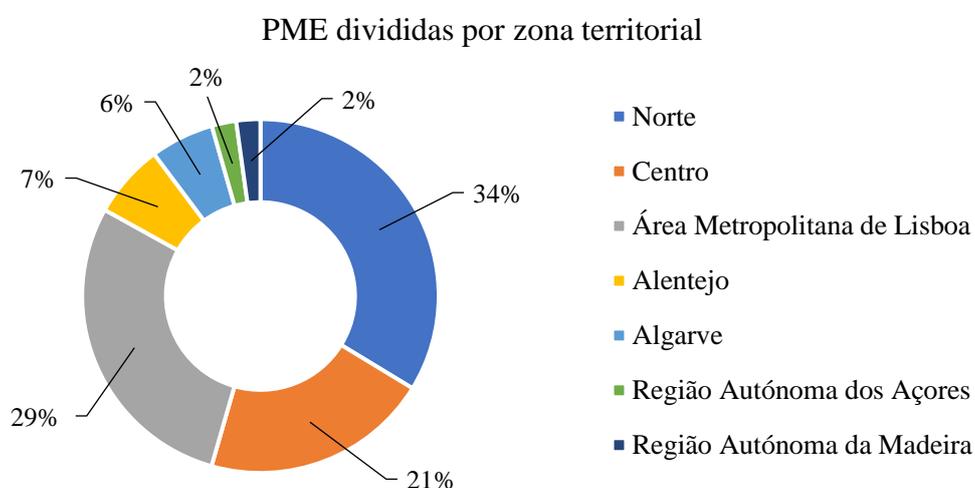


Gráfico 6: Percentagem de PME dividida por zona territorial;

Fonte: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0008467&contexto=bd&selTab=tab2&xlang=PT.
no gráfico 6 (INE, 2019).

Os setores com a maior expressão, dentro das PME, no ano de 2019, foram o setor do comércio por grosso e a retalho, o setor da agricultura, produção animal, caça, silvicultura e pesca, e o setor do alojamento, restauração e similares. Sendo que os setores da indústria extrativa e transformadora representam cerca de 5% do total das PME (Pordata (b), 2020).

Segundo um artigo publicado pelo jornal Diário de Notícias (2020), Portugal é um dos países da UE onde as PME se envolvem mais em processos de Inovação e Desenvolvimento, sejam eles a nível produtivo, de serviços ou em relação à organização, com uma percentagem de cerca de 66,4%, sendo que a percentagem média dos países da fica-se pelos 49,5%.

3.1.4. As pequenas e médias empresas no distrito de Braga

De acordo com estatísticas apresentadas pela, no ano de 2019, em Braga, existiam 93.446 empresas não financeiras, sendo que 93.371 dessas mesmas empresas eram consideradas PME e apenas 75 eram consideradas grandes empresas (Pordata (a), 2020).

Através do gráfico 7, verifica-se, que no distrito de Braga, existem quatro municípios que são mais dominantes, no que concerne ao número de PME, sendo estes: Braga;

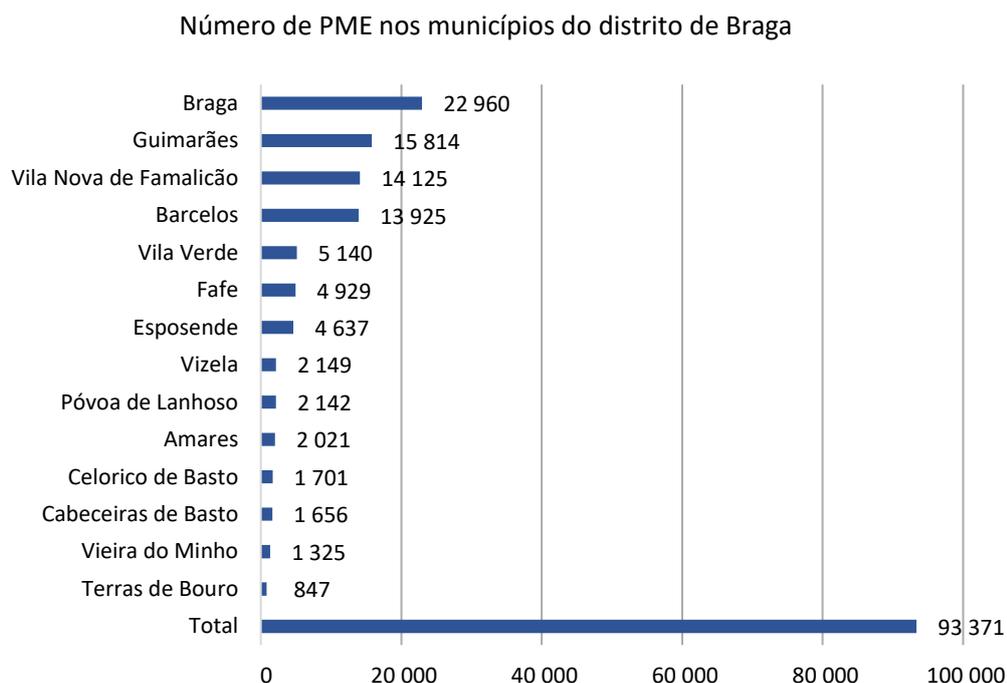


Gráfico 7: Número de PME nos municípios do distrito de Braga.

Fonte: <https://www.pordata.pt/Municipios/Empresas+n%C3%A3o+financeiras+total+e+por+dimens%C3%A3o-916>

Guimarães; Vila Nova de Famalicão; e Barcelos, responsáveis por mais de 70% das PME, e os municípios com menor número de PME são: Terras de Bouro; Vieira do Minho; Cabeceiras de Bastos; e Celorico de Bastos, sendo estes os municípios de cariz mais rural.

3.2. As revoluções industriais

As revoluções industriais da história da Humanidade não representaram só mudanças a nível industrial e empresarial, mas também provocaram grandes mudanças na sociedade, na política, na economia e na cultura (Cavalcante & da Silva, 2011).

A primeira revolução industrial surgiu na Inglaterra, no século XVIII. Esta revolução fica marcada principalmente pela introdução da máquina a vapor. No entanto foram desenvolvidos também os meios de comunicação, através do aparecimento de telégrafo e ocorreu a especialização do trabalho. Como consequência os artesãos começaram a perder a sua autonomia (Philbeck & Davis, 2018). O motor a vapor, a carvão, produzia energia

mecânica que tornava a produção mais rápida e eficaz (Gehrke et al., 2015). Através da mecanização, a indústria passou a ser a área mais importante da economia social, substituído a agricultura (Pouspourika, 2019).

Vários anos após a primeira revolução industrial, no século XIX, deu-se início à segunda revolução industrial. A ciência passou a ser aplicada nas empresas, para que estas conseguissem aumentar a produção e maximizar os seus lucros. Com o avanço na tecnologia, no campo industrial, surgiu um novo tipo de energia, a energia elétrica (Sousa, 2016).

Posto isto, foi criado pela primeira vez o motor de combustão interna, onde ocorreu um grande enfoque na produção em linhas de montagem, implementada pela primeira vez por Henry Ford, o que levou a produção a tornar-se mais massificada, mais rápida e com custos mais baixos sendo que a racionalização dos processos de produção começou a evidenciar-se (EducaBras, 2016).

A segunda revolução Industrial, também ficou marcada: pela procura do aço, da química, pelo aparecimento do primeiro telefone. Também no início do século XX surgiram os primeiros automóveis e aviões. Por estes motivos esta é, até hoje, considerada a revolução industrial mais importante (Pouspourika, 2019).

Em meados dos anos 70, começou a terceira revolução industrial. Ficando marcada principalmente pelo aparecimento: da eletrónica; das telecomunicações; e dos computadores. Constitui-se como um marco enorme nos avanços das áreas: da informática; robótica; telecomunicações; transportes, biotecnologia; e da nanotecnologia. As tecnologias que surgiram com esta revolução industrial foram introduzidas nas linhas de produção, tornando menos necessária a intervenção humana (Pouspourika, 2019).

a A ideologia da produção em massa começou a perder força e surgiu assim a produção em lotes, atendendo à procura com um *stock* mais reduzido e controlado. Os produtos passaram a ter um valor mais elevado, só pelo simples facto de as empresas terem dispensado

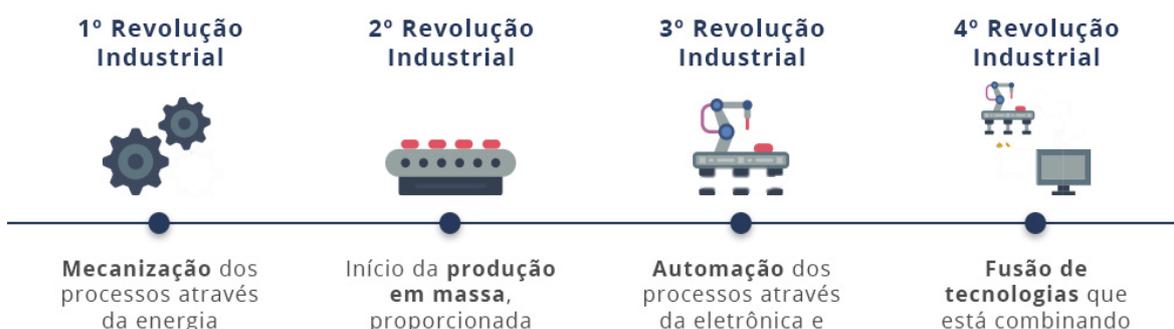


Figura 1: Revoluções industriais.

Fonte: Adaptado de www.diap.org.br

tempo para pesquisar e desenvolver novas tecnologias, modelos de negócio e de processos (Polon, 2018).

A quarta revolução industrial surge no início do século XXI e está a decorrer nos dias de hoje. Enquanto a revolução industrial anterior tem o seu foco, principalmente na automatização de máquinas e processos, esta foca-se na digitalização dos processos, dos ativos físicos e na integração de todo o ambiente da empresa e das suas partes interessadas, num ecossistema digital (Pinto, 2020). De acordo com este autor, a velocidade dos acontecimentos e da comunicação, a escala universalizada e o seu impacto disruptivo, são as principais características da quarta revolução industrial (Pinto, 2020).

Apesar de atualmente as empresas ainda estarem a tentar implementar as tecnologias e os pensamentos da I4.0, alguns investigadores, já começaram a pesquisar, qual será o tema abordado na próxima revolução industrial, sendo ainda incerto o rumo dessa mesma revolução. Os temas que são mais visados por esses investigadores são: (i) a interação homem-máquina, visto que é inevitável a cooperação dos humanos com os robots, afetando a forma como os negócios irão ser conduzidos; e (ii) a bio economia que consiste no uso inteligente de recursos biológicos para propósitos industriais que irão ajudar a conseguir uma harmonia entre ecologia, indústria e economia (Demir et al., 2019).

3.3. A Indústria 4.0

3.3.1. Conceito

O conceito – quarta revolução industrial – é ainda muito atual, visto que as empresas ainda se encontram num processo de transição, onde estão a deixar a terceira revolução industrial e a iniciar um novo ciclo no desenvolvimento tecnológico. A velocidade e a extensão dos avanços tecnológicos que rasgam a linearidade apresentada pelas revoluções passadas estão a contribuir para grandes mudanças nos sistemas produtivos (Schwab, 2016).

De acordo com Compete2020 (2017) o conceito de I4.0 pode ser sintetizado da seguinte forma:

“Transformação digital, baseada no desenvolvimento de tecnologias que permitem mudanças disruptivas nos modelos de negócio, nos processos e nos produtos. Integra o conjunto de tecnologias inteligentes de materiais, de conectividade e de tratamento e armazenamento eletrónico de grandes volumes de informação. Caracteriza-se pela introdução de um conjunto de tecnologias digitais nos processos de produção, que permite acompanhar, em tempo real, tudo o que se está a passar nas linhas de produção ou ainda eliminar substancialmente o desperdício, alteração na relação

entre os vários intervenientes na cadeia de valor, com o cliente, com os trabalhadores ou mesmo no modelo de negócio.”

Espera-se que a I4.0 ofereça melhorias nos sistemas industriais que envolvem: operação; engenharia; planeamento e controlo da produção; logística; e análise contínua de dados durante o ciclo de vida de produtos e serviços (Qin et al., 2016).

A produção industrial enfrenta enormes desafios com a adoção dos sistemas de informação e novas tecnologias. A I4.0, constitui uma junção de métodos produtivos com os desenvolvimentos na tecnologia de informação e comunicação. A evolução é propulsionada pela digitalização económica e social e inclui sistemas integrados, *internet* das coisas (IoT), e *big data*, que faz com que os, equipamentos, pessoas, sistemas logísticos e produtos comuniquem e colaborem entre si diretamente (Amaral, 2016).

A procura pela automação industrial começou em 1970 com a terceira revolução industrial e, atualmente, tornou-se preceito essencial para todas as empresas que querem ser competitivas no mercado. Nesse cenário, a I4.0 une a conectividade com a automação, integrando equipamentos aos sistemas de informações, tornando-os capazes de tomar decisões e criar soluções em tempo real (MacDougall, 2014).

Segundo a entidade – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) (2018) – a I4.0 une equipamentos, análise computacional e trabalho colaborativo entre pessoas, proporcionando eficiência operacional ao longo de toda a produção. Tudo que faz parte internamente ou está ao redor de uma unidade industrial, mantém-se conectado digitalmente, o que resulta numa cadeia de valor altamente integrada e automatizada.

Ainda de acordo com SEBRAE (2018), este modelo industrial é assinalado pela descentralização do controlo dos processos produtivos. A aproximação entre os meios humanos e físico facilita a criação de sistemas operacionais onde os equipamentos conseguem comunicar e trabalhar de maneira autónoma, sem interferência humana. Esses sistemas ajustam-se automaticamente, prevendo falhas e fazendo correções, de forma a minimizar os desperdícios relacionados com a produção.

Através da descentralização as empresas irão estar ainda mais perto do consumidor, pois esta automação favorece o aumento da produtividade, garantindo o maior volume e menor tempo na produção em massa dos produtos e ainda, as empresas podem fornecer com rapidez e eficientemente a nichos de mercado específicos (SEBRAE, 2018).

3.3.2. Princípios da indústria 4.0

De acordo com De Carvalho et al., (2020), a I4.0 destaca a total digitalização dos ativos físicos e a sua integração em sistemas digitais. Surgem sistemas de produção inteligentes que expressam a associação de tecnologias físicas e digitais e a integração de todas as etapas do desenvolvimento do produto, contribuindo de uma forma positiva para o aumento da produtividade e da eficiência.

Segundo (Hermann et al., 2015), existe um conjunto de princípios que são essenciais e que apoiam a implementação da I4.0. Alguns desses princípios são:

- a) Interoperabilidade: É o princípio capital de todo o processo. Refere-se à aptidão dos sistemas estabelecerem comunicações com outros sistemas em tempo real, algo que o faz ser o único princípio que se vincule diretamente com todos componentes, uma comunicação constante entre as pessoas e os equipamentos utilizados no processo de produção, através de quaisquer dispositivos e de qualquer lugar;
- b) Virtualização: É o processo de criar uma representação virtual, num *software* informático de um processo físico. Uma transcrição do mundo real é concebida num modelo de simulação, permitindo a monitorização de todos os processos por meio dos inúmeros sensores distribuídos ao longo da unidade industrial ou de equipamentos, o que faz com que se consiga antecipar e prever as conclusões de alguns processos produtivos;
- c) Descentralização: A tomada de decisão poderá ser feita pelo sistema, consoante as necessidades da produção em tempo real. O sistema será capaz de avaliar avarias e imperfeições ao longo do processo produtivo e tomar decisões de forma autónoma, corrigindo o necessário, visto que estes sistemas e equipamentos usufruem de maior autonomia para concretização de ajustes sem a intervenção humana, e poderão acelerar, reduzir, ou até mesmo parar os processos de produção;
- d) Capacidade em tempo real: Consiste na angariação, análise e transmutação de dados em informações de maneira praticamente instantânea. O acesso a informações exatas e precisas ajuda a criar planos eficientes para uma melhor tomada de decisão;
- e) Orientação por serviços: Utilização de arquiteturas de *software* voltados para serviços aliados à noção de IoT. Refere-se à ligação de pessoas e máquinas para a execução de determinadas operações. Estes serviços podem ser, por exemplo, a movimentação de um determinado produto de uma localização a outra de forma

- automatizada. Os produtos podem ser compostos com base nas exigências específicas do cliente, aproximando a oferta de bens à de serviços personalizados; e
- f) **Modularidade:** Refere-se à capacidade de a indústria ter uma produção mais centrada na personalização, um requerimento cada vez maior na atualidade, é a capacidade de se adaptar a modificações abruptas no contexto e nas condições de um momento específico com rapidez e sem grandes impactos. Isto leva a que as empresas se adaptem e sejam mais flexíveis, sendo os seus produtos mais facilmente ajustados em casos de sazonalidades, ou seja, produção conforme a procura.

Estes princípios, em conjunto com o suporte tecnológico adequado, irão aumentar a eficiência da produção e disponibilizar níveis de qualidade. Este é um fator primordial proposto nesta nova fase da Revolução Industrial (Hermann et al., 2015).

3.3.3. Evolução e impacto da indústria 4.0

Com a implementação das tecnologias que suportam a I4.0 na economia, será esperado uma maior preocupação no seu impacto sobre o produto interno bruto, crescimento, consumo, investimento, comércio, inflação e emprego (Schwab, 2016).

Como em todas as revoluções industriais anteriores, surgem transformações e impactos tanto a nível social como a nível empresarial e esses impactos podem ser positivos ou negativos sendo que cabe às empresas e à sociedade tentar entendê-los e aproveitar as suas consequências. Aos poucos, todos os setores económicos, mas principalmente as indústrias devem atualizar as suas tecnologias e seguir as tendências do mercado. Esta é a estratégia mais importante para que nenhuma organização seja apanhada de surpresa (Infraspeak, 2021).

Segundo Infraspeak (2021), a centralização dos dados vai acabar por se interligar com as informações de processos e assim como o local físico onde podem ser armazenados, criando, aos poucos, novas profissões e especializações. Poderá não ser necessário tantos operadores de equipamentos, onde o trabalho é mais braçal, mas sim mais engenheiros e informáticos para tratar, ler e proteger esses mesmos dados, onde o conhecimento técnico em tecnologias de Informação serão mais valorizados. Deixará de ser um dado diferenciador na seleção de emprego e tornar-se-á um requisito básico, uma competência essencial para poder ocupar um lugar dentro de uma empresa (Infraspeak, 2021).

Os processos de automação e digitalização estão a germinar uma galvanização do emprego, traduzida numa maior procura para trabalho das pessoas mais qualificadas para

lidar com a tecnologia, mas também de pessoas menos qualificadas para ficarem encarregues de trabalhos mais básicos de supervisão e de trabalhos que os equipamentos não são capazes de realizar. Ainda de acordo com estes autores os postos de trabalho que irão sofrer substituições são aqueles que obrigam a tarefas mais rotineiras (Askt, 2013; Brynjolfsson, 2014; Scarpetta, 2016).

Por sua vez, de acordo com Autor & Dorn (2013) haverá também uma mudança salarial. Verificar-se-á maiores aumentos tanto para as pessoas que executam tarefas mais abstratas, como também para as que realizam processos mais manuais. Isto significa que a automação pode fazer com que o salário de toda a população de uma empresa aumente Autor & Dorn (2013).

Paralelamente com a mudança nos postos de trabalho verifica-se que deverá também ocorrer uma mudança nas instituições académicas, seja desde o ensino médio ao ensino superior, a aprendizagem deve ser contínua, isto é, não só aprender sobre as tecnologias nas empresas, mas também nas instituições de ensino. Para que isso aconteça terá de se alterar alguns métodos de ensino. Nesse sentido os professores devem estar preparados para lecionar, estimulando a aprendizagem, usando diferentes tecnologias. Ter-se-á que adaptar os currículos académicos para que o conhecimento necessário para a aplicação da I4.0 esteja presente para fortalecer o ensino técnico e profissional, para que os estudantes detenham as ferramentas para o mercado de trabalho (Lorenz et al., 2015).

Um impacto importante da I4.0 é nos consumidores. Isto porque haverá uma oferta de produto mais barata, mas com mais qualidade e os seus respetivos serviços tornar-se-ão cada vez mais fáceis e rápidos, para que o consumidor não perca muito tempo (Sacomano et al., 2018).

Outro impacto direto da I4.0 influencia diretamente é na sustentabilidade e no ambiente, com as economias sob elevado grau de pressão. A indústria vê-se, inevitavelmente, obrigada a produzir mais, para fortalecer e expandir a competitividade, levando a um maior e mais rápido desgaste do meio ambiente. Para controlar esse desgaste a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económicos (OCDE) tem desenvolvido grandes esforços para limitar os efeitos negativos da indústria através de imposições, particularmente nas emissões de dióxido de carbono para a atmosfera, diminuição de consumos energéticos e de matéria-prima (De Carvalho et al., 2020).

A I4.0 vem combater o impacto negativo no ambiente, visto que melhora a utilização dos recursos e diminui os consumos energéticos, através dos dados que foram disponibilizados ao longo da cadeia produtiva. Como resultado, todo o processo pode ser

melhorado e otimizado, devido aos ajustes nos consumos de energia e dos materiais (De Carvalho et al., 2020)

Com a melhoria dos processos de produção, irá haver menos gases a serem libertados para a atmosfera, tornando possível a implementação da indústria em ambiente urbano. Este fator traz vantagens sociais pela proximidade dos locais de trabalho e consequente diminuição nos tempos de deslocação (Gerlitz, 2015).

De acordo com Gerlitz (2015), produção de peças sobressalentes e de prototipagem utilizando a impressão 3D, reduz o impacto ambiental, devido a economia de matéria prima e de energia. Com o mesmo tipo de tecnologias e processos facilitar-se-á o desempenho das cadeias logísticas e de valor, reduzindo as interações de logística, com práticas positivas para o ambiente, ao mesmo tempo aumentando a eficiência social e ambiental das empresas.

3.3.4. Tecnologias chave da indústria 4.0

Segundo Ribau (2019), responsável da unidade de sistemas inteligentes e digitais da direção de investigação, desenvolvimento e inovação do Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ), hoje em dia a quarta revolução industrial, caracteriza o envolvimento das tecnologias chave que reduzem a barreira entre o sistema físico, digital e as pessoas. Ainda de acordo com Ribau (2019) isto acontece, devido á evolução da capacidade computacional, dos sistemas de comunicação e de inovação em *softwares*. A figura 2 ilustra essas tecnologias chave enquanto pilares da I4.0.

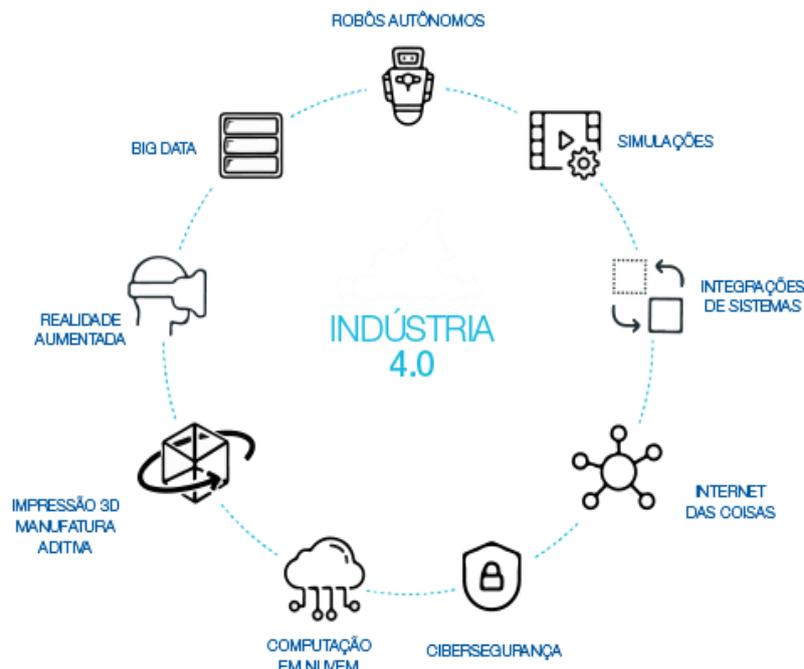


Figura 2: Os nove pilares da Indústria 4.0.

Fonte: Adaptado de administracaonobloebloesnot.com

Certas tecnologias chave não estão prontas para serem aplicadas em grande escala no imediato. No entanto, outras chegaram a um nível onde o grau de confiança é tão elevado e onde os custos baixos que começam a fazer sentido para aplicações industriais (Baur & Wee, 2015).

3.3.4.1. Internet das coisas

De acordo com (Pinheiro, 2016) a IoT é a conexão dos equipamentos do dia-a-dia, máquinas, e mesmo pequenos objetos de uso diário à *internet*, interagindo entre si e com o ambiente à sua volta através de sensores, transformando objetos estáticos em elementos dinâmicos de uma rede integrada, onde a informação irá ser utilizada de forma inteligente. Prevê-se que esta forma de ligação digital estimule o surgimento de novos produtos e serviços diferenciados.

Segundo o Centro Nacional de Cibersegurança Portugal (2020), a IoT viabiliza grandes interações entre diversos equipamentos dispostos ao longo das fábricas, fazendo com que os processos produtivos resultem de uma interação entre o mundo físico e o virtual. Todos os equipamentos da linha produtiva têm a capacidade de interagir automaticamente, com o princípio de melhorar o processo de produção e fabricar produtos com melhor qualidade, mais alinhados com a procura dos consumidores e com a melhoria da eficiência de toda a cadeia de valor. Nos negócios, a IoT consente reconhecer problemas, aprimorar a utilização de matéria prima, melhorar infraestruturas industriais e reduzir custos.

De acordo com Gomes (2019) os dispositivos interligados armazenam e transferem dados, o que permite tomadas de decisão mais acertadas. Ainda de acordo com o mesmo Autor, nos negócios, o conceito de IoT abre inúmeras portas à inovação e traz várias vantagens:

- a) Oportunidade de aceder a mais dados: Quantos mais dispositivos conectados, maior o número de dados a ter acesso. O acesso aos dados é uma mais valia competitiva para as empresas, sendo que podem ser usados para definir os perfis dos consumidores;
- b) Melhor experiência dos consumidores: Através dos dados as empresas ficam a conhecer melhor os seus consumidores, quanto aos seus gostos e como usam os seus produtos e serviços, assim torna-se mais fácil perceber e responder às suas necessidades;
- c) Maior produtividade e eficiência: Ao conectar todos os processos da empresa, pode-se identificar e formular novas formas de aumentar a produtividade e a eficiência. A tendência é que os processos sejam mais fáceis, ágeis e automatizados; e

d) Maior segurança: Os negócios tornam-se mais seguros através da implementação da IoT nos equipamentos, processos e sistemas. Sendo que esta fornece informações em tempo real, para que qualquer ataque informático seja travado atempadamente, antes de causar problemas mais graves.

A WP29, é um órgão europeu consultor em privacidade e proteção de dados, instituído pelo artigo 29 da diretiva 95/46 CE, emitiu um parecer específico sobre a consideração de que a IoT tem um elevado número de desafios relativamente à privacidade e proteção de dados, devido ao aumento dos dados e à evolução contínua da IoT (CE, 2014).

A IoT gera e recolhe muita informação sensível do utilizador para melhorar a atividade empresarial, esta é armazenada nos servidores das empresas, consoante padrões e políticas de privacidade. No entanto as empresas por vezes, vêem os seus servidores serem invadidos por pessoas mal-intencionadas que querem utilizar os dados de uma forma criminosa, ou por vezes são as próprias empresas que dão um uso negativo a esses mesmos dados, por estes motivos tem de existir maior regulação do uso da IoT, para que esta se torne totalmente viável e aplicável (CE, 2014).

3.3.4.2. Computação em nuvem

Hoje o uso da computação em nuvem, ou também denominada de *cloud*, está mais focada com a gestão de dados e de sistemas de *software*. Esta facilita a interligação entre locais de produção e todos os departamentos de uma empresa (Pinheiro, 2016). Segundo (Compete2020, 2017), a computação em nuvem, é um sistema informático que armazena a informação em servidores especializados e cujo acesso à mesma é efetuado via *internet*.

Com a evolução da I4.0 foi necessário criar um “local” para armazenar toda a informação que as empresas produzem, e assim surgiu a nuvem, tornando mais prático o acesso de todos os que fazem parte da empresa (Cooper, 2015).

A cloud é uma vasta rede de servidores remotos, ligados entre si criando um ecossistema, onde cada um deles tem uma função ímpar. Estes servidores funcionam para alojar dados e geri-los, executar aplicações ou serviços como o *e-mail*, *softwares* de produtividade. Ao invés de abrir ficheiros e trabalhar num computador físico, passou-se a aceder aos ficheiros através da *internet*, fazendo com que o trabalho realizado fique guardado na nuvem e disponível para toda empresa.

Segundo a Microsoft Azure (2020), existem quatro tipos de implementação de nuvem:

a) A nuvem pública, é partilha, e o serviço é oferecido através da *internet*;

- b) A nuvem privada não é compartilhada e o serviço está disponível através de uma rede privada interna, alojada no local;
- c) A nuvem híbrida é onde os serviços são compartilhados por nuvens públicas e privadas;
- d) A nuvem empresarial, partilha informação apenas entre organizações.

Através da organização Dropbox (2020) a computação em nuvem pode ser dividida em três funções principais:

Tabela 5: Três principais funções da computação em nuvem;

Infraestrutura como serviço (IaaS)	São nuvens que armazenam desde dados a <i>sites</i> . Pode gerir e monitorizar os dados, sendo que a empresa dona dos servidores só aluga os mesmos. Quase todos os sites de uso diário são hospedados em nuvem IaaS.
Plataforma como serviço (PaaS)	Agrupar componentes do sistema de uma empresa, como o processo de produção – os processos de negócios como serviço (BPaaS) – aplicações – <i>software</i> como serviço (SaaS) – dispositivos, pessoas e dados, com o objetivo de uma colaboração entre todos.
Software como serviço (SaaS)	Une o mundo digital e o real de forma que entidades reais possam interagir com os componentes cibernéticos do sistema. Por exemplo, equipamentos que se conectam à rede podem enviar informações para a nuvem.

Fonte: <https://experience.dropbox.com/pt-br/resources/what-is-the-cloud>

De acordo com (Velte et al., 2010), objetivo da computação em nuvem é a diminuição dos custos dos sistemas de informação, o que leva a que as empresas se foquem mais nos projetos estratégicos, do que no funcionamento da base de dados. Isto leva a que as empresas passem a concentrarem-se mais no desenvolvimento do negócio.

Por sua vez segundo o pensamento de Varella (2019), a computação em nuvem tornou-se uma oportunidade de negócio e de crescimento para as empresas, pois conseguem reduzir os custos de servidores, eletricidade, e de manutenção.

De resto e de acordo com a empresa Dropbox (2020) a computação em nuvem trás muitos benefícios às empresas nas áreas de produtividade, eficiências, crescimento e organização. São exemplo:

- a) Redução dos custos: Para investir num servidor físico é um investimento elevado. Através da *cloud* reduzirá os custos não só em energia, como em *hardware* e manutenção;
- b) Recuperação de desastres: Ao alojar os dados na nuvem, leva a que as empresas tenham uma salva guarda de toda a informação da empresa. No caso de ocorrer

alguma avaria com os equipamentos da empresa, pouca informação será perdida visto que globalmente já esta guardada na nuvem;

- c) Proteção e segurança de dados: Os fornecedores de serviços de computação em nuvem têm como principal preocupação a segurança e a proteção dos dados armazenados nos seus servidores;
- d) Escalabilidade: Tanto grandes empresas como PME podem usufruir da nuvem. As grandes empresas precisam de mais espaço, tempo e dinheiro para operar na nuvem, e as pequenas empresas podem só usar os serviços mínimos que estão disponíveis, ajustando o preço à sua disponibilidade de pagamento e necessidade;
- e) Flexibilidade: Pode-se trabalhar em qualquer lugar, e em qualquer dispositivo que a pessoa tenha ao seu alcance; e
- f) Colaboração: As pessoas podem aceder remotamente ou não, em simultâneo aos documentos de toda a empresa e fazer as alterações necessárias, ou até mesmo dedicar-se ao mesmo projeto com outras pessoas;

São, pois, evidentes os vários benefícios que a computação em nuvem trás tanto a nível profissional como pessoal, podendo aumentar a produtividade, melhorar a empresa a nível organizacional, aumentar a colaboração das pessoas em projetos, diminuir os custos e assegurando a proteção dos dados armazenados na nuvem (Dropbox, 2020).

3.3.4.3. Big data e análise

As empresas estão em contacto com milhões de *bytes* de informação dos seus clientes, fornecedores e processos, e através de sistemas integrados, são criados todos os dias quantidades enormes de nova informação para ser analisada e gerir (Manyika et al., 2011).

Big data consiste na recolha de dados, através de sensores implementados nos equipamentos das empresas. Após essa recolha os dados são analisados o que permitirá otimizar a cadeia de valor, identificando com detalhe as falhas existentes e aumentando o conhecimento sobre os hábitos e preferências dos consumidores (Pinheiro, 2016).

Segundo o colaborador da Forbes, Marr (2015), cada pessoa origina diariamente cerca de dois Megabytes de dados, sendo que este número estará sempre em crescimento. Ainda de acordo com o autor, em 2020, estima-se que exista cerca de 50 mil milhões de dispositivos interligados a gerar e a partilhar dados e que cerca de um terço de todos os dados gerados passam em nuvens para serem armazenados e geridos.

Através de dados recolhidos pela empresa Primavera Softwares, verifica-se que: “a cada minuto que passa são enviados 13 milhões de mensagens, feitas 3.9 milhões de

pesquisas no Google, publicados 510 mil comentários no Facebook e partilhadas 49 mil fotos no Instagram. Ao mesmo tempo, são vistos 4.3 milhões de vídeos no Youtube e sete mil pessoas fazem match no Tinder.” (Ferreira, 2018).

De acordo com Ferreira (2018) o *Big Data* e análise revela alguns benefícios para as empresas como sejam:

- a) Desenvolver a inteligência de negócio: Ao utilizar esta ferramenta é possível gerar dados e trata-los em tempo real, o que faz com que as empresas sejam mais rápidas na tomada de decisão;
- b) Conhecer melhor os clientes: Com o tratamento dos dados provenientes, de redes sociais e registos reunidos por navegadores, as empresas traçam perfis para os seus clientes;
- c) Criar novos produtos e serviços: Ao analisar os dados as empresas poderão antever aquilo que os consumidores irão desejar, tornando a tomada de decisão mais rápida;
- d) Aumentar a eficiência das operações: pesquisas em motores de busca ou até mesmo o estado do tempo são aspetos que podem ajudar as empresas a descobrir tendências de consumo e a prever picos de procura; e
- e) Reduzir custos: Com a análise dos dados, provenientes de sensores que recolhem por exemplo a temperatura de uma fábrica e as vibrações feitas por um equipamento, será possível antecipar avarias e realizar uma manutenção preditiva antes que essa aconteça, e assim reduzir os custos de reparações desnecessárias.

O mercado dos dados é um dos mais importantes e que movimentam mais dinheiro (Ferreira, 2018). No entanto também cabe às empresas analisar, e tratar os dados da melhor forma para tirar mais rentabilidade dos mesmos. Isto leva a que a tomada de decisão das empresas seja suportada através de informações válidas alcançadas através do estudo desses mesmos dados. Só assim as empresas podem tirar alguma vantagem competitiva (Ferreira, 2018).

3.3.4.4. Realidade aumentada

Outra tecnologia chave da I4.0 é a realidade aumentada (RA). Esta tecnologia permite agrupar dados visuais que vão ajudar na tomada de decisão em tempo real, integrando o ambiente virtual, no ambiente físico e real. Prevê-se que até meados de 2021 serão criados cerca de 100 mil milhões de US\$, através da aplicação de sistemas de realidade aumentada na esfera empresarial (Paola, 2019).

Segundo o (Compete2020, 2017), a RA tem como principal objetivo disponibilizar à empresa toda a informação necessária para a manutenção e reparação de peças, máquinas e equipamentos informáticos. Pode ser também utilizada na formação de pessoas para trabalhos específicos e para a conceção de projetos, pois ajudam a antever os pontos positivos e negativos dos mesmos.

A RA é diferente da realidade virtual, pois enquanto a RA une os dois sobrepondo o mundo virtual ao mundo real, a realidade virtual emerge o utilizador num mundo completamente virtual (Costa, 2020).

Nas empresas a RA pode tomar o lugar dos manuais de instrução e outro tipo de documentos em papel, dando ao utilizador a informação necessária e em tempo real, de como deve atuar em cada situação aumentando a capacidade de resposta (Costa, 2020).

Com a câmara de um simples dispositivo móvel, lê-se o código para o qual representa a tarefa a ser desempenhada, o próprio dispositivo procura a informação e processa-a, fazendo com que na tela do dispositivo móvel apareçam todas as informações necessárias para que a pessoa execute a tarefa de forma devida complementado o ambiente real com o ambiente virtual (Associação Brasileira de Internet Industrial, 2020).

A RA, apesar de não ser muito utilizada, revela muitas vantagens para as empresas, como sejam seguintes:

- a) Redução do tempo de produção: Estudo conduzido por Baird & Barfield (1999), a utilização da realidade aumentada ajudou na redução do tempo de produção. Com a formação das pessoas através da realidade virtual, verifica-se que existe uma melhoria de produção (Gavish et al., 2015);
- b) Eficiência: Com a diminuição dos erros de fabricação, as empresas tornar-se-ão mais eficientes e irão reduzir os custos de produção e de matéria prima (Hou et al., 2013). Acrescem também melhorias em resultado da formação que de acordo com Gavish et al. (2015), ao se formar melhor as pessoas, estas tornar-se-ão mais produtivas e eficientes, reduzindo assim os erros cometidos.
- c) Redução de custos: Com o aumento da eficiência, menos tempo de produção e matéria prima serão utilizados, motivando conseqüentemente uma redução de custos (Hou et al., 2013);
- d) Colaboração: Estudo realizado por Abramovici et al. (2017), a realidade virtual melhora a comunicação entre as pessoas de uma organização. Ao estudar uma manutenção que precisava de comunicação entre duas pessoas, os investigadores concluíram que este tipo de tecnologia melhora a comunicação entre pessoas,

fazendo com que, designadamente as informações sejam melhor divulgadas para a realização da tarefa; e

- e) Segurança do trabalho: As pessoas ao operarem melhor as máquinas irão ter menos problemas em (opera-las) tornando o ambiente de trabalho mais seguro (Paiola, 2019).

Apesar de a realidade virtual ser uma tecnologia importante da I4.0, deve ser sempre complementada com outras, como por exemplo a IoT, fazendo com que haja uma maior transmissão de informação. Com a indústria a investir cada vez mais nesta tecnologia, verifica-se um aparecimento crescente de postos de trabalho que são complementados com um tipo de componente digital ou de realidade aumentada, criando uma interface mais interativa entre homem e máquina (Albertin et al., 2017).

A realidade virtual é uma tecnologia importante para ajudar a que as indústrias se tornem mais inteligentes, principalmente na formação, manutenção, controlo de qualidade, gestão de risco, e *design* de produto.

3.3.4.5. Robots autónomos

Os *robots* autónomos conseguem desempenhar tarefas sem intervenção do ser humano, de uma forma flexível e em cooperação com outras máquinas que estarão interligadas bem como com as pessoas que trabalham na empresa, compartilhando os seus dados entre todos, e assim alterando a dinâmica de produção. Este tipo de *robots* são utilizados para executar, autonomamente, processos de produção e trabalhar em locais onde as pessoas estão limitadas a operar, aumentando assim a segurança, a flexibilidade e a versatilidade (Russmann et al., 2015).

Os *robots* autónomos podem ser utilizados em várias áreas, como: produção; logística; e atividades de distribuição. Podem também ser controlados remotamente pelas pessoas, devido à sua interligação com a rede de toda a empresa. Estes *robots* têm a capacidade de copiar as pessoas e replicar as suas tarefas, otimizando-as e guardando todo o processo com a ajuda de sistemas em nuvem (Bahrin et al., 2016).

Segundo Alcácer & Cruz-Machado (2019) a automação robótica é um dos maiores estimuladores do sucesso da implementação da quarta revolução industrial nas empresas. Isto porque são estes robots que vão alterar todo o processo de produção, sendo mais rápidos e eficazes que as pessoas e executando os trabalhos mais repetitivos e inseguros.

De acordo com a Federação Internacional da Robótica (2020), no ano de 2019, atingiu-se o recorde de robots industriais a operar em simultâneo. Cerca de 2,7 milhões de

unidades em todo o mundo. Apesar de vendidas 373 mil unidades mesmo ano, as vendas foram inferiores 12% em relação ao ano de 2018. Este decréscimo nas vendas, está relacionado com a crise que a indústria automóvel e elétrica estão a passar desde então.

Para uma adoção bem-sucedida da I4.0 é essencial que as empresas implementem a automação robótica para continuarem competitivas no mercado. Em resultados os principais benefícios da automação industrial como sejam Jae Heon et al. (2003):

- a) Produtividade: Redução ao máximo dos desperdícios em processos repetitivos. Uma produção mais eficiente, terá consequentemente maior volume;
- b) Redução dos custos: Através da implementação de robots haverá uma redução dos desperdícios, menor utilização de mão-de-obra, utilização dos dados para ajudar a corrigir erros e a ajustar a produção conforme a procura do mercado e assim reduzir os custos;
- c) Qualidade: A automação diminui os erros de avaliação e medição provocados pelo cansaço humano;
- d) Flexibilidade: A produção pode ser ajustada consoante a necessidade do mercado, sem alterações profundas na linha de produção; e
- e) Segurança: Com a utilização de *robots* autónomos, as pessoas já não têm de executar trabalhos repetitivos e perigosos.

Os *robots* autónomos são uma das tecnologias da I4.0 mais utilizadas, pois são mais fáceis de aplicar e conseguem reduzir os desperdícios associados à mão-de-obra das pessoas, tornando os processos mais rápidos e eficientes, sendo assim também uma das tecnologias que trazem benefícios imediatos para as empresas Jae Heon et al. (2003).

3.3.4.6. Simulação

A simulação é considerada como um sistema para resolver problemas da vida real em ambiente digital. De acordo com Banks (1998) é a reprodução num *software* digital, de um processo que ocorre na vida real, ao longo do tempo. E assim, através da representação, as pessoas conseguem prever e verificar erros, no processo em análise, que iriam ocorrer na vida real a longo prazo, e corrigi-los. Por este motivo e ainda de acordo com Banks (1998) a simulação é parte essencial para assegurar a qualidade e a eficiência do desenvolvimento de processos.

Se uma empresa pretender efetuar alguma alteração nos processos, a melhor forma para prever se irá funcionar, é através da utilização da simulação, uma vez que, desta forma

não corre o risco de fazer alterações prematuras e assim gerar desperdícios vários que poderiam decorrer dessa implementação deficitária (Eusébio, 2019).

A utilização da simulação é um dos principais pilares da I4.0, no entanto é uma tecnologia pouco utilizada pelas PME. Esta tecnologia permite que as unidades descentralizadas possam alterar a flexibilidade dos produtos e assim possibilitam uma inovação no produto muito mais rápida (Keller et al., 2014).

As principais vantagens da simulação são: a realização de testes rápidos e mais baratos sem interferir com o processo real que está em operação; a manipulação do tempo do processo, para que se estude outras variáveis; e a utilização de animações para facilitar a compreensão e a relação com os sistemas reais (Banks, 1998; Borshchev, 2013; Galvao Scheidegger et al., 2018).

Por sua vez identificam-se como desvantagens da simulação: a falta de profissionais; o salário elevado dos operadores destas tecnologias; e o tempo que pode demorar a desenvolver os modelos nos *softwares* de simulação (Banks, 1998; Kagermann et al., 2013).

Para executar com rigor um processo de simulação, é necessário seguir certas etapas desse método, que de acordo com Gavira (2003) são: a formulação do problema e o planeamento do estudo; a recolha de dados e definição do problema; a validação conceptual do modelo, construção no programa computacional e a verificação do mesmo; a realização de testes piloto; a validação do modelo programado; o projeto dos experimentos; a realização de testes de simulação; e a análise de resultados, a sua documentação e implementação.

A simulação apoia a melhoria continua dos produtos e dos processos de uma empresa, num ambiente cada vez mais competitivo, onde economizar tempo e recursos económicos e assegurar a qualidade dos processos, são objetivos muito importantes e conquistados através deste investimento em tecnologia (Maia Abreu et al., 2018).

3.3.4.7. Integração de sistemas

A integração de sistemas traduz-se na interligação dos componentes do sistema como *software*, *hardware* ou entre outros sistemas e subsistemas (Auger et al., 2017).

Através da *Internet* das coisas, os sistemas estão maioritariamente interligados, proporcionando uma conectividade e cooperação entre os dados, as partes interessas e equipamentos de uma empresa (Mezghani et al., 2017).

A maior parte das PME não têm os seus sistemas totalmente integrados. Todas as partes interessadas de uma empresa precisam de estar conectadas, bem como os departamentos e processos dentro da própria empresa. Através da integração de sistemas

todas as partes interessadas, departamentos e processos irão estar conectadas, através de redes universais mais fortes, que farão com que as cadeias de valor se tornem mais rápidas e automatizadas (C. Amorim, 2020).

De acordo com (Pedone & Mezgár, 2018), a integração de sistemas realiza-se de acordo com três tipologias conforme a tabela 6.

Tabela 6: Tipos de Integração de sistemas.

Integração horizontal	“Colaboração ou cooperação entre duas ou mais empresas, para atingir objetivos comuns.”
Integração vertical	“Agrupamento de componentes do sistema de uma empresa, como o processo de produção (BPaaS), aplicações (SaaS), dispositivos, pessoas e dados, com o objetivo de uma colaboração entre todos.”
Integração ponta a ponta	“União do mundo digital e o real de forma que entidades reais possam interagir com os componentes cibernéticos do sistema. Por exemplo, equipamentos que se conectam à rede podem enviar informações para a nuvem.”

Fonte: Pedone & Mesgár, 2018.

Todos os processos realizados dentro de uma empresa, geram uma grande quantidade de dados. Então numa empresa que não utilize a integração de sistemas, toda a informação será recolhida e analisada de forma manual e assim a empresa terá enormes desperdícios e a perceção da mesma em relação às partes interessadas não será clara e eficiente (Pederneiras, 2019).

De acordo com Gharegozlou (2016), a utilização dos sistemas integrados ainda está longe do seu potencial, e um fator fulcral para que isso aconteça é, que cada sistema utiliza um protocolo e uma arquitetura de comunicação diferente, o que impede a interoperabilidade entre sistemas. Para que se atinja o máximo potencial, os sistemas têm de seguir os mesmos protocolos de comunicação e tornarem-se cada vez mais normalizados.

3.3.4.8. Cibersegurança

Refere Zimmermann (2020), que num futuro próximo a maioria dos equipamentos estarão conectadas à *Internet*, sendo que tal facto coloca novos desafios não só às empresas, mas também aos fabricantes dos equipamentos, fornecedores de componentes, operadores do equipamento bem como a prestadores de serviços. Refere ainda Zimmermann (2020) que: a segurança das tecnologias de informação está a tornar-se, cada vez mais, importante superando pontos tão importantes com a robustez, longevidade e confiabilidade; e esses

equipamentos serão cada vez mais vulneráveis, por isso, as empresas, devem investir num bom sistema de cibersegurança.

Segundo um estudo realizado pelo Engineering Employer's Federation (2018), 48% dos fabricantes que reportaram um ataque cibernético à empresa, cerca de metade sofreram perdas tanto a nível financeiro como organizacional. Os custos dos crimes cibernéticos variam consoante: os países; as empresas; a maturidade das mesmas; e o seu sistema de cibersegurança, estimando-se que o custo médio anual da indústria de manufatura seja cerca de 10 milhões de dólares. (Accenture & Ponemon Institute, 2018).

Então, para que não ocorram falhas, tanto a nível de segurança física, como a nível de processos, as empresas terão como um dos principais objetivos, o investimento num sistema de cibersegurança (European Union Agency for Networked and Information Security, 2018). A melhor forma para as empresas se protegerem, é seguir os protocolos recomendados pela mesma, que visam a melhoria da postura das organizações em relação à segurança das tecnologias da I4.0, e planeia a melhoria dos processos de automação e de IoT, para tornar as operações mais eficazes e eficientes (European Union Agency for Networked and Information Security, 2018).

Acresce que de acordo com a Ritesh (2020), as empresas, para prevenir ataques cibernéticos, devem ter uma abordagem multifacetada, observando pontos, como:

- a) As estratégias de cibersegurança devem ser dinâmicas: É importante manter a estratégia em constante atualização para ajustar às políticas e procedimentos consoante o tipo de ameaça que a empresa tenha que enfrentar;
- b) Total conhecimento da empresa: é extremamente necessário ter total conhecimento de todos os equipamentos e *softwares* que estão diretamente ou indiretamente conectados aos sistemas da organização;
- c) Segmentar as ameaças: criar perfis para as ameaças e segmenta-las consoante o seu grau de risco e zona de impacto;
- d) Equipamentos avançados: possuir equipamentos mais avançados, ligados através de inteligência artificial, onde estas possam aprender a linguagem e padrões de comportamento e assim adaptar-se de acordo para lidar com as ameaças, entendendo os perfis dos *hackers*, históricos e métodos de ataque; e
- e) Verificar e atualizar a integridade dos equipamentos: equipamentos menos utilizados tendem a ser esquecidos e não são atualizados, e isso cria uma vulnerabilidade para a empresa.

Para que as tecnologias da I4.0 cumpram os seus objetivos, é necessário que o foco das empresas em investirem em estratégias de cibersegurança não passe para segundo plano. Pelo contrário deverá ser o principal fator da transformação digital (Ritesh, 2020).

3.3.4.9. Processos aditivos

Os processos aditivos, também conhecidos como impressões 3D, consistem no fabrico de objetos físicos em dimensões reais, provenientes de um programa digital, onde são sobrepostas camadas sucessivas de uma determinada matéria-prima, até se chegar ao modelo final (Canas, 2014).

Estes tipos de processos trazem variadíssimas vantagens em relação aos métodos mais tradicionais. Através deles, as empresas podem realizar processos de prototipagem rápida, com menor custo, menor desperdício e onde as complexidades das peças podem ser maiores, e usando vários tipos de materiais, como: o plástico; o metal; a cerâmica; entre outros (Yang & Zhao, 2015).

No entanto, processos aditivos também trazem algumas limitações não sendo totalmente viável. Assim as empresas preferem os processos tradicionais do que investir, num processo que ainda tem limitações. As peças que são fabricadas através de processos aditivos têm muitas limitações em relação ao seu acabamento pois o material arrefece rapidamente o que leva a distorções e tensões, causando problemas na peça. A qualidade da superfície também depende da espessura da camada e da orientação de deposição do material (Boschetto & Bottini, 2015; Singh et al., 2017).

A maioria das empresas considera que os processos aditivos ainda não são operações fiáveis em relação aos métodos mais convencionais, sendo ainda pouco precisos e com um elevado custo dos materiais utilizados. No entanto, este tipo de processos está a crescer muito rapidamente e espera-se que ultrapasse todas as barreiras atuais e se torne uma tecnologia muito importante na prototipagem de produtos (Tofail et al., 2018).

3.4. A evolução tecnológica e a gestão de riscos - Normas de suporte às organizações

Nas empresas o risco e a incerteza afetam todos os processos. Tal facto pode levar a avaliações e decisões erradas bem como a mudanças inesperadas, o que poderá resultar em enormes perdas para a empresa (Heckmann et al., 2015). Cresce que os riscos não se limitam única e exclusivamente a uma empresa, mas também, a todas as partes interessadas (Dellermann et al., 2017).

Sendo que nos dias de hoje, com o desenvolvimento tecnológico e com a aplicação das tecnologias de suporte à I4.0, o número de ameaças é muito maior e os danos que podem causar também aumentaram. Por este motivo, é que a gestão de risco nas empresas é cada vez mais importante para identificar as ameaças, analisá-las e desenvolver uma resposta atempada para que essas ameaças não provoquem perdas nas empresas (Ghadge et al., 2012).

Com o crescimento da digitalização nas empresas começaram por ser utilizados *softwares* de *Enterprise Risk Management* (ERM), que são usados para identificar potenciais ameaças que poderão afetar as empresas, e gerir o risco, de modo a oferecer segurança às mesmas (PricewaterhouseCoopers, 2012).

Começaram também a ser publicadas normas de suporte às organizações no que diz respeito à gestão do risco, sendo esta, a ISO 31000, publicada em 2009 e atualizada em 2018. Esta norma abrange um conjunto de diretrizes e princípios, que podem ser utilizadas por qualquer organização, e ajuda a aumentar a segurança e probabilidade de atingir os objetivos, a identificar e a melhorar as oportunidades e alocar os recursos de uma forma mais eficaz para o tratamento do risco (International Organization for Standardization, 2018).

Outra norma utilizada é a IEC 31010 – Gestão de risco - técnicas de avaliação de risco – também publicada em 2009 e atualizada em 2019, esta complementa a norma referenciada anteriormente, e descreve os processos a serem seguidos pelas organizações, entregando uma vasta gama de novas técnicas de identificação e compreensão do risco empresarial, que são aplicadas desde a definição do projeto, até à entrega do mesmo (International Organization for Standardization, 2019).

Por fim a ISO 73 – Gestão de risco - vocabulário – publicada em 2009, sendo o vocabulário de gestão de riscos, que complementa a ISO 31000, dando uma coleção de termos e definições relacionadas com a gestão do risco (International Organization for Standardization, 2009).

Tais normas têm um papel fundamental para as empresas, pois se seguirem os seus princípios, e identificarem e analisarem as ameaças, podem alcançar um elevado nível de maturidade em relação à gestão do risco, e assim efetuar tomadas de decisão mais seguras, eficientes e eficazes.

3.5. Impacto da indústria 4.0 no desempenho das organizações e criação de valor

Segundo Pereira & Romero (2017) as três primeiras revoluções industriais, tiveram um maior impacto, no chão de fábrica, e nos processos de produção, ao passo que a quarta revolução industrial, tem um impacto mais abrangente, tornando as organizações mais ágeis.

Ainda de acordo com Pereira & Romero (2017) a quarta revolução industrial, tem impacto em toda a cadeia de valor, alterando não só os processos de produção e de gestão, como também a forma de como as organizações interagem com os seus fornecedores e consumidores.

Refere Coelho (2016) que atualmente o consumidor procura uma experiência ao comprar um produto, isto porque não só espera um produto de qualidade que serve um propósito, mas importa também a marca, a embalagem, o serviço de atendimento e pós-venda, o que as pessoas possam dizer sobre ele, qual a reputação do mesmo nas redes sociais.

Ainda segundo Coelho (2016) os produtos e serviços, estão a ser produzidos integrando a melhor tecnologia do mercado, recolhendo assim mais dados dos seus utilizadores, para que as empresas saibam quais os seus pontos fortes e pontos fracos, corrigindo os erros e maximizando a utilização e aumentando o valor percebido de posse pelo cliente.

De acordo com Prause & Atari (2017) a produção deixará de ser massificada e passará a ser uma produção customizada, onde os produtos serão mais modulares e configuráveis com custos reduzidos, permitindo que estes dêem resposta a pedidos específicos dos clientes. Por sua vez, de acordo com Yin & Qin (2019) a produção será mais descentralizada, e assim haverá menos fluxo de atividades logísticas, por isso haverá uma redução de custos de energia e combustíveis, diminuindo a pegada ambiental da empresa.

Outro impacto da I4.0, incide nos recursos humanos. As tarefas mais repetitivas serão substituídas por equipamentos autónomos. Estes tornam a produção mais rápida, segura e eficiente, reduzindo os acidentes de trabalho, alterando os processos de trabalho das pessoas e motivando novas competências para desempenhar este tipo de trabalhos (Kagermann et al., 2013).

É possível admitir que a quarta revolução industrial irá criar mais empregos, pois irão surgir novas profissões e áreas de trabalho (Schwab, 2016). No entanto poderá também aumentar o nível de desemprego, visto que ao implementar a robotização autónoma e os sistemas de integração, várias pessoas ficarão desempregadas, sendo que as menos qualificadas serão dispensadas, e aquelas que têm mais formação e competências a nível tecnológico poderão ter mais oportunidades profissionais (Russmann et al., 2015).

Decorre de um estudo realizado por Simoes et al. (2019) que a eficiência na produção aumentou com a implementação de automação robótica, ajudando a melhorar a produtividade e a qualidade do produto, a utilização do espaço de trabalho melhorou e o processo produtivo tornou-se mais flexível.

Outro impacto causado pela I4.0 é a interação das pessoas com as máquinas, isto leva a que as empresas tenham mudanças significativas na estrutura organizacional e na natureza dos processos industriais (Russmann et al., 2015). De acordo com Romero et al. (2016), o aparecimento dos sistemas de informação, possibilita que as pessoas interajam com as máquinas, através do uso de dispositivos móveis como *smartphones* ou *tablets*, que permitem controlos operacionais mais intuitivos, eficientes e rápidos.

De acordo com Arnold et al. (2016) as empresas que pretendem continuar a ser mais competitivas terão de aumentar o seu investimento nas tecnologias da I4.0, investindo, pois, em mais equipamentos e tecnologia inteligente e contratação de pessoas mais qualificadas para desempenhar em tarefas relacionadas com essas tecnologias. Será também importante investir em tecnologias de IoT e em sensores que monitorizem todo o processo empresarial, o que irá permitir o desenvolvimento e otimização dos processos produtivos e gerar vantagens para a gestão de produção (Kagermann et al., 2013).

De acordo com Hermann et al. (2015) a implementação da I4.0, contribui para a cadeia de valor, melhorando a utilização de recursos e dos fluxos de trabalho e diminuindo os impactos ambientais e sociais. De acordo com Kagermann et al. (2013), este contributo na cadeia de valor ajudará também a reduzir os custos operacionais, evitar o desperdício, e produzir com segurança, qualidade e eficiência. Acresce que com novas ideias de negócio e *startups* haverá um impacto em todas as outras empresas, aumentando as ofertas de produtos e serviços (Kagermann et al., 2013).

3.6. A indústria 4.0 no suporte à implementação de práticas *lean manufacturing*

As origens das ideias e princípios que suportam a filosofia *Lean* surgiram pela primeira vez, através das inovações realizadas pela Fabricante Japonesa de automóveis – Toyota *Motor Corporation* (Ohno, 1988). De acordo com Aparecido & Deciv (2006) o nome *Lean* foi atribuído, pois considera-se que esta filosofia utiliza menores quantidades de matéria prima, energias e combustíveis em comparação com os outros processos de produção convencionais.

A filosofia *Lean* aponta para que as empresas se tornem mais lucrativas, eliminando os desperdícios, focando-se nos clientes. Esta filosofia tem como objetivo alcançar o máximo aproveitamento dos recursos disponíveis nos processos produtivos (Hobbs, 2003).

De acordo com Markovitz (2011) a filosofia *Lean* está muito envolvida na capacidade que uma empresa tem de se autocorrigir, resolver os problemas, e de se dedicar á melhoria continua.

A filosofia *Lean* de um modo mais simples é a diferença entre a criação de valor e a eliminação de desperdício, isto é, o valor de um produto que satisfaz as necessidades e expectativas do cliente num determinado momento com um preço apetecível. Sendo assim, ser *Lean* é identificar e eliminar todos os desperdícios, sejam eles de tempo, matéria prima, stocks, sobreprodução, transportes, defeitos, movimentos, sobre processamentos, esperas, e pessoas subutilizadas, e através disso criar valor (Stone, 2012). Na figura 3 está demonstrada a filosofia *Lean* e os princípios fundamentais que a sustentam.

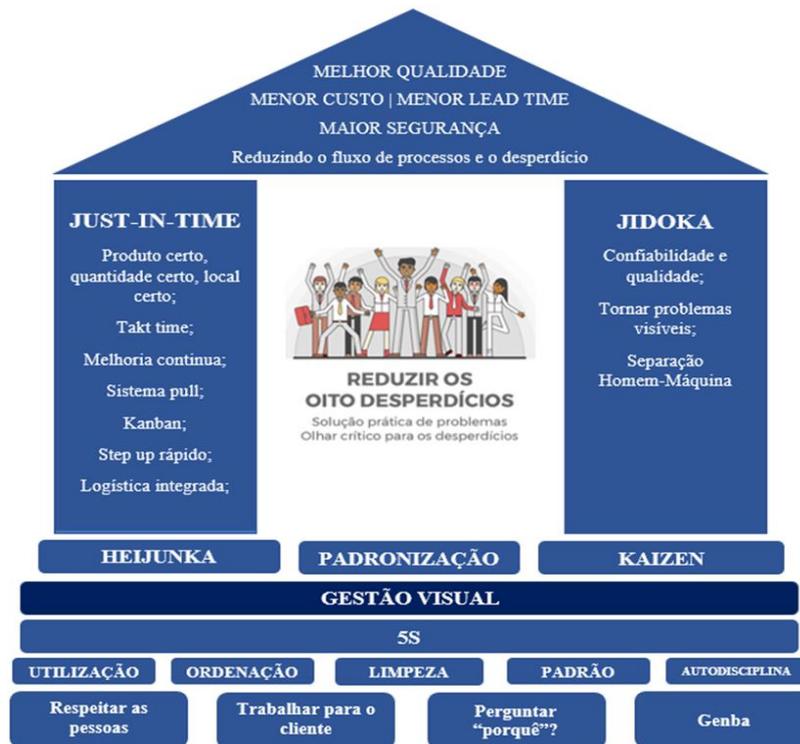


Figura 3: Toyota Production System;

Fonte: Adaptada de Toyota production system house., scrumoffice.blogspot.com.

Esta filosofia sustenta que as pessoas são importantes e elementos decisivos na empresa, visto que são elas que têm melhores soluções para resolver os problemas, pois conhecem todos os processos produtivos. Assim uma empresa deve formar todas as pessoas e fazer com que eles se envolvam na implementação de ferramentas *Lean* no ambiente industrial (Smith & Hawkins, 2004).

Referem Womack & Jones (2008) que em *Lean Manufacturing* existem alguns princípios fundamentais, como sejam:

- a) O sistema Pull: a produção de um produto ou prestação de um serviço, somente é iniciada quando existe um pedido do cliente. As empresas não podem produzir o que

julgam que os clientes poderão precisar, mas sim no momento exato de quando é feita a encomenda;

- b) Criar valor: disponibilizar ao cliente um produto ou serviço pelo qual este não tenha receio em o comprar. Posto isto, as empresas necessitam de conhecer detalhadamente as suas partes interessadas e o que estas valorizam, identificando assim os desperdícios, criando valor;
- c) Definir a cadeia de valor: a cadeia de valor consiste na combinação de atividades que são transversais a toda a empresa, que vai desde o planeamento, à venda de um produto, identificando assim etapas que adicionem valor ao produto.
- d) Otimizar o fluxo: consiste em encontrar o melhor procedimento para otimizar a criação de valor de um produto, eliminando qualquer tipo de desperdício na produção do mesmo; e
- e) Perseguir a perfeição: O principal objetivo da cadeia de valor deve ser a perfeição. Com a integração dos princípios anteriores e da filosofia *Lean* surgirão mais desperdícios, então as empresas têm como objetivo focar-se na melhoria contínua, e tentar sempre eliminar todos os desperdícios futuros, tentando atingir a perfeição.

De acordo com Ohno (1988), já nos anos 60, os processos de produção deveriam ser, de alguma forma, automatizados e as pessoas da empresa só iriam supervisionar esses processos. Assim, a I4.0 tem um grande potencial de investigação no que diz respeito à melhoria contínua tornando algumas das ferramentas da filosofia *Lean* ultrapassadas, no entanto outras poderiam fortalecer o seu objetivo e alcançar melhores resultados (Frison, 2015).

Admite-se então que as empresas que já estão familiarizadas com a implementação das ferramentas e da filosofia *Lean*, estão sujeitas a um risco menor ao introduzir posteriormente as ferramentas da I4.0. A produção *Lean* tem um carácter integrativo, é mais normalizada e transparente e focada no essencial, comparativamente com outras metodologias de produção. Por isso os processos tornam-se mais complexos, dando assim espaço para a aplicação das tecnologias da I4.0 (Kolberg & Zühlke, 2015).

De acordo com Sharda & Chongwatpol (2013), a utilização das tecnologias da I4.0 pode-se tornar num reforço importante para as ferramentas *Lean*, fornecendo informações sobre os desperdícios e falhas dos processos da empresa. Em seguimento do pensamento dos autores Rüttimann & Stöckli (2016), a I4.0 não se sobrepõem à filosofia *Lean*, ambos os

sistemas têm uma dependência mútua e com características específicas de utilização, dependendo do produto e do volume de produção.

O processo de produção sempre será a prioridade e nenhuma filosofia se pode sobrepor. O objetivo da filosofia *Lean*, em eliminar os desperdícios de produção (e outros desperdícios) e melhorar continuamente, suporta a implementação da I4.0, pois se um processo conectado ou automatizado não criar valor é dispensável, no entanto se criar valor pode ser apoiado pela filosofia *Lean* (Metternich et al., 2017).

A aplicação dos dois métodos em conjunto dá origem à automação *Lean*, que visa a integração das melhores ferramentas dos dois métodos, e um exemplo é a adição de tecnologias de informação no método *Kanban* tornando-o mais eficiente (Kolberg & Zühlke, 2015).

A utilização dos dois sistemas em simultâneo, tornará mais eficiente o uso de equipamentos e pessoas enquanto recurso, o que trará vários benefícios para as empresas, tais como (Tamás et al., 2016):

- a) Através da IoT poder-se-á efetuar comunicações entre dispositivos, assim o controlo passará a ser descentralizado;
- b) As decisões serão tomadas em tempo real com a ajuda das simulações, e deixarão de ser processos de decisão complexos;
- c) Os sistemas de produção planeados serão substituídos pelos sistemas de produção modulares, isto será possível com o aumento de equipamentos flexíveis;
- d) As partes passivas serão alteradas para sistemas integrados e inteligentes que podem influenciar os processos através do uso de informação armazenada;
- e) A nuvem ajudará a otimizar sistemas e empresas, com capacidade de armazenar mais dados e tornando-os disponíveis para toda a empresa em tempo real; e
- f) Com o *big Data*, grandes volumes de dados irão ser recolhidos, armazenados, e processados, permitindo novos modelos de negócio.

Apesar de todas estas vantagens do suporte da I4.0 na implementação de práticas de *Lean Manufacturing*, foi possível ainda recolher algumas desvantagens tais como, a ausência de uma arquitetura padrão para uma implementação da filosofia *Lean* suportado por um sistema integrado, o que gera muitas dificuldades no processo de integração (Ma et al., 2017). Segundo estes autores a filosofia *Lean* alcança o seu limite em processos de produção complexos, no contexto da I4.0, sendo assim um entrave a inovação e criatividade. De acordo com Yin et al. (2018) uma das vantagens competitivas da I4.0 é a customização em massa,

e que apesar de serem flexíveis e eficientes, os sistemas *Lean* não conseguem acompanhar o seu ritmo por serem ferramentas um pouco lentas comparadas com as tecnologias da quarta revolução industrial.

As tecnologias da I4.0 podem apoiar a implementação de uma produção *Lean*, tornando a produção mais flexível, reduzindo os esforços humanos com o uso de tecnologias, e tornando a comunicação na empresa mais fácil e rápida com a melhoria dos sistemas de integração (Lima, 2018).

3.7. Drivers e barreiras na utilização da indústria 4.0

Além de compreender a noção de I4.0, é necessário conhecer os *drivers* que levam as empresas a olhar para estas tecnologias com bons olhos. As constantes mudanças irão levar a uma sociedade em rede, o que irá afetar também o mundo dos negócios (Bauer et al., 2015). (Roth et al., 2017) asseguram que se está a caminhar para uma sociedade do conhecimento ubíqua, na qual equipamentos inteligentes e autónomos são inevitáveis, e onde a diminuição da mão-de-obra, devido ao declínio e ao envelhecimento da população, irá levar a que as empresas comecem a investir nas tecnologias da I4.0 (Götz & Jankowska, 2017).

Um *driver* para o uso das tecnologias da digitalização é o facto de estes criarem uma grande vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes, aumentando a sua capacidade de produtividade e reduzindo o desperdício da empresa (Bauer et al., 2015). De Sousa Jabbour et al. (2018) observaram que a I4.0 pode afetar positivamente a fabricação ambientalmente sustentável, com o desenvolvimento de produtos verdes, processos de produção e de gestão na cadeia de valor.

Por sua vez, a análise dos dados recolhidos pelos equipamentos também pode ser considerado como um driver, pois através dela as tomadas de decisão serão mais rápidas e o suporte para gestão do conhecimento será muito melhor (Uden & He, 2017).

Todo o modelo de negócio ir-se-á alterar com a utilização da I4.0, permitindo novas formas de criação de valor. Visto que como a digitalização é o futuro, os produtos e serviços oferecidos pelas empresas também serão cada vez mais digitalizados, e isso irá levar a mudanças de relacionamento com os clientes, aumentando a inovação no *design* de produtos e serviços (Satoglu et al., 2018).

Existem estudos que afirmam que a política governamental influencia de forma positiva o aumento do uso de tecnologias da I4.0. O governo pode criar uma circunstância amigável para atrair as empresas a adotarem novas tecnologias (Lin et al., 2018).

No entanto também existem muitas barreiras para as empresas em relação ao uso das tecnologias da digitalização.

Isto porque através dos resultados de uma pesquisa realizada por Grufman & Lyons (2020), as empresas identificaram como barreiras à utilização das tecnologias e da filosofia da I4.0 são as seguintes:

- a) Benefícios económicos pouco claros;
- b) Falta de mão-de-obra qualificada;
- c) Desconfiança na segurança dos dados;
- d) Questões legais complexas;
- e) Falta de cultura corporativa para o conceito I4.0;
- f) Redes de *internet* pouco adequadas;
- g) Pouca informação da necessidade de mercado;
- h) Falta de recursos financeiros para realização de investimentos; e
- i) Desconfiança da força de trabalho em relação á digitalização.

Acrescem algumas das barreiras que as empresas defrontarão no processo de utilização e evolução da I4.0, resultam da capacidade das mesmas, estarem aptas para gerirem processos de mudança. Na tabela, são descritas as principais barreiras à implementação da I4.0, sendo estas:

Tabela 7: Principais barriras da implementação da I4.0.

Barreira	Descrição
Resistência por parte das pessoas da empresa	Necessário realizar alguns projetos piloto que ajudem a organização a preparar-se para uma mudança, quer ao nível das pessoas, quer ao nível da adequação das infraestruturas da empresa (De Carvalho et al., 2020); (Barros et al., 2017); Dalkir, 2005);
Falta de modelos de implementação das tecnologias da I4.0	Sem a definição de uma arquitetura de referência que respeite certas normas, os utilizadores e processos podem não comunicar de forma eficaz (Müller et al., 2018);
Investimento avultado	As PME não possuem um grande poder de investimento, o que faz com que não possam correr tantos riscos ao investir na I4.0. Não se trata só de investimento capital, mas também em pessoas, que são um pilar essencial desta mudança. Será necessária uma combinação de competências, sobretudo a nível digital, o que pode levar a alterações no sistema de ensino atual. Este deverá ser um dos mais importantes desafios para as empresas. Será importante também haver um investimento em cibersegurança para prevenir danos nas informações que a empresa detém. (Müller et al., 2018); (CE, 2016); Maresova et al., 2018; Thames & Schaefer, 2017);

3.8. Riscos (ameaças e oportunidades) da indústria 4.0

A implementação de inovações digitais necessita que as oportunidades consigam compensar os riscos, e que estes sejam escortinados (Müller et al., 2018). Segundo Soltovski et al. (2019), a implementação da Indústria 4.0 trás muitos riscos para as empresas, e pode-se dividir estes riscos em quatro dimensões: Económica, Social, Ambiental e Tecnológica, conforme a tabela 8.

Tabela 8: Riscos Associados à Indústria 4.0.

Risco Económico		
Riscos Financeiros	Elevado custo de implementação	Necessidade de uma grande quantia de Investimento para o progresso da infraestrutura para a I 4.0 e adaptar toda a tecnologia envolvida (Arnold et al., 2016);
	Retorno financeiro incerto	Possibilidade de o investimento não gerar o retorno esperado (Müller et al., 2018);
Risco de Planeamento	Implementação pouco precisa	Implementação de tecnologias da I4.0 de forma errada (Müller et al., 2018);
	Risco para as PME	PME podem-se tornar vítimas das mudanças tecnológicas e por em causa toda uma cadeia de valor (Müller et al., 2018);
	Dependência de parcerias	Empresas tornar-se-ão dependentes de fornecedores com conhecimentos e informações necessárias para o desenvolvimento tecnológico (Müller et al., 2018);
Mercado	Aumento da competitividade	Com o aparecimento de novas empresas e do desaparecimento de outras, surgirão novos modelos de negócio, aumentando assim a competitividade (Arnold et al., 2016);
	Interferência negativa de clientes	Os clientes poderão afetar de forma negativa a implementação de novos modelos de negócio e de novas tecnologias, com ajustes e especificações desnecessários (Müller et al., 2018);
	Dificuldade de aceitação de clientes	Os Clientes podem não aderir as novas soluções da I4.0 (Arnold et al., 2016);
Riscos Sociais		
Capital Humano	Mão de obra pouco qualificada	Mão-de-obra pouco qualificada para utilização das novas tecnologias (Arnold et al., 2016);
	Recetividade à mudança	Parceiros e trabalhadores podem ter alguma recetividade à mudança para um ambiente mais tecnológico (Arnold et al., 2016);
Capital Humano	Risco à integridade física de trabalhadores	Acidentes de trabalho que envolvam uma tarefa entre pessoa e máquina (Jansen & Jeschke, 2018);

(Continuação)

Riscos Sociais		
Capital Humano	Problemas psicossociais	Trabalhadores podem desenvolver problemas psicossociais causados pelas transformações digitais (Hirschi, 2018);
Sociedade	Aumento das desigualdades sociais	Uma fração mais pequena da população poderá ser mais favorecida pelas melhorias procedentes das tecnologias associadas à I4.0 (Freddi, 2017);
	Perda de posições de trabalho	Aumento do desemprego originado pela substituição de pessoas por máquinas no processo produtivo (Freddi, 2017);
Legalidade e Ética	Consequências éticas devido ao uso de Inteligência Artificial	A Inteligências Artificiais pode não estar apta para reconhecer questões éticas na tomada de decisões autónomas (Winfield et al., 2019);
	Invasão de privacidade	Ao sofrer invasões informáticas, as empresas ficarão com os dados dos clientes e trabalhadores expostos e danificados (Özdemir, 2018);
Riscos Ambientais		
Consumo	Aumento no consumo de recursos naturais	Consumo de recursos naturais elevado para a criação de novas tecnologias para colmatar as necessidades da I4.0 (Bonilla et al., 2018);
	Alto consumo de energia	Consumo elevado de energia para a utilização das novas tecnologias (Bonilla et al., 2018);
Poluição	Resíduo eletrónico	Com o aumento da utilização de novas tecnologias e maquinaria, levará a um aumento do resíduo eletrónico, originado pela permuta de equipamentos (Bonilla et al., 2018);
	Risco de emissões poluentes	Aumento do uso de combustíveis para fabricação de novos equipamentos, logística de máquinas arcaicas e uso de energias primárias para operação das tecnologias podem produzir emissões carbónicas (Bonilla et al., 2018);
Riscos Tecnológicos		
Riscos Técnicos	Interferências de sinais	Elevado número de dispositivos interligados em simultâneo, causando interferências entre os mesmos (Sisinni et al., 2018);
	Incapacidade técnica da rede	Incapacidade de a internet industrial suportar a grande quantidade de dados que serão gerados (Sisinni et al., 2018);
Riscos Técnicos	Falta de interoperabilidade	Máquinas e sistemas integrados podem não ter capacidade de comunicar entre si devido à grande diversidade de formas de dados (Sisinni et al., 2018);
	Caos tecnológico	Falhas em sistemas integrados pode causar muitos danos dentro de uma empresa (Ivanov et al., 2018);

(Continuação)

(Continuação)

Riscos Tecnológicos		
Segurança de dados	Ciberataques	Invasão de sistemas e dispositivos (Jansen & Jeschke, 2018);
	Divulgação de dados privados	Divulgação de dados de clientes, parceiros e outras empresas (Müller et al., 2018);
Gestão dos Dados	Análise pouco eficiente dos dados	Análises pouco eficiente dos dados e informações gerados pela empresa, dificuldades na gestão do Big Data (Ivanov et al., 2018);
	Dados com pouca qualidade	Os dados que a empresa gerou através das pessoas, dispositivos e sistemas integrados, têm pouca qualidade (Chen et al., 2018);

No entanto a I4.0 não trás só riscos em termos de ameaças. Também proporciona várias oportunidades que as empresas podem aproveitar e com isso tornarem-se mais competitivas no mercado. As principais oportunidades da I4.0: a) incluem a individualização dos perfis dos clientes; b) a flexibilidade e adaptação de processos mais sustentáveis de produção e logística; c) a melhoria na tomada de decisão; d) a introdução de equipamentos de produção avançados; e e) aplicação de automação inteligente, modelos de negócios e organizacionais adaptados às novas necessidades (Spath et al., 2013).

Uma das maiores oportunidades da I4.0 é a capacidade dos sistemas integrados, inteligentes e automatizados, organizarem e controlarem os processos produtivos com base nos dados recolhidos pelos equipamentos que estão presentes nas linhas de produção e através dos perfis dos clientes, aumentando ou diminuindo a produtividade, consoante a procura do cliente ou a sazonalidade do produto (Monostori, 2014). De acordo com (Stock & Seliger, 2016), estes dados irão ajudar também as empresas a conhecer melhor os seus clientes moldando os produtos às necessidades dos mesmos.

Através da utilização da grande quantidade de dados que as empresas recolhem através de equipamentos mais avançados e inteligentes, irão surgir cada vez mais, novos modelos de negócio. Estes modelos vão alterar os comportamentos de todas as partes interessadas e da sociedade em geral (Bocken et al., 2014; Spath et al., 2013). Além disso, os modelos de negócios serão mais sustentáveis aumentando a competitividade no longo prazo (Schaltegger & Wagner, 2011).

A conectividade de redes de criação de valor permite novas oportunidades para a concretização do ciclo de vida dos produtos, criando uma simbiose industrial, permitindo uma coordenação eficiente dos fluxos de produto, matéria-prima, energia, logística, e serviços ao longo dos ciclos de vida do produto, bem como entre diferentes fábricas. A

simbiose industrial descreve a cooperação entre empresas, de uma forma rápida e eficaz, para obter uma vantagem competitiva por meio do comércio e de compra e venda de produtos, matéria-prima, energia, logística e serviços (Chertow, 2007).

Ao aplicar os conceitos da I4.0 as empresas irão necessitar de mudanças na organização e nos processos produtivos, adaptando-os às necessidades das tecnologias a implementar, tornando assim toda a empresa mais eficientes, aumentando a produtividade (Swat et al., 2014).

3.9. Indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas

As PME desempenham um papel fundamental no desenvolvimento da economia de qualquer país. Mas, devido à inovação tecnológica e à automação no ambiente industrial, as empresas que não se adaptarem aos requisitos desta revolução digital, tornar-se-ão muito pouco competitivas (Türkeş et al., 2019). As PME enfrentam tremendos desafios na mudança dos processos tradicionais para processos mais modernos e tecnológicos, desafios esses que incluem a falta de fundos, a falta de mão de obra qualificada, e a implementação da automação, *big data* e análise de dados. Tal facto contrasta com a realidade das grandes empresas que têm recursos para investir em tecnologia e mão-de-obra qualificada, o que torna a transição para a digitalização muito mais fácil (Lee et al., 2014, 2015).

De acordo com Türkeş et al., (2019), as PME estão cientes que o processo de adoção e aprendizagem das novas tecnologias industriais é demoroso, mas também sabem que com a implementação das mesmas haverá melhorias e benefícios nos processos que as ajudarão a sobreviver num ambiente globalizado e mais competitivo.

Apesar do crescente interesse das PME em relação às tecnologias da I4.0, poucas são aquelas que conseguem lidar com os desafios e saírem bem-sucedidas da sua implementação (Nwaiwu et al., 2020)

No presente ponto 3.9, serão abordados os desafios, fatores negativos, problemas e dificuldades da implementação da I4.0, como também as motivações, os benefícios e os principais fatores críticos para que as PME implementem as tecnologias da I4.0.

3.9.1. Desafios da adoção das tecnologias da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas

De acordo com Ferreira (2018), em Portugal, a evolução para a I4.0 será feita tendo em consideração os ciclos de reinvestimento da capacidade instalada. Ao comparar a realidade das empresas portuguesas com as empresas de outros países, percebe-se que as empresas portuguesas irão ter enormes desafios pela frente.

A escassez de recursos financeiros é um dos obstáculos significativos para a implementação da indústria digital, visto que as empresas não podem investir, não só em equipamentos mais avançados, mas também não podem investir nos recursos humanos, para formar as pessoas ou até mesmo contratar mão-de-obra mais qualificada (Kiel et al., 2017).

Um dos maiores desafios para a adoção da I4.0 é a escassez de pessoas qualificadas e a necessidade de treinar novamente o grupo de trabalho, para se alinhar com o novo contexto (Kiel et al., 2017). No futuro, haverá novas formas de trabalho, levando a efeitos positivos e negativos para as pessoas. Estas mudanças nas condições de trabalho podem levar a conflitos na organização das empresas (Smit et al., 2016).

Nagy (2019) observou que podem ocorrer desafios devido à padronização, problemas no interior das empresas, bem como nas ferramentas e sistemas das empresas. Para atingir a interoperabilidade dos sistemas integrados e estes alcancarem todo o potencial, é necessário que haja uma arquitetura de implementação de referência que sigam certas normas e possibilite a ligação mais eficaz entre todos os utilizadores e processos integrados na produção, então os padrões são muito importantes.

Com a falta de uma implementação padrão para as empresas, as informações que estudam, analisam e armazenam podem ter formatos diferentes e por isso não serem compatíveis com outros sistemas, por isso a I4.0 ainda está um pouco limitada à produção local (Smit et al., 2016).

Outro desafio da adoção da I4.0 é a insegurança que as empresas têm, em colocar os seus dados na *internet* e na nuvem, pois como ainda é um tema relativamente recente, existem poucas questões legais que salvaguardem as informação (Weber & Studer, 2016). De acordo com Kovács (2017) devido ao aumento das tecnologias e dos dados, as empresas têm receio de que o tratamento dos mesmos não seja o melhor. Por isso terão de existir procedimentos que garantam um nível alto de segurança, salvaguardando a privacidade dos dados, o processo produtivo, o conhecimento, a propriedade intelectual, e a segurança e saúde dos colaboradores (Smit et al., 2016).

Mais um desafio, é a falta de clareza dos benefícios da I4.0, sendo assim as empresas ficam mais recetíveis à sua adoção (Basl & Doucek, 2019). A confiabilidade e a estabilidade das tecnologias devem ser garantidas para que as empresas conheçam os benefícios da I4.0 (Sung, 2018).

É elementar também salientar o papel da organização do trabalho (Kiel et al., 2017). Uma das principais tarefas de uma empresa é gerir a resistência e a aceitação da cultura de inovação (Kiel et al., 2017). O processo de produção deverá ser adaptado, com vista a

suportar a produção individualizada e com custos reduzidos. Para atingir mais competitividade, as empresas devem incentivar os seus colaboradores, a serem mais criativos, pois as tarefas mais rotineiras e de ergonomia complexa serão realizadas por equipamentos autónomos, e serão necessárias novas interfaces entre pessoas e dispositivos que consintam em novos modos de interação adaptados às novas limitações de trabalho (Khan & Turowski, 2016).

3.9.2. Fatores que afetam a implementação da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas

Um fator que afeta a implementação da I4.0 é a questão de como motivar novos colaboradores para a utilização das tecnologias e fluxo de trabalho. Assim as empresas terão a necessidade de fortalecer os conhecimentos das pessoas, pois irão existir novos empregos e a procura da produção irá ser completamente diferente. Consequentemente serão esperadas algumas alterações na gestão dos recursos humanos. Será necessário alterar o sistema de ensino, que está muito formatado, e fazer com que se torne mais suscetível ao empreendedorismo e á inovação (Poor & Basl, 2018).

Outro fator que afeta a I4.0 é a gestão de processos, com uma boa introdução da digitalização e da configuração do *benchmarking*, será possível controlar e monitorizar continuamente os processos de toda a empresa tornando-os mais eficientes (Lee & Huh, 2018).

Mais um fator que afeta a digitalização é a gestão do conhecimento, tanto o conhecimento tácito como o conhecimento dos colaboradores, são muito importantes na criação de inovação e na introdução de novas tecnologias e na criação de valor. Os sistemas integrados ajudam imenso na gestão do conhecimento, fornecendo dados importantes sobre o mercado e os clientes, o que pode levar as empresas a se ajustarem a novas tendências e necessidades dos clientes, tornando-se mais flexíveis (Vrchota et al., 2019).

O conhecimento é visto como vantagem competitiva, a empresa que tiver mais conhecimento do mercado e do cliente tem uma grande vantagem em relação às outras que não o tenham. No entanto as PME podem não ter recursos para efetuar essas mudanças, pois as grandes empresas têm os seus próprios centros de investigação e desenvolvimento, bem como funcionários que lidam com áreas específicas, enquanto as PME não (Vrchota et al., 2019).

Outro fator são os equipamentos que as empresas utilizam, que são antigas e não têm qualquer forma de serem interligadas. Para que ocorra um aumento de competitividade e de

produtividade, é necessário que as empresas acelerem os processos produtivos, e que consigam flexibilizar a produção para garantir que os seus produtos são orientados para os seus clientes (Wang et al., 2016). Para que isso aconteça, as empresas têm de ter a sua disposição equipamentos mais modernos, que se consigam interligar e gerar mais dados que possam ajudar a empresa a atingir essa eficiência, e ajudar a conhecer mais todas as partes interessadas (Gilchrist, 2016). No entanto as PME podem fazer um mau investimento ao investirem nestas tecnologias, pois podem ser ineficientes para a sua dimensão (Huh & Lee, 2018).

Assim, os fatores financeiros também afetam a quarta revolução industrial. As empresas podem não ter os recursos financeiros necessários para efetuarem essa mudança, ou então até pode ter o financiamento para essa implementação, no entanto esta tem de avaliar se justifica ou não implementar as tecnologias, pois as empresas podem não ter a procura para a capacidade que as máquinas têm ou podem não ter a capacidade de manter ou de realizar a manutenção das mesmas por estas serem mais caras e complexas. Investir neste tipo de equipamentos pode tornar a empresa pouco eficiente e eficaz (Vrchota et al., 2019).

E por fim outro fator é o apoio do governo e comunidades em que as empresas se integram, visto que são eles que podem ajudar com investimentos através da forma de conhecimento como também financeiro, fazendo com que as empresas têm um menor custo de investimento e consigam assim aumentar a sua produtividade, tornando-se mais competitivos (Vrchota et al., 2019).

3.9.3. Problemas relacionados com a implementação da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas

As PME têm imensos problemas no que retrata a implementação da I4.0 e as suas tecnologias.

Um desses problemas é que muitas das PME são antigas e têm uma vasta tradição, quer no mercado quer no seu grupo de clientes estabelecido. Com isso também são portadoras de equipamentos antigos, que falham com frequência. Devido aos baixos níveis de produtividade, e lucro, estas não têm capacidade para comprar novos equipamentos, já totalmente autónomos. Mesmo sendo possível a compra de uma máquina ela não seria viável, porque a eficiência de tal máquina seria muito alta para este tipo de empresas (Bär et al., 2018).

Um problema que afeta imenso as empresas, é a resistência que os colaboradores, das mesmas, mostram em relação as novas tecnologias. A gestão de topo tem um papel fundamental, pois é ela que tem de explicar e de convencer as pessoas, que as tecnologias são uma mais-valia para um funcionamento mais eficiente da empresa e que os próprios podem beneficiar das mesmas (Ingaldi & Ulewicz, 2020).

Outro problema que também é crucial para as empresas, é a escassez de trabalhadores especializados em sistemas integrados e em áreas como a robótica e automação. Por este motivo, estes trabalhadores são muito importantes, então tornam-se um encargo elevado para as empresas, pelo o seu salário e o seu custo de obtenção (Ingaldi & Ulewicz, 2020).

Segundo Ingaldi & Ulewicz (2020), o portfólio de produtos das empresas também se torna um problema, visto que têm uma pequena variedade de produtos e estes não estão adaptados para a integração com a I4.0, então a utilização de processos autónomos não são eficientes.

3.9.4. Dificuldades na implementação da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas

Uma das maiores dificuldades da implementação da I4.0 é a falta de conhecimento que existe por parte dos gestores da PME. Isto significa que as pessoas à frente das organizações, nunca ouviram falar deste tema, ou sabem o mínimo sobre o mesmo, não sabendo das vantagens que as tecnologias da I4.0 podem trazer para a sua empresa (Schönreiter, 2017).

Com esta dificuldade advém outra, que é a falta de um modelo padrão para a implementação destas tecnologias, assim estas empresas não tendo o seu próprio centro de investigação e desenvolvimento, não têm onde se fundamentar para implementação da I4.0 (Karimov & Abrahamsson, 2019).

De seguida vêm as dificuldades financeiras que as empresas têm para a implementação destas tecnologias, visto que não possuem orçamentos elevados para realizar investimentos avultados e quando possuem o mas frequente é que essa implementação se torna ineficiente (Walendowski et al., 2015).

E por fim identificam-se as dificuldades em encontrar as pessoas qualificadas e em formar as pessoas dentro das empresas. As empresas sentem que existe uma grande escassez de pessoas formadas em áreas relacionadas com as áreas da robótica, automação e gestão e análise de dados, o que torna os custos com estes profissionais muito elevados (Walendowski et al., 2015). E as formações das pessoas também trazem um grande custo para as empresas,

pois com a implementação destas tecnologias, a formação tem de ser contínua (Kagermann et al., 2013).

3.9.5. Motivações para a implementação da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas

As PME têm muitos motivos para avançarem com a implementação das tecnologias da I4.0.

Começando assim por abordar, aquele que pode ser o motivo mais atrativo para as empresas, que é o aumento da lucratividade. Com uma maior produtividade, maior eficiência, redução nos erros cometidos pelas pessoas, diminuição do desperdício gerado pela diminuição dos custos, sendo estes custos de energia, combustível e de matéria prima a empresa pode reduzir os seus custos operacionais, aumentando assim a margem de lucro na venda de um produto e assim aumentando, no final, a lucratividade da empresa (Moran, 2018).

Outro grande motivo para as PME avançarem para a implementação da I4.0 são os apoios internacionais e aqueles que são disponibilizados pelo Estado Português. Com o objetivo de ajudar as empresas, a Comissão Europeia (CE) lançou uma estratégia de apoio da digitalização da sua indústria (CE, 2016). Esta comprometeu-se a:

- a) Promover iniciativas nacionais e regionais que visem a digitalização da indústria;
- b) Realizar projetos-piloto de grande escala para reforçar as tecnologias da I4.0;
- c) Expor uma agenda para novas competências da união europeia, que irá contribuir para formar as pessoas com as competências necessárias para os empregos da era digital;
- d) Impor uma legislação que apoiará a circulação dos dados de uma forma mais fácil, mas com normas mais rigorosas de segurança e privacidade; e
- e) Determinar uma definição de uma língua comum, traduzida em padrões e normas, para os dados que as empresas irão acumular.

Para além desta iniciativa, a União Europeia aplicará cerca de 500 milhões de € na elaboração de uma rede pan-europeia de Centros de Excelência em Tecnologia para que as empresas possam ser aconselhadas e realizarem testes em inovações digitais. Estas medidas permitirão movimentar mais de 50 mil milhões de € em investimentos públicos e privados para apoiar a implementação da I4.0 (Siemens, 2017).

Em Portugal está em vigor o apoio do COMPETE 2020, que visa habilitar as PME nacionais ultrapassarem os desafios da I4.0, tendo como objetivo principal eliminar lacunas na integração de tecnologias características da digitalização industrial, ajudando assim a aumentar as competências de gestão e inovação (Pinto, 2019). Segundo Pinto (2019), este apoio pretende sensibilizar e mobilizar as empresas para as grandes vantagens da implementação da I4.0, estabelecendo projetos-piloto para que as empresas possam guiar-se por eles e criar ferramentas que possam agilizar a adoção das tecnologias.

Acrece que ao instrumento – Compete2020 – acima referido, as PME do distrito de Braga, ainda podem usufruir de mais outro apoio, o Norte2020, que é um instrumento financeiro que ajuda no desenvolvimento na região Norte de Portugal, gerido pela Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR-N). E entrou em vigor em 2015, estará disponível até 2023 e no total dos anos aplicará cerca de 3,4 mil milhões de € de verbas comunitárias. Este montante é dedicado a iniciativas públicas de investigação, desenvolvimento tecnológico e inovação, sistema urbano, educação e aprendizagem ao longo da vida, qualidade ambiental, inclusão social e pobreza, emprego e mobilidade, capacitação institucional e tecnologias de informação (Norte2020, 2015).

Mais um motivo para a gestão de topo das PME avaliarem e decidirem em adotar as tecnologias de I4.0, é o aumento da eficiência e da produtividade, o que levará também a produtos com melhor qualidade. Ao analisar os dados recolhidos pelos equipamentos do processo produtivo, a empresa pode prever, em tempo real, quando esses equipamentos provavelmente falharão e com isso limitar o tempo em que estão fora de serviço, identificando a causa da avaria e assim reparar ou substituir os equipamentos (Vinciguerra, 2019).

Segundo a empresa Woboton (2019), que faz parte do Grupo Atemix de Automação Industrial, as máquinas autónomas e integradas, irão gerar mais dados, que depois de serem analisados, poderão otimizar o processo de produção, tornando-o mais produtivo e mais rápido, ajudando à melhoria da tomada de decisão por parte dos gestores, visto que terão mais dados onde se basear.

A melhoria das condições de trabalho e sustentabilidade, também pode ser outro motivo para as PME se focarem na implementação da digitalização, pois, de momento, este deve ser um dos impactos mais criticados pela sociedade em todo mundo (Infraspeak, 2021).

Com as tecnologias disponíveis, é provável que as pessoas deixem de executar tarefas repetitivas e monótonas e passem a supervisionar o processo produtivo e a realizar tarefas direcionadas à gestão e análise dos dados. Através destas tecnologias também é possível a

criação de produtos mais sustentáveis e que não tenham tanto impacto no meio ambiente, garantindo menos poluição (Infraspeak, 2021).

Nas empresas poder-se-á tomar decisões mais assertivas, baseadas no grande número de dados que estarão disponíveis com a implementação da I4.0. Assim será possível uma redefinição de estratégia, cada vez mais rápida, como é demonstrado na Figura 4. Portanto, empresas que adotam as tecnologias da digitalização estão um passo à frente, visto que conseguem antever os desejos e gostos dos clientes e oferecer um produto e/ou serviço com um valor superior ao da concorrência (Almada-Lobo, 2017). Então assim verifica-se mais dois motivos para a implementação da I4.0 por parte das PME que são a tomada de decisão mais assertiva e o conseguir prever o que o cliente vai desejar, através da análise dos dados recolhidos.

Outro motivo muito importante para as empresas implementarem a I4.0, é conseguirem, através dos dados ficarem a conhecer o gosto dos seus clientes e a tendência que o mercado irá seguir (Coelho, 2016). O aumento do grau de competitividade das empresas também é uma grande motivação para que haja um investimento na I4.0, pois as empresas irão se tornar capazes de produzir, mais com menos desperdício de tempo e dinheiro o que poderá reduzir os custos de produção e consequentemente os custos dos produtos (Sony & Naik, 2019).

3.9.6. Benefícios decorrentes da implementação da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas

As tecnologias da I4.0 bem aplicadas podem levar a um grande impulso da competitividade económica e empresarial de um país. Através destas tecnologias as empresas podem ultrapassar muitos desafios tradicionais, como os altos custos de produção, mão de obra, entre outros. Os benefícios da I4.0 vão desde o aumento da produtividade e eficiência, à melhoria da flexibilidade e agilidade da empresa, melhorando assim a experiência do cliente (Moran, 2018). Da literatura identificam-se vários benefícios da implementação das I4.0 para as PME, relevando-se:

Tabela 9: Principais 62benefícios decorrentes da implementação da I4.0.

Benefícios	Descrição
Maior produtividade e melhor eficiência	Com uma produção mais autónoma e baseada nos dados irá ser necessário uma menor alocação de recursos reduzindo os desperdícios. As empresas irão tomar decisões baseadas informação recolhida, melhorando a precisão das previsões e otimizando os lucros. Permitirá ainda automatizar tarefas perlongadas e repetitivas. Desta forma o trabalho das equipas torna-se mais ágil e a produtividade das empresas aumenta (Ferreira, 2019);

(Continuação)

(Continuação)

Melhoria nos tempos de entrega	Com uma produção mais flexível, automatizada e com menos desperdícios, e com um processo logístico mais organizado e eficiente os tempos de entrega dos produtos irão diminuir (Ribeiro, 2017),
Mais qualidade do produto e melhor experiência para o cliente	A digitalização de uma empresa oferece também a oportunidade para melhorar o serviço que é oferecido aos clientes e assim aprimorar a experiência do mesmo. Quanto mais informação sobre os clientes e o processo produtivo, a empresa tiver recolhido, maior será a qualidade do produto e o gosto que o consumidor terá pelo mesmo (Moran, 2018);
Diminuição dos custos de operação	Com o controlo constante e em tempo real dos processos produtivos e do controlo da qualidade, serão diminuídos todos os desperdícios. Assim a automatização da empresa possibilita a redução dos custos de trabalho (Ferreira, 2019);
Maior lucratividade e receitas mais altas	Uma maior qualidade e eficiência, melhores custos e melhor experiência para o cliente, resulta numa maior lucratividade e mais receitas. A digitalização permite produzir produtos de maior qualidade, com margens mais altas e mais inovadores, possibilitado oferecer aos clientes produtos personalizados (Moran, 2018);
Maior flexibilidade e agilidade	Segundo o departamento da indústria, ciência, energia e recursos do governo Australiano (2020) as tecnologias da I4.0 trazem mais flexibilidade para as empresas produzirem, para atender as necessidades dos consumidores que ainda não foram atendidas, competir em mercados globais e assim desenvolver novas oportunidades de negócio. Com uma maior flexibilidade é mais fácil aumentar ou diminuir a produção;
Maior oportunidade para inovação	A I4.0 oferece um conhecimento mais profundo do processo produtivo, da logística, do desempenho do negócio e até dos produtos. Através deste conhecimento as empresas têm uma capacidade enorme para inovar em várias áreas, como por exemplo o processo produtivo, mas sempre com o objetivo de otimizar todo o processo da empresa (Moran, 2018);
Maior partilha de conhecimento e trabalho de grupo	Hoje em dia as empresas estão divididas em várias áreas de funcionamento, que não comunicam entre si e possuem máquinas antigas. Com a implementação da I4.0 todos as áreas e processos de uma organização vão estar interligados e vão comunicar entre si. Posto isto, esta integração de toda a empresa nos mesmos sistemas faz com que as informações sejam partilhados mais rápidos, o que vai ajudar a tomadas de decisão mais rápidas e sustentadas em mais e melhores dados (Moran, 2018);
Retorno do Investimento realizado	A melhor altura para as empresas investirem é agora, porque vão conseguir ganhar uma boa margem competitiva e reaver o dinheiro investido mais rapidamente. Se investirem mais tarde esse retorno deverá demorar mais a chegar, podendo até mesmo não chegar, visto que as empresas que investiram mais cedo já levarão uma grande vantagem competitiva (Moran, 2018).

3.9.7. Fatores críticos de Sucesso na implementação da indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas

As PME são a grande força motriz de qualquer economia e do bem-estar de uma sociedade como um todo (Taiwo et al., 2013). Quando se compara as PME a grandes empresas constata-se que as PME são confrontadas com um grandes dificuldades e desafios com a implementação da I4.0 (Mittal et al., 2018).

A I4.0 não atua só sobre a logística e os processos produtivos, mas abrange todas as áreas de uma empresa (Brettel et al., 2014). O primeiro fator crítico de sucesso é a implementação de uma boa estratégia de gestão organizacional. A mudança para um ambiente mais digital, começa com a definição de estratégias a curto, médio e longo prazo. Estas estratégias devem descrever onde a empresa quer chegar e como lá chegar, baseando-se na visão e planos predefinidos pela I4.0 (Ghobakhloo, 2018). A estratégia organizacional tem impacto no ambiente empresarial, nas pessoas, nas partes interessadas e na sociedade, portanto a gestão de topo tem de estudar o seu impacto na empresa (Erol et al., 2016). A estratégia organizacional serve de diretriz das decisões dos negócios, sendo que o sucesso da empresa depende da eficácia dessa mesma estratégia (Driouchi & Bennett, 2012).

Os gestores devem considerar o modelo atual de negócios e implementar mudanças estratégicas que levam ao sucesso da empresa e da I4.0 na mesma, assim sendo percebe-se que a estratégia organizacional é um fator crítico de sucesso na implementação da I4.0 (Kiel et al., 2017).

De acordo com a ideologia deste fator, advêm outro fator muito importante, que será a utilização dos dados recolhidos pelos seus equipamentos para apoiar a tomada de decisão da empresa em relação a todos os processos que são realizados dentro da empresa (Moeuf et al., 2020).

Outro fator crítico de sucesso da I4.0 é a aprovação e o apoio da gestão de topo da empresa na implementação das tecnologias. Portanto, o suporte da gestão de topo não é visto apenas como um alocador de recursos, mas também como alguém que lidera muito bem a empresa e que apadrinha a renovação do planeamento e organização das estratégias organizacionais para ajudar na implementação da I4.0. A gestão de topo tem de ser os primeiros a aprovar e a querer a implementação das novas tecnologias, moldando a perspectiva dos seus colaboradores e de todo o ambiente que rodeia a empresa. O sucesso da I4.0 dependerá essencialmente da capacidade do líder de liderar a equipa (Sony & Naik, 2019).

O conhecimento e a percepção dos benefícios da I4.0 também é um fator crítico de sucesso, pois segundo um estudo do autor, Lin et al. (2018), verificou-se que quando as empresas e a sua gestão de topo conhecem a ideologia da I4.0 e os seus benefícios, estas tendem mais facilmente a implementar as tecnologias.

As pessoas serão outro fator crítico de sucesso muito importante, pois com o crescimento das novas tecnologias e da gestão dos dados, estes terão de se adaptar a novas realidades nos seus postos de trabalho, os que não conseguirem adaptar-se ao trabalho irão perder o emprego e fará com que a procura por trabalhadores mais qualificados passe a ser maior (Michaels et al., 2014). Pois através da implementação de sistemas integrados e equipamentos automatizados, os trabalhos mais repetitivos e cansativos serão executados pelos mesmos e os trabalhos que precisão de mais habilidade ficarão para as pessoas mais qualificadas tecnicamente. Para contrariar esta onda de perdas de emprego, a empresa deve planear formações para que as pessoas tenham as competências necessárias para desempenhar essas novas funções mais tecnológicas (Michaels et al., 2014).

As empresas devem ser minuciosas na contratação, remuneração, desempenho, segurança, bem-estar, benefícios, e formação das pessoas durante a implantação da I4.0 pois o mercado de trabalho ficará ainda mais competitivo (Frey & Osborne, 2017).

Segundo Piccarozzi et al. (2018) a noção de emprego de longo prazo entrará em desuso, sendo assim substituído pelo emprego baseado nas habilidades e tarefas a realizar. A educação e formação continua serão aspetos em que as empresas se irão focar imenso quando precisarem de recrutar uma pessoa, já que o crescimento das tecnologias na I4.0 será exponencial.

Tornar os produtos inteligentes é um outro fator crítico de sucesso para as empresas. Os produtos devem ser capazes de interagir e comunicar com *sites*, aplicações e meios de desenvolvimento tecnológico semelhantes, para tornar a processamento e a partilha de dados mais fácil, entre prestadores de serviços e clientes de uma forma automática (Cardona et al., 2015). Estes produtos são fabricados com peças inteligentes que são modulares e compatíveis com *plugs* para aceder a *sites* e aplicações (Axelsson et al., 2018).

Esses produtos inteligentes são equipados com sensores que recolhem e transmitem dados sobre o gosto dos clientes e quais as suas preferências. De acordo com Bassi (2017), a inclusão de produtos, sistemas de produção e mundo virtual, possibilitará uma autorregulação, controlo e otimização dos recursos organizacionais para obter vantagem competitiva, que levará a Indústria 4.0 ao sucesso. A vasta aplicação de sistemas integrados

em ambientes de fábrica, reduz a utilização de outros sistemas mais antigos aumentando a produtividade (Zheng et al., 2018).

Para se produzir um produto inteligente, que este traga uma grande vantagem competitiva em relação ao mercado e à concorrência, tem de se aplicar os conceitos da I4.0 e utilizar processos de produção mais tecnológicos e inteligentes, onde irão dominar os equipamentos autónomos e que irão partilhar os dados da empresa entre si (Frank et al., 2019).

Mais um fator crítico de sucesso referido na literatura é a digitalização da logística, pois hoje em dia, essa digitalização é mais uma estratégia para as empresas serem competitivas num mercado cada vez mais complexo e volátil (Bag et al., 2018). A digitalização e integração dos processos logísticos aliados às tecnologias da I4.0, levará a um grande crescimento dos dados adquiridos pelas empresas, o que fará com que as mesmas consigam uma maior vantagem competitiva avaliando quais os processos mais eficientes (Sony & Naik, 2019).

O sucesso da digitalização logística irá depender, de como uma empresa analisa todos os dados que lhe são fornecidos. Uma forte análise dos dados, levará a uma melhoria na capacidade da empresa em prever certas situações, tais como a melhor relação entre comprador e fornecedores (Bag et al., 2018). Posto isto verifica-se que a logística e os processos produtivos têm de funcionar em conjunto, pois se a logística integrar as tecnologias da I4.0, poderá fornecer informações muito valiosas, como sejam: o momento certo para lançar um produto; qual a melhor quantidade a ser produzida; qual a quantidade certa de matéria prima a ser utilizada para a produção ser mais eficiente; entre outros (G. Kovács & Kot, 2016).

Um outro fator de sucesso referenciado na literatura é a adoção dos sistemas integrados em toda a organização e não só numa parte área específica da empresa. Ao implementar em toda a empresa sistemas autónomos integrados, fará com que aumente o número de dados recolhidos e analisados em tempo real, o que ajudará a uma maior transparência e controlo de toda a organização. Assim os processos de produção, serão altamente automatizados, controlados e regulados por sensores e sistemas integrados deixando de ser necessária a intervenção de pessoas nesses mesmos processos criando uma vantagem competitiva ao otimizar os recursos de produção (Bassi, 2017). Essas tecnologias podem criar grande valor para empresas industriais, permitindo operações inteligentes e uma integração mais abrangente entre sistemas autónomos e a produção industrial (Fatorachian & Kazemi, 2018).

A digitalização deve ser estendida a outros departamentos da organização, como os de contabilidade, recursos humanos e *marketing*, criando assim uma organização digital holística que ajudará ainda mais a conceber produtos e serviços para melhor atender às necessidades e expectativas dos clientes. (Sivathanu & Pillai, 2018).

Para uma implementação com sucesso das competências digitais, as empresas têm de realizar algumas mudanças ao nível da gestão, pois com essa adoção, a cultura e a estrutura organizacional podem sofrer algumas alterações de forma radical (Sony & Naik, 2019). A gestão de topo das empresas, devem conduzir essas mudanças da melhor forma para que a mesma nunca perca a sua cultura e os seus valores.

A falta de transparência da gestão de topo das empresas para com as restantes partes interessadas pode criar algumas dúvidas sobre a intenção e a eficiência da implementação da I4.0. Portanto, gerir as mudanças organizacionais é um aspeto imperativo do sucesso da I4.0 (Avogaro, 2018).

Será muito importante as empresas terem uma boa equipa de gestão de projetos, pois o número de projetos que a empresa terá de lidar será muito superior ao que estava habituada, e assim, uma boa gestão de projetos levará ao sucesso da I4.0 (Rojko, 2017).

Com este aumento de projetos, a maior parte dos colaboradores precisarão de competências a esses níveis. O ciclo de vida de um projeto terá um papel muito importante a desempenhar na I4.0, sendo que a sua fase inicial será automática e realizada por algoritmos inteligentes que demarcarão os custos, os benefícios e os riscos que advêm com cada projeto (Stevenson, 2016).

Segundo o mesmo autor a fase do planeamento do projeto, também será automatizada por algoritmos inteligentes que irão melhorar o projeto, dando alternativas de customização e resolução de problemas. Na fase da execução do projeto, o desafio será a gestão e controlo de nove áreas, tais como integração do projeto, os seus objetivos, os recursos humanos, as comunicações, o tempo, o risco, a qualidade, o custo de aquisição para cada projeto. Os sensores e igualmente de algoritmos inteligentes podem ser usados de forma eficaz na fase de controlo de um projeto. O sucesso da implementação da I4.0 dependerá muito da gestão dos projetos (Stevenson, 2016).

Para o sucesso da I4.0 nas empresas, será essencial que a cibersegurança seja incluída desde o momento inicial da sua implementação (Aljawarneh et al., 2017). A transparência dos dados e dos sistemas de informação integrados, faz com que as empresas fiquem expostas a problemas como a manipulação de dados e de processos, falhas na produção por ataques cibernéticos, e falhas de proteção de conhecimento e de produtos (Flatt et al., 2016).

Será necessário a imposição de leis e diretrizes de segurança cibernética, o que permitirá um maior controlo e segurança dos dados gerados pelas empresas (Radack, 2002). No entanto, as diretrizes irão depender do tipo de indústria que cada empresa está inserida, e deverão ser desenvolvidas em conjunto com as estruturas de gestão de risco das empresas, para que sejam bem elaboradas (Dawson, 2018).

A sustentabilidade nos negócios e nos processos é cada vez mais falada e aplicada pelas empresas devido às regulações que são impostas pelo estado, à responsabilidade social de cada empresa e principalmente pela pressão feita pela sociedade. A sustentabilidade é o equilíbrio entre as carências ambientais, económicas e sociais das gerações presentes e futuras (Erdil et al., 2018).

A implementação da I4.0 irá resultar em sistemas de gestão de energia e de recursos mais inteligentes, reduzindo o consumo de produção, tornando assim a empresa mais ecológica. Existirá também uma redução de resíduos, emissões, gases tóxicos que prejudicam o ambiente, pois os usos de todos os recursos dentro da empresa serão melhorados (Bonilla et al., 2018). A I4.0 é descrita como economicamente viável para as partes interessadas, como a empresa e os clientes (Rojko, 2017).

4. Metodologia e o método de investigação

4.1. Metodologia de investigação

A metodologia de investigação refere-se a uma abordagem ao trabalho que decorre do desenrolar da Investigação. Uma metodologia de investigação não se trata só da aplicação do conhecimento, mas trata também todos os processos de planeamento e criatividade controlada (Hill & Hill, 1998).

A classificação deste tipo de metodologias está normalmente suportada em dois tipos de métodos. Os métodos quantitativos, que têm por base modelos matemáticos, experimentos laboratoriais e em especificações formalizadas. E os métodos qualitativos que são baseados em investigações ao nível ciências sociais e naturais, com o objetivo de promover o estudo das pessoas e sua integração no meio que os rodeiam e têm por base investigações empíricas (Mendes, 2007). Estas investigações fazem observações para compreender melhor o fenómeno a estudar e construir explicações ou teorias mais adequadas ao fenómeno de estudo, e ainda podem ser caracterizadas em três tipos: Pura, aplicada e aplicável, sendo (Hill & Hill, 1998):

- a) Investigação pura: tem a finalidade de descobrir novos dados para ensaiar deduções feitas a partir de uma teoria que tem apenas relevância a nível intelectual;
- b) Investigação aplicada: tem como objetivo encontrar dados novos para testar deduções feitas com base numa teoria que pode ter aplicação prática a médio ou longo prazo; e
- c) Investigação aplicável: que tem como finalidade mostrar dados novos que sejam capazes de resolver problemas práticos no curto prazo.

Todo o tipo de ciências naturais e ciências sociais têm por base investigações empíricas, pois as observações deste tipo de investigação podem ser utilizadas para construir explicações ou teorias mais adequadas (Hill & Hill, 1998).

O estudo caso revela uma estratégia de investigação, que pode ser suportada em vários métodos de investigação, como por exemplo a pesquisa de fontes bibliográficas e a criação de questões, que, após análise, irão servir para obter conclusões alusivas ao tema em estudo (Yin, 2003). O inquérito por questionário constitui uma das técnicas de recolha de dados usualmente aplicados, em investigação científica.

4.2. Método de investigação

O método de investigação utilizado para suportar esta investigação é a pesquisa através de inquérito por questionário, onde a versão final, e apresentada no Anexo III tal como foi enviado às empresas inquiridas. Esta técnica de observação tem por base uma sequência de questões escritas dirigidas a um grupo de indivíduos que podem contribuir com os seus conhecimentos, ou várias informações factuais sobre eles mesmos, ou o contexto em que estão posicionados. O inquérito por questionário diferencia-se da entrevista, visto que não necessita de comunicação oral (Hill & Hill, 1998).

Na elaboração do questionário, foram seguidos alguns pontos identificados por Hill & Hill (1998) como por exemplo ao nível de: introdução do questionário; como escrever e não escrever questões; *layout* do questionário; aparência e verificação final. É importante ainda referir que o número ideal de respostas alternativas é cinco, principalmente no caso de perguntas em que se solicitem atitudes, opiniões ou graus de satisfação (Hill & Hill, 1998).

4.2.1. A pesquisa desenvolvida

Tendo presente aquele que é o objetivo geral da presente dissertação - Diagnosticar, analisar e caracterizar as PME industriais do distrito de Braga no que se refere ao nível atual de aplicação de tecnologias e processos da I4.0, apresentando possíveis propostas de evolução futura – e as questões de Investigação formuladas, conforme parágrafo 1.4, acrescido ser um propósito, enquadrado no âmbito do presente trabalho de dissertação, a preparação de um artigo científico para submeter a uma revista internacional, reconhecida, a pesquisa foi desenvolvida através de um inquérito por questionário, junto de PME localizadas no distrito de Braga, acerca de:

- a) Qual o nível de conhecimento das PME face à I4.0 e a sua integração no interior da organização;
- b) Quais as tecnologias da I4.0 são mais utilizadas pelas PME e qual a sua relevância na empresa;
- c) Qual a utilização dos dados que as tecnologias utilizadas fornecem;
- d) Quais os principais motivos para implementar tais tecnologias;
- e) Quais os principais benefícios decorrentes do uso da I4.0; e
- f) Quais os fatores críticos de sucesso que as PME consideram mais relevantes.

4.2.2. O questionário

Para realizar um questionário, deve-se seguir um plano definido, pois sem ele será muito fácil incluir perguntas desnecessárias ou excluir perguntas essenciais. Estas falhas vão “aborrecer” os inquiridos, o que poderá levar a uma diminuição no número de respostas, e a falta de perguntas necessárias pode fazer com que algumas hipóteses importantes não sejam estudadas. Se o questionário fizer parte de uma dissertação de mestrado ou tese de doutoramento, todas as perguntas devem ser justificadas com base na revisão de literatura, realizada no capítulo anterior (Hill & Hill, 1998). O questionário está estruturado da seguinte forma conforme o Anexo III:

a) Uma nota inicial e um conjunto de 4 pontos principais, a saber:

1. Enquadramento: Onde é identificado o propósito e o caráter do questionário, e como os inquiridos devem responder, e como devem proceder, se durante a resposta do mesmo surgir alguma dúvida;
2. Informação geral da empresa: Dados relativos à caracterização das empresas inquiridas;
3. Informação geral dos processos: Informação relativa à utilização e tratamento dos dados provenientes das tecnologias aplicadas; e
4. Indústria 4.0: Este ponto releva a informação sobre a aplicação das tecnologias e qual o seu impacto, identifica também quais os potenciais motivos, benefícios e os fatores críticos de sucesso que possam ser considerados os mais relevantes pelas empresas inquiridas.

No ponto 4, foram utilizadas as escalas de Likert, pois permitem que as pessoas possam posicionar melhor as suas respostas relativamente a cada uma das cinco questões (Kish, 1982). Foram utilizadas duas escalas de Likert diferentes, a primeira escala diz respeito à utilização das tecnologias por parte das Empresas inquiridas, onde: (1) - Implementado (2) – Em planeamento; (3) – Não Implementado; e (4) – Não aplicável. E a segunda escala utilizada para saber qual o grau de importância que as empresas atribuem às tecnologias aplicadas, e quais os motivos, benefícios e fatores críticos para a implementação da Indústria 4.0, onde: (1) -Irrelevante; (2) – Pouco Relevante; (3) - Relevante; (4) - Muito Relevante; e (5) – Extremamente Relevante.

Observações:

O Questionário termina com um espaço de agradecimento às PME respondentes.

4.3. Caracterização das empresas inquiridas

Devido à dificuldade ou a impossibilidade de analisar a completude da população verificou-se a necessidade de se recorrer a uma amostra. É impossível garantir a qualidade de uma sondagem, sem recorrer ao conhecimento dos problemas e do impacto que eles podem ter nos resultados do estudo (Ferreira & Campos, 2001).

A população é um conjunto de indivíduos a estudar para tecer as devidas conclusões, sendo que nem sempre é possível estudar todos os seus indivíduos. A amostra é um conjunto de indivíduos de uma população específica, selecionados por um processo aleatório (Ferreira & Campos, 2001). Quando se produz este tipo de sondagem, é imprescindível identificar uma amostra da população que se pretende analisar, à qual se aplica depois um questionário, para se obter resultados para toda a população (Vicente et al., 1996).

No sentido de serem identificadas as PME industriais, localizadas no distrito de Braga foram considerados:

- a) A Base de Dados do Instituto de Apoio as Pequenas e Médias Empresas Industriais (IAPMEI) (www.iapmei.pt);
- b) A Base de Dados das Associações Comerciais e Industriais nacionais e dos vários municípios do distrito de Braga (Associação Industrial Portuguesa; Câmara do Comercio e da Indústria Portuguesa; Associação Comercial de Braga; Associação Comercial e Industrial de Guimarães, e Associação Comercial e Industrial de Vila Nova de Famalicão; entre outras);
- c) Notícias de jornais e revistas (Semanário V; O Minho; Jornal de Negócios; Jornal Económico; Revista Exame; e PME Magazine);
- d) Entidades certificadoras e Entidades nacionais (APCER – Associação Portuguesa de Certificação; IPQ – Instituto Português da Qualidade; e ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade); e
- e) Website das empresas localizadas no distrito de Braga.

Primeiramente foram selecionadas as PME industriais do distrito de Braga, com base nas bases de dados referidas anteriormente. De seguida foram analisados todos os websites das empresas e foram recolhidos dados, como: localização, número de atividade económica e contacto (telefónico e *e-mail*). Foram identificadas 466 PME.

Seguiu-se o teste do questionário através do seu envio, por *e-mail* (Anexo II), para quatro empresas, solicitando a resposta num prazo de 10 dias úteis, onde as mesmas

concederam o seu feedback em relação ao tempo de preenchimento, à linguagem utilizada, e outros pequenos aspetos associados á estrutura do questionário.

Na sequência e após a verificação de que tudo estava correto, iniciou-se o envio do questionário, via email e de forma presencial (entrega em mão) às restantes empresas. Foram obtidas respostas de 52 empresas, sendo que nove informaram que não responderiam ao questionário por indisponibilidade dos Recursos Humanos para o efeito, duas respostas foram invalidadas, visto que eram propostas duplicadas e elegíveis, e 47 empresas responderam de forma correta ao questionário.

4.4. Recolha da informação, sua análise e apresentação

Finalizado o prazo predefinido para as PME inquiridas responderem aos questionários, seguiram-se as seguintes etapas:

- a) Análise e validação dos questionários recebidos das PME respondentes;
- b) Compilação da informação dos 47 questionários recebidos considerados válidos;
- c) Introdução das respostas de cada questionário, numa folha de cálculo Excel previamente preparada para o efeito, tendo em conta os objetivos da presente dissertação;
- d) Determinação de estatísticas em face das respostas obtidas;
- e) Estruturação e apresentação das tabelas e gráficos com a compilação dos dados, facilitando a compreensão dos mesmos; e
- f) Análise, possíveis comentários e conclusões.

5. Apresentação e discussão de resultados do inquérito por questionário

No presente capítulo serão apresentados os resultados da investigação empírica efetuada, através de inquérito por questionário, ao nível da análise descritiva consequente da recolha de informação constante dos questionários recebidos, e validados, das organizações respondentes.

5.1. Apresentação dos resultados do inquérito

De seguida será exibido, questão a questão, os resultados, da análise realizada e discussão consequentes à recolha e tratamento da informação constante dos 47 questionários recebidos das PME respondentes.

Como apresentado anteriormente em 4.2.2., e de resto em linha com a estrutura do Questionário (Anexo III), no ponto — I - Enquadramento —, é identificado o tema da investigação, o principal objetivo da realização do presente questionário e contém também informações relativas a questões de privacidade de informação, contactos do investigador para entrega e esclarecimento de dúvidas e por fim instruções de resposta.

5.1.1. Ponto 2 – Informação geral da Empresa

A questão “2.1. Nome da Empresa” não será analisada visto que não tem qualquer tipo de relevância para a presente investigação. Em relação às questões “2.5. Volume de Negócio Anual” e “2.6. Balanço Anual Total”, devido à pouca relevância para o estudo, não irão ser abordadas, no entanto é de notar que a opções mais escolhidas pelas p PME foram o volume de negócio inferior a 10 milhões € (47%) e o balanço anual total inferior a 2 milhões € (43%).

Questão 2.2. – CAE (Código de Atividade Económica)

No gráfico 8 é apresentada a compilação das respostas, à questão 2.2, constantes dos questionários recebidos das PME respondentes.

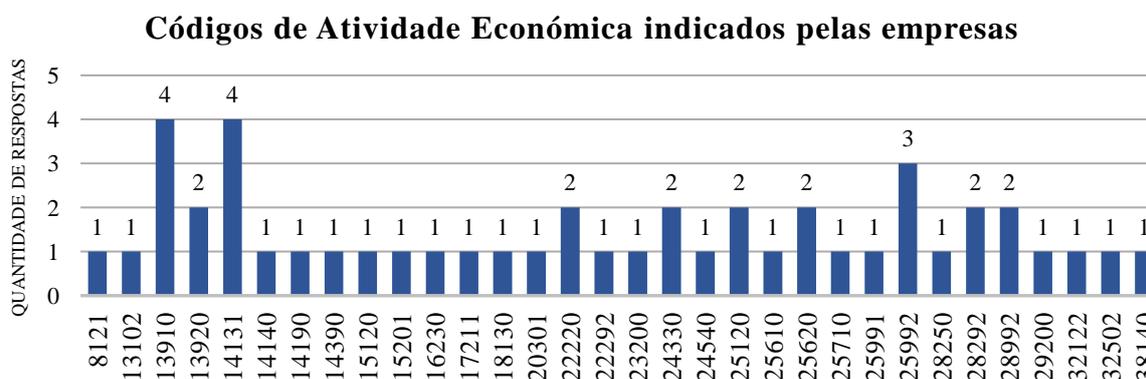


Gráfico 8: Código de atividade económica (CAE).

Da análise do gráfico 8, podemos inferir designadamente que:

- a) ser de 32 Códigos de Atividade Económica (CAE) em que se posicionam as 47 PME respondentes
- b) os CAE, 13910 – Fabricação de tecidos de malha; e 14131 – Confeção de outro vestuário exterior em série, são aqueles que têm mais respostas, ambas com 4 PME respondentes (9%);
- c) 3 PME respondentes (6%), têm o CAE, 25992 – Fabricação de outros produtos metálicos diversos;
- d) os CAE, 13920 – Fabricação de artigos têxteis confecionados, exceto vestuário; 22220 – Fabricação de embalagens de plástico; 24330 – Perfilagem a frio; 25120 – Fabricação de portas, janelas e elementos similares em metal; 25620 – Atividades de mecânica geral; 28292 – Fabricação de balanças e de outro equipamento para pesagem; e 28992 – Fabricação de outras máquinas diversas para uso específico, obtiveram 2 respostas (4%); e
- e) os CAE: 8121 – Extração de saibro, areia e pedra britada; 13102 – Preparação e fiação de fibras do tipo lã; 14140 – Confeção de vestuário interior; 14190 – Confeção de outros artigos e acessórios de vestuário; 14390 – Fabricação de outro vestuário de malha; 15120 – Fabricação de artigos de viagem e de uso pessoal, de marroquinaria, de correio e de seleiro; 15201 – Fabricação de calçado. Compreende a fabricação de calçado em diferentes matérias; 16230 – Fabricação de outras obras de carpintaria para a construção; 17211 – Fabricação de papel e de cartão canelados; 18130 – Atividades de preparação da impressão e de produtos media; 20301 – Fabricação de tintas, vernizes, mástiques e produtos similares; 22292 – Fabricação de outros artigos de plástico; 23200 – Fabricação de produtos cerâmicos refratários; 24540 - Fundição de outros metais não ferrosos; 25610 – Tratamento e revestimento de metais; 25710 – Fabricação de cutelaria; 25991 – Fabricação de louça metálica e artigos de uso doméstico; 28140 – Fabricação de outras torneiras e válvulas; 28250 – Fabricação de equipamento não doméstico para refrigeração e ventilação; 29200 – Fabricação de carroçarias, reboques e semirreboques; 32122 – Fabricação de artigos de joalheria e de outros artigos de ourivesaria; e 32502 – Fabricação de material ortopédico e próteses e de instrumentos médico-cirúrgicos, têm todos apenas uma resposta (2%).

Questão 2.3. – Concelho

No gráfico 9 é apresentada a compilação das respostas, à questão 2.2, constantes dos questionários recebidos das PME respondentes,

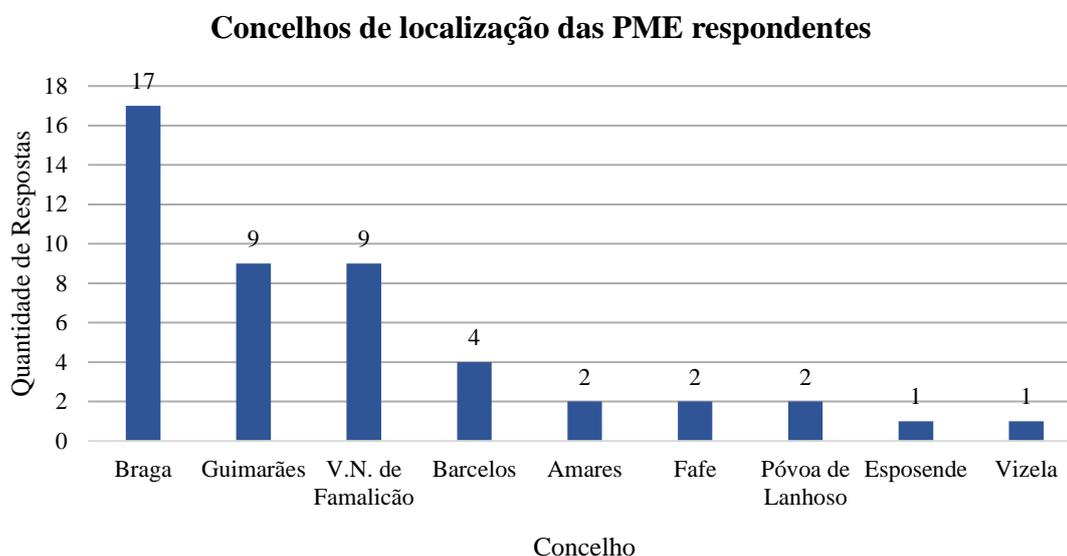


Gráfico 9: Localidade das PME respondentes.

Da análise do gráfico 9, podemos inferir designadamente que:

- a) 17 PME respondentes (36%) são do concelho de Braga;
- b) os concelhos de Guimarães e de Vila Nova de Famalicão têm cada um, 9 PME respondentes (19%);
- c) 4 PME respondentes (9%) são do concelho de Barcelos;
- d) de cada concelho dos de: Fafe; Póvoa de Lanhoso; e Amares responderam 2 PME (4%);
- e) dos concelhos de Vizela e Esposende responderam 1 PME (2%); e
- f) dos concelhos de Celorico de Bastos, Cabeceiras de Bastos, Vila Verde, Vieira do Minho e Terras de Bouro não obtivemos nenhuma resposta.

Questão 2.4. – Número de Pessoas na Empresa

No gráfico 10 é apresentada a compilação das respostas, à questão 2.3, constante dos questionários recebidos das PME respondentes.

Número de pessoas que trabalham nas PME

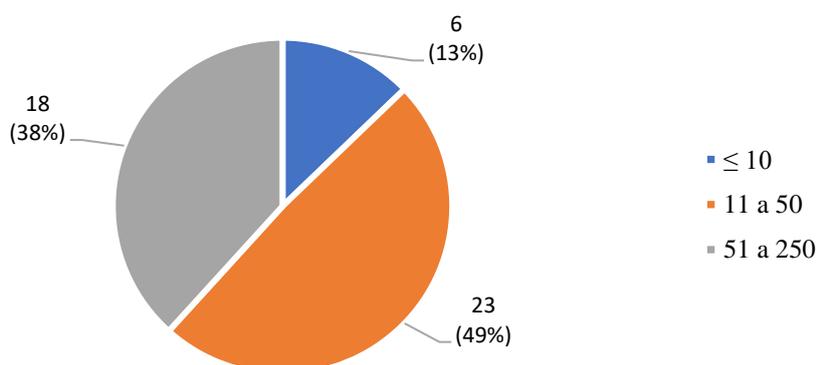


Gráfico 10: Número de pessoas na empresa.

Da análise do gráfico 10, podemos inferir designadamente que:

- 23 PME respondentes (49%) têm entre 11 e 50 pessoas;
- 18 PME respondentes (38%) têm entre 50 e 250 pessoas; e
- 6 PME respondentes (13%) têm ≤ 10 pessoas.

Questão 2.7. – A Empresa tem implementado algum tipo de tecnologia da Indústria 4.0?

No gráfico 11 é apresentada a compilação das respostas, à questão 2.7., constantes dos questionários recebidos das PME respondentes.

Implementação das tecnologias da Indústria 4.0.

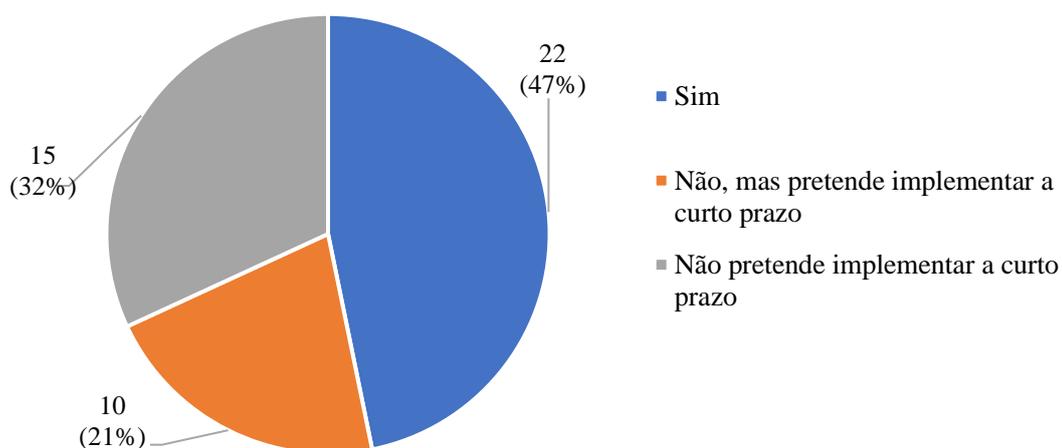


Gráfico 11: Implementação das tecnologias da I4.0 pelas PME respondentes.

Da análise do gráfico 11, podemos inferir designadamente que:

- a) 22 PME (47%) responderam que “Sim”;
- b) 15 PME (32%) responderam que “Não, mas pretendem implementar a curto prazo”;
- e
- c) 10 PME (21%) responderam que “Não pretendem implementar a curto prazo”.

Questão 2.8. – A Empresa seguiu algum projeto piloto já desenvolvido ou desenvolveu o seu próprio projeto de implementação?

Na tabela 10 é apresentada a compilação das respostas, à questão 2.8., constantes dos questionários recebidos das PME respondentes. Releva-se que a partir da presente questão, as respostas negativas, à questão anterior, serão excluídas da análise dos dados.

Tabela 10: Resposta à questão 2.8.

Resposta	PME com a I4.0 implementada	PME que irão implementar a I4.0	Total de Respostas
Criou/Criar o seu próprio projeto de implementação	18 (56,25%)	5 (15,63%)	23 (71,83%)
Seguiu/Seguir um projeto de implementação já existente	4 (12,50%)	5 (15,63%)	9 (28,13%)

Da análise da tabela 10, podemos inferir designadamente que:

- a) 23 PME (71.83%) responderam que desenvolveram ou irão desenvolver o projeto piloto para a implementação da I 4.0;
- b) 9 PME (28.13%) responderam que seguiram ou irão seguir um projeto piloto desenvolvido por terceiros;
- c) 18 PME (56.25%) que já têm as tecnologias da I4.0 implementadas criaram o seu próprio projeto piloto e que 5 PME (15.63%) que irão implementar a I4.0 a curto prazo irão desenvolver o seu projeto piloto; e
- d) 4 PME (12.50%) que têm a I4.0 implementada seguiram outro projeto piloto já existente e que 5 PME (15.63%) que irão implementar a I4.0 a curto prazo seguirão um projeto já existente.

Questão 2.9. – A Empresa concorreu a algum apoio financeiro publico ou privado para ajudar no investimento da implementação?

Na tabela 11 é apresentada a compilação das respostas, à questão 2.9., constantes dos questionários recebidos das PME respondentes.

Tabela 11: Resposta à questão 2.9.

Resposta	PME com a I4.0 implementada	PME que irão implementar a I4.0	Total de respostas
Sim, obteve o apoio	11 (34,38%)	0 (0%)	11 (34,38%)
Sim, mas não obteve o apoio	1 (3,13%)	0 (0%)	1 (3,13%)
Não concorreu	10 (31,25%)	10 (31,25%)	20 (62,50%)

Da análise da tabela 11, podemos inferir designadamente que:

- do total das respostas 11 PME (34.38%) responderam que obtiveram o apoio;
- do total das respostas 1 PME (3.13%) concorreu ao apoio, no entanto não o conseguiu;
- do total das respostas 20 PME (34.38%) não concorreram a nenhum apoio;
- das PME que já implementaram a I4.0, 11 (34.38%) obtiveram o apoio, 1 (3.13%) concorreu, mas não obteve o apoio e que 10 (31.25%) não concorreram ao apoio; e
- todas as PME [10 (31.25%)] que irão implementar a I4.0 nenhuma concorreu a apoios.

Questão 2.10. – Os objetivos apontados pela Empresa, para a implementação da I4.0, foram alcançados?

Na tabela 12 é apresentada a compilação das respostas, à questão 2.10., constantes dos questionários recebidos das PME respondentes.

Tabela 12: Resposta à questão 2.10.

Respostas	PME com a I4.0 implementada	PME que irão implementar a I4.0	Total de Respostas
Nenhuns	0 (0%)	10 (31,25%)	10 (31,25%)
Poucos	4 (12,50%)	0 (0%)	4 (12,50%)

(Continuação)

(Continuação)

Respostas	PME com a I4.0 implementada	PME que irão implementar a I4.0	Total de Respostas
A maioria	15 (46,88%)	0 (0%)	15 (46,88%)
Todos	3 (9,38%)	0 (0%)	3 (9,38%)

Da análise da tabela 12, podemos inferir designadamente que:

- do total das respostas 10 PME (31.25%) responderam que nenhum objetivo foi alcançado, sendo que estas respostas proveem de todas às PME que ainda não implementaram a I4.0;
- do total das respostas 4 PME (12.50%) responderam que alcançaram poucos objetivos;
- do total das respostas 15 PME (46.88%) responderam que alcançaram a maioria dos objetivos; e
- do total das respostas 3 PME (9.38%) responderam que alcançaram todos os objetivos;

Questão 2.11. – A implementação foi bem-sucedida?

Na tabela 13 é apresentada a compilação das respostas, à questão 2.11., constantes dos questionários recebidos das PME respondentes.

Tabela 13: Resposta à questão 2.11.

Respostas	PME com a I4.0 implementada	PME que irão implementar a I4.0	Total de Respostas
Foi bem-sucedida	22 (68.75%)	0 (0%)	22 (68.75%)
Foi malsucedida	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Não ocorreu nenhuma implementação	0 (0%)	10 (31.25%)	10 (31.25%)

Da análise da tabela 13, podemos inferir designadamente que:

- 10 PME (31.15%) responderam que não ocorreu nenhuma implementação, sendo que estas respostas pertencem todas às PME que ainda não implementaram a I4.0; e
- 22 PME (68.75%) responderam que a implementação foi bem-sucedida, sendo que estas respostas pertencem todas às PME que já implementaram a I4.0.

Questão 2.12. – A empresa tem planeado voltar a implementar outras tecnologias da I4.0 que ainda não foram implementadas?

No gráfico 12 é apresentada a compilação das respostas, à questão 2.12., constantes dos questionários recebidos das PME respondentes. A presente questão só foi direcionada às empresas que já implementaram algum tipo de tecnologia da I4.0.

PME que tencionam voltar a implementar alguma tecnologia da I4.0

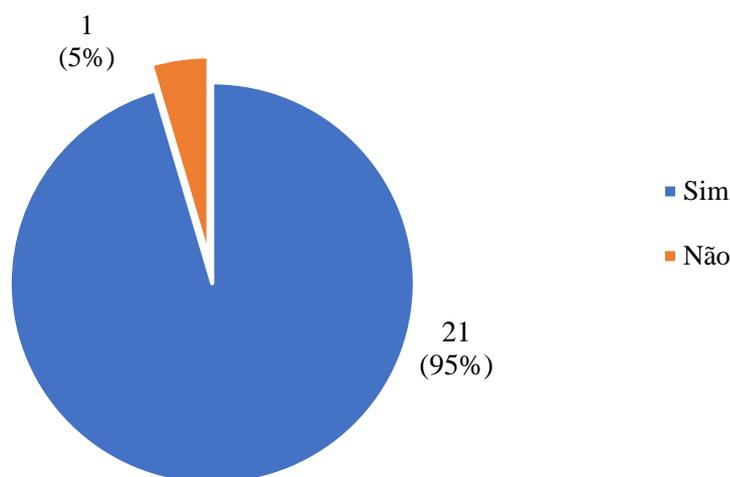


Gráfico 12: PME respondentes que tencionam voltar a implementar alguma tecnologia da I4.0.

Da análise do gráfico 12, podemos inferir designadamente que:

- a) 21 PME (95%) responderam que voltariam a implementar a I4.0; e
- b) 1 PME (5%) respondeu que não voltaria a implementar a I4.0.

5.1.2. Ponto 3 – Informação geral dos processos

O presente grupo de questões são direcionadas às PME que já implementaram algum tipo de tecnologia da I4.0.

Questão 3.1. – A Empresa recolhe os dados dos equipamentos e processos?

No gráfico 13 é apresentada a compilação das respostas, à questão 3.1., constantes dos questionários recebidos das PME respondentes

Recolha dos dados disponibilizados pelos equipamentos

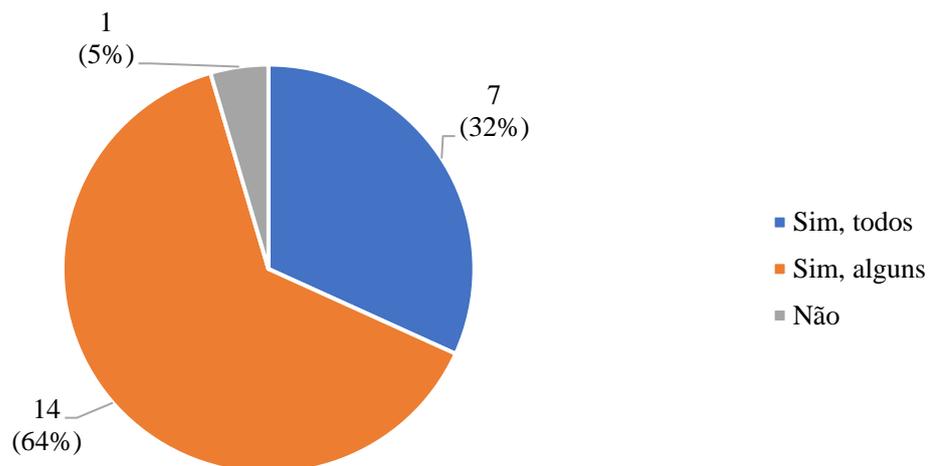


Gráfico 13: Recolha dos dados dos equipamentos e processos.

Da análise do gráfico 13, podemos inferir designadamente que:

- 7 PME (32%) responderam que recolhem todos os dados dos equipamentos e sistemas;
- 14 PME (64%) responderam que recolhem alguns dados dos equipamentos e sistemas; e
- 1 PME (5%) respondeu que não recolhe nenhum tipo de dados.

Questão 3.1.1. – De que forma a Empresa realiza a recolha dos dados?

No gráfico 14 é apresentada a compilação das respostas, à questão 3.1.1., constantes dos questionários recebidos das PME respondentes. Na presente questão serão analisadas só as respostas afirmativas à questão 3.1.

Processo de recolha de dados pelas PME

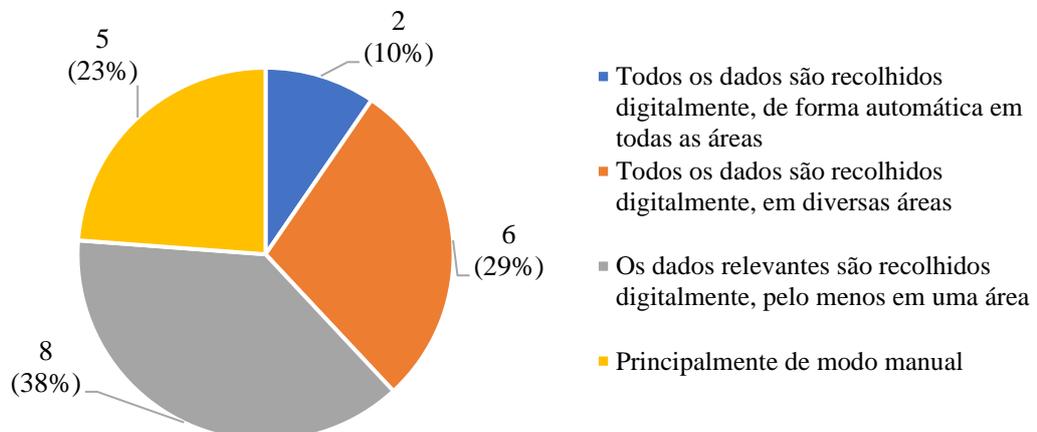


Gráfico 14: Processo de recolha dos dados.

Da análise do gráfico 14, podemos inferir designadamente que:

- a) 2 PME (10%) responderam que recolhem todos os dados são recolhidos digitalmente, de forma automática em todas as áreas;
- b) 6 PME (29%) responderam que recolhem todos os dados são recolhidos digitalmente, em diversas áreas;
- c) 8 PME (38%) responderam que recolhem todos os dados são recolhidos digitalmente, em pelo menos uma área; e
- d) 5 PME (23%) responderam que recolhem os dados principalmente de modo manual.

Questão 3.1.2. Qual a utilização dos dados recolhidos?

No gráfico 15 será apresentada a compilação das respostas, à questão 3.1.1., constantes dos questionários recebidos das organizações respondentes. Na presente questão serão analisadas só as respostas afirmativas à questão 3.1. Anota-se que uma dada PME respondente podia, na sua resposta, selecionar mais de uma opção.

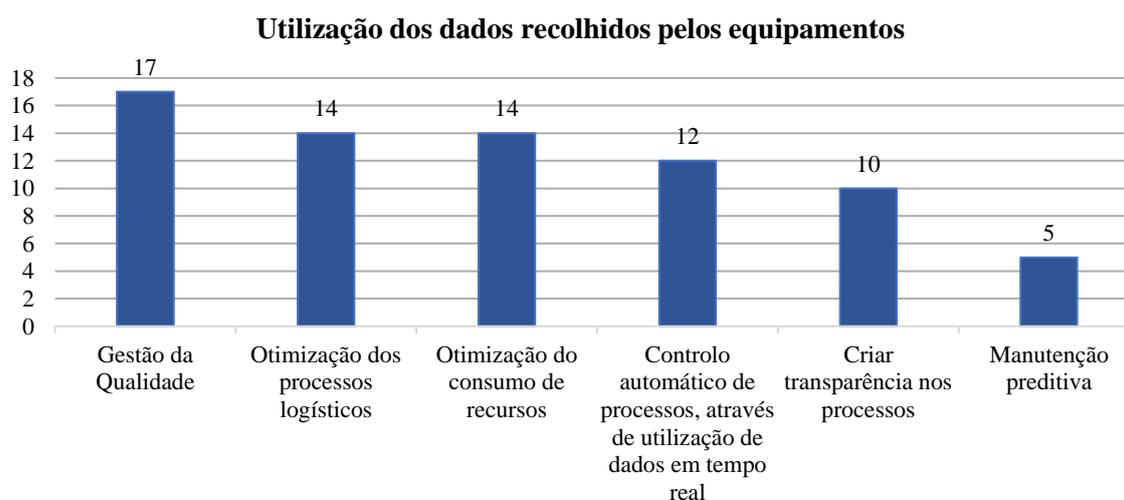


Gráfico 15: Utilização dos dados recolhidos.

Da análise do gráfico 16, podemos inferir designadamente que:

- a) os dados recolhidos se destinam a ser utilizados na Gestão da Qualidade por 17 PME respondentes (23.21%);
- b) a otimização dos processos logísticos e a otimização do consumo de recursos foram escolhidas 14 vezes (19.44%);
- c) o controlo automático de processos, através de utilização de dados em tempo real, obteve 12 respostas (16.67%);

- d) a resposta criar transparência nos processos, obteve 10 respostas (13.89%); e
 e) a opção menos escolhida foi a manutenção preventiva com 5 respostas (6.94%).

5.1.3. Ponto 4 – Indústria 4.0

O presente grupo de questões foi direcionado às PME que já implementaram algum tipo de tecnologia da I4.0 ou que pretendem implementar a curto prazo. Em face das respostas recebidas posicionam-se, nestas condições, 32 (68%) das 47 PME respondentes, destes cujos questionários foram validados, sendo que são, pois, 15 (32%) das 47 PME respondentes aquelas que não têm implementado qualquer dos nove tipos de tecnologia identificadas no questionário bem como não pretendem implementar a curto prazo.

Questão 4.1.1. – Assinale qual o nível de implementação das tecnologias da I4.0:

Na Tabela 14 e do gráfico 16 será apresentada a compilação das respostas, à questão 4.1.1., constantes dos questionários recebidos das organizações respondentes.

Tabela 14: O nível de implementação das tecnologias da Indústria 4.0 nas PME respondentes.

Respostas		Não Aplicável	Não Implementado	Em Planeamento	Implementado	Nº de PME respondentes
T1	Internet das Coisas	2 (6%)	5 (16%)	12 (38%)	13 (41%)	32
T2	Computação em Nuvem	3 (9%)	6 (19%)	11 (34%)	12 (38%)	32
T3	Big Data e Análise	3 (9%)	9 (28%)	15 (47%)	5 (16%)	32
T4	Realidade Aumentada	10 (31%)	16 (50%)	6 (19%)	0 (0%)	32
T5	Robots Autónomos	9 (28%)	8 (25%)	6 (19%)	9 (28%)	32
T6	Simulação	9 (28%)	1 (3%)	8 (25%)	4 (13%)	32
T7	Integração de Sistemas	1 (3%)	7 (22%)	14 (44%)	10 (31%)	32
T8	Cibersegurança	2 (6%)	10 (31%)	8 (25%)	12 (38%)	32
T9	Processos Aditivos	10 (31%)	15 (47%)	6 (19%)	1 (3%)	32
Total de opção de respostas		49 (17,01%)	87 (30,21%)	86 (29,86%)	66 (22,92%)	288 (100%)

Implementação das tecnologias da Indústria 4.0 nas PME respondentes

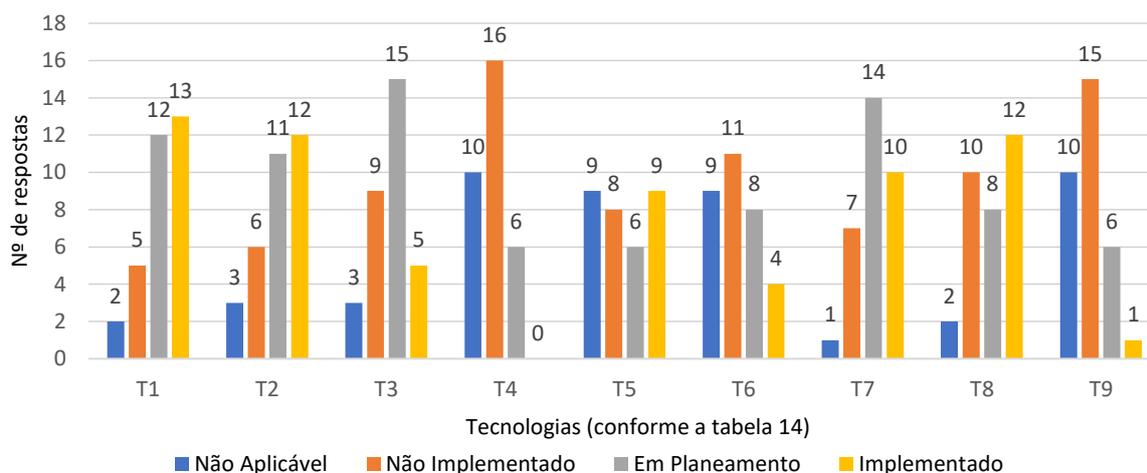


Gráfico 16: Gráfico de apoio à tabela 14.

Da análise da Tabela 14 e o gráfico 16, podemos inferir designadamente que:

- as tecnologias – “Realidade Aumentada” e “Processos aditivos” – são aquelas que as PME respondentes enquadradas neste ponto 4 – Indústria 4.0, mais identificaram (e igualmente) como – “Não Aplicável” – totalizando 20 (40.8%) opções de resposta;
- a tecnologia – “Realidade Aumentada” – é aquela que as PME respondentes enquadradas neste ponto 4 – Indústria 4.0, mais identificaram como – “Não Implementado” – totalizando 16 (20.8%) opções de resposta;
- a tecnologia – “*Big data* e análise” – é aquela que as PME respondentes enquadradas neste ponto 4 – Indústria 4.0, mais identificaram como – “Em planeamento” – totalizando 15 (17.4%) opções de resposta;
- a tecnologia – “*Internet* das coisas” é aquela que as PME respondentes enquadradas neste ponto 4 – Indústria 4.0, mais identificaram como – “Implementado” – totalizando 13 (19.7%) opções de resposta; sendo que a tecnologia – “Realidade Aumentada” – acolheu zero opções de respostas;

Questão 4.1.2. – Assinale qual o impacto da implementação das tecnologias da I4.0:

Na tabela 15 e no gráfico 17 é apresentada a compilação das respostas, à questão 4.1.2., constantes dos questionários recebidos das PME respondentes. São apresentadas as médias do grau de relevância das respostas recolhidas para cada uma das 9 tecnologias da I4.0, sendo que o número 1 representa o grau de – “Irrelevante” – e o 5 representa o grau de – “Extremamente relevante”.

Tabela 15: Respostas das PME sobre o impacto da implementação das tecnologias da I4.0.

Respostas	Irrelevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Nº de PME respondentes
Internet das Coisas	4 (13%)	2 (6%)	9 (28%)	9 (28%)	8 (25%)	32 (100%)
Computação em Nuvem	6 (19%)	1 (3%)	9 (28%)	8 (25%)	8 (25%)	32 (100%)
Big Data e Análise	7 (22%)	3 (9%)	9 (28%)	6 (19%)	7 (22%)	32 (100%)
Realidade Aumentada	15 (47%)	8 (25%)	6 (19%)	3 (9%)	0 (0%)	32 (100%)
Robots Autónomos	7 (22%)	4 (13%)	9 (28%)	5 (16%)	7 (22%)	32 (100%)
Simulação	10 (31%)	5 (16%)	7 (22%)	7 (22%)	3 (9%)	32 (100%)
Integração de Sistemas	3 (9%)	2 (6%)	7 (22%)	11 (34%)	9 (28%)	32 (100%)
Cibersegurança	4 (13%)	3 (9%)	9 (28%)	8 (25%)	8 (25%)	32 (100%)
Processos Aditivos	13 (41%)	7 (22%)	6 (19%)	4 (13%)	2 (6%)	32 (100%)
Total de Respostas	69 (24%)	35 (12%)	71 (25%)	61 (25%)	52 (25%)	288 (100%)

Tecnologias da I4.0 - Grau de relevância

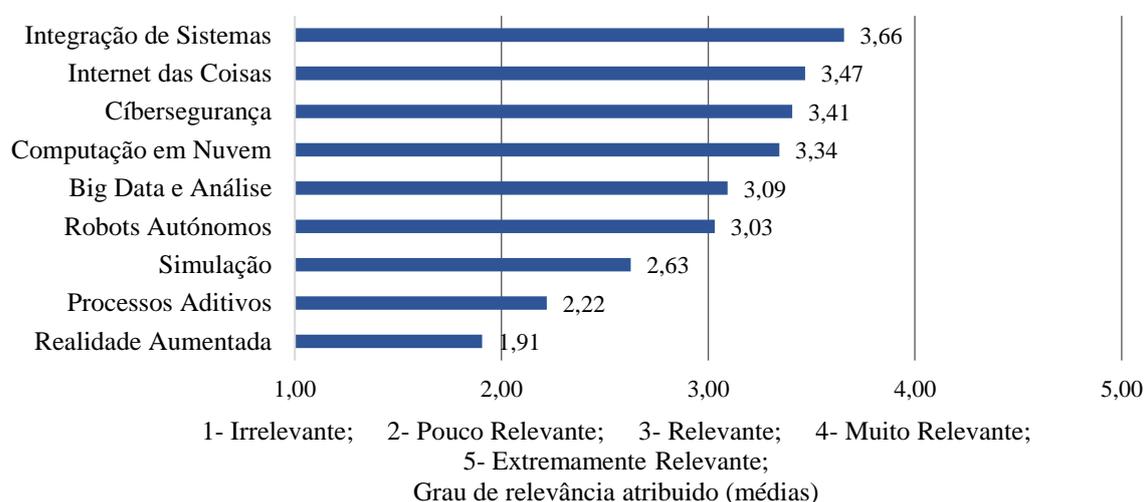


Gráfico 17: Impacto da implementação das tecnologias da Indústria 4.0.

Da análise da tabela 15 e do gráfico 17, podemos inferir designadamente que:

- desde logo a tecnologia – “Integração de Sistemas” – é aquela que em termos médios, as PME respondentes, atribuíram o grau de relevância mais elevado em face do potencial impacto da sua implementação com uma média de 3.66, sendo que contém

- 9 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (28%), 11 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (34%), 7 respostas no grau de relevância “Relevante” (22%), 2 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (6%) e 3 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (9%);
- b) a tecnologia – “Internet das Coisas” – tem uma média do grau de relevância de 3.47, apresenta 8 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (25%), 9 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (28%), 9 respostas no grau de relevância “Relevante” (28%), 2 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (6%) e 4 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (13%);
- c) a tecnologia – “Cibersegurança” – tem uma média do grau de relevância de 3.41, e apresenta 8 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (25%), 8 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (25%), 9 respostas no grau de relevância “Relevante” (28%), 3 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (9%) e 4 respostas no nível de relevância “Irrelevante” (13%); e
- d) a tecnologia – “Computação em Nuvem” – tem uma média do grau de relevância de 3.34, e apresenta 8 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (25%), 8 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (25%), 9 respostas no grau de relevância “Relevante” (28%), 1 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (3%) e 6 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (19%);
- e) a tecnologia – “Big Data e Análise” – tem uma média do grau de relevância de 3.09, e apresenta 7 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (22%), 6 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (19%), 9 respostas no grau de relevância “Relevante” (28%), 3 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (9%) e 7 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (22%);
- f) a tecnologia – “Robots Autónomos” – tem uma média do grau de relevância de 3.03, e apresenta 7 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (22%), 5 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (16%), 9 respostas no grau de relevância “Relevante” (28%), 4 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (13%) e 7 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (22%);
- g) a tecnologia – “Simulação” – tem uma média do grau de relevância de 2.63, e apresenta 3 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (9%), 7 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (22%), 7 respostas no grau de relevância “Relevante” (22%), 5 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (16%) e 10 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (31%);

- h) a tecnologia – “Processos Aditivos” – tem uma média do grau de relevância de 2.22, e apresenta 2 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (6%), 4 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (13%), 6 respostas no grau de relevância “Relevante” (19%), 7 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (22%) e 13 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (41%); e
- i) a tecnologia – “Realidade Aumentada” – tem uma média do grau de relevância de 1.91, e apresenta 0 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (0%), 3 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (9%), 6 respostas no grau de relevância “Relevante” (19%), 8 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (25%) e 15 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (47%).

Questão 4.2. – Das potenciais motivações para a implementação da I4.0, quais as mais relevantes para a Empresa?

Na tabela 16 e no gráfico 18 será apresentada a compilação das respostas, à questão 4.2., constantes dos questionários recebidos das organizações respondentes. Será apresentado uma média das respostas recolhidas em cada uma das motivações apresentadas.

Tabela 16: Respostas sobre as potenciais motivações para a implementação da I 4.0.

Respostas	Irrelevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Nº de PME respondentes
Melhorar o nível competitivo da Empresa	0 (0%)	0 (0%)	1 (3%)	12 (38%)	19 (59%)	32 (100%)
Melhoria da eficiência dos processos	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (22%)	25 (78%)	32 (100%)
Aumento de produtividade	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	12 (38%)	20 (63%)	32 (100%)
Melhoria na Qualidade do produto/serviço	0 (0%)	0 (0%)	4 (13%)	11 (34%)	17 (53%)	32 (100%)
Manutenção preventiva dos equipamentos	1 (3%)	3 (9%)	5 (16%)	17 (53%)	6 (19%)	32 (100%)
Melhoria das condições de trabalho	0 (0%)	0 (0%)	6 (19%)	12 (38%)	14 (44%)	32 (100%)
Melhoria do desempenho ambiental da Empresa	0 (0%)	0 (0%)	5 (16%)	20 (63%)	7 (22%)	32 (100%)
Aumentar a informação da Empresa, em relação às suas Partes Interessadas	0 (0%)	2 (6%)	11 (34%)	14 (44%)	5 (16%)	32 (100%)
Obter incentivos públicos e/ou privados	4 (13%)	5 (16%)	11 (34%)	9 (28%)	3 (9%)	32 (100%)
Total de Respostas	5 (2%)	10 (3%)	43 (16%)	114 (39%)	116 (40%)	288 (100%)

Potenciais motivações para a implementação da Indústria 4.0.

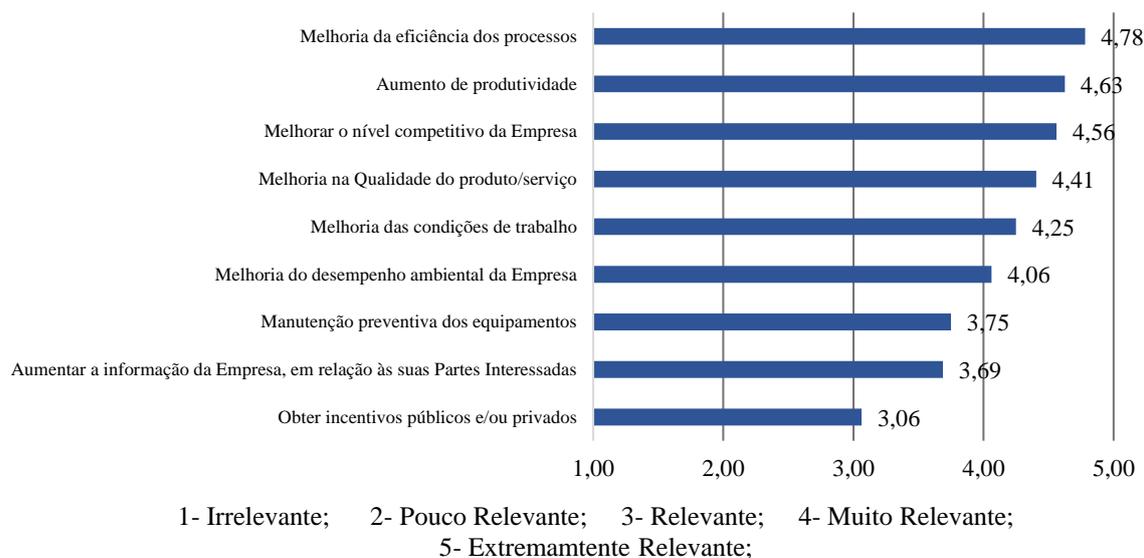


Gráfico 18: Potenciais motivações para a implementação da Indústria 4.0.

Da análise da tabela 16 e do gráfico 18, podemos inferir designadamente que:

- o motivo – “Melhoria da eficiência dos processos” – apresenta 4.78 de média do grau da relevância, sendo o motivo com um maior grau de relevância, e contém 25 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (78%), 7 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (22%), 0 respostas no grau de relevância “Relevante” (0%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- o motivo – “Aumento da produtividade” – tem uma média do grau de relevância de 4.63, e apresenta 20 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (63%), 12 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (38%), 0 respostas no grau de relevância “Relevante” (0%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- o motivo – “Melhorar o nível competitivo da Empresa” – tem 4.56 de média do grau de relevância, e apresenta 19 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (59%), 12 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (38%), 1 respostas no grau de relevância “Relevante” (3%), 2 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 4 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- o motivo – “Melhoria da qualidade do produto/serviço” – tem uma média do grau de relevância de 4.41, e apresenta 17 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (53%), 11 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (34%), 4

- respostas no grau de relevância “Relevante” (13%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- e) o motivo – “Melhoria das condições de trabalho” – tem uma média do grau de relevância de 4.25, e apresenta 14 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (44%), 12 respostas no nível de relevância “Muito Relevante” (38%), 6 respostas no grau de relevância “Relevante” (19%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- f) o motivo – “Melhoria do desempenho ambiental da Empresa” – tem uma média do grau de relevância de 4.06, e apresenta 7 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (22%), 20 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (63%), 5 respostas no nível de relevância “Relevante” (16%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- g) o motivo – “Manutenção preventiva dos equipamentos” – tem uma média do grau de relevância de 3.75, e apresenta 6 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (19%), 17 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (53%), 5 respostas no grau de relevância “Relevante” (16%), 6 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (9%) e 1 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (3%);
- h) o motivo – “Aumentar a informação da Empresa, em relação às suas partes interessadas” – tem uma média do grau de relevância de 3.69, e apresenta 5 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (16%), 14 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (44%), 11 respostas no grau de relevância “Relevante” (34%), 2 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (6%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%); e
- i) o motivo – “Obter incentivos públicos ou privados” – tem uma média do grau de relevância de 3.06, e apresenta 3 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (9%), 9 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (28%), 11 respostas no grau de relevância “Relevante” (34%), 5 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (16%) e 4 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (13%).

Questão 4.3. – Dos potenciais benefícios da implementação da I4.0, quais as mais relevantes para a Empresa?

Na tabela 17 e no gráfico 18 será apresentada a compilação das respostas, à questão 4.3., constantes dos questionários recebidos das organizações respondentes. Será apresentado uma média das respostas recolhidas em cada um dos benefícios apresentados.

Tabela 17: Respostas sobre os potenciais benefícios da implementação da I4.0.

Respostas	Irrelevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Nº de PME respondentes
Assegurar os tempos de entrega	0 (0%)	0 (0%)	5 (16%)	13 (41%)	14 (44%)	32 (100%)
Melhoria na Qualidade de produto/serviço	0 (0%)	0 (0%)	4 (13%)	11 (34%)	17 (53%)	32 (100%)
Crescimento do volume de comunicação/interação	0 (0%)	0 (0%)	6 (19%)	18 (56%)	8 (25%)	32 (100%)
Melhoria dos processos produtivos	0 (0%)	0 (0%)	4 (13%)	15 (47%)	13 (41%)	32 (100%)
Aumento da produtividade	0 (0%)	0 (0%)	2 (6%)	15 (47%)	15 (47%)	32 (100%)
Melhoria nas condições de operacionalização de processos	0 (0%)	0 (0%)	1 (3%)	18 (56%)	13 (41%)	32 (100%)
Produtos e serviços personalizados	1 (3%)	1 (3%)	11 (34%)	13 (41%)	6 (19%)	32 (100%)
Flexibilidade de produção	0 (0%)	0 (0%)	2 (6%)	21 (66%)	9 (28%)	32 (100%)
Redução dos custos de operação	0 (0%)	1 (3%)	1 (3%)	13 (41%)	17 (53%)	32 (100%)
Integração de Sistemas de Gestão de Informação	0 (0%)	0 (0%)	3 (9%)	17 (53%)	12 (38%)	32 (100%)
Redução de desperdícios (organizacionais e outros)	0 (0%)	1 (3%)	3 (9%)	16 (50%)	12 (38%)	32 (100%)
Total de respostas	1 (1%)	3 (2%)	42 (12%)	170 (47%)	136 (39%)	352 (100%)

Potenciais benefícios da implementação da I4.0

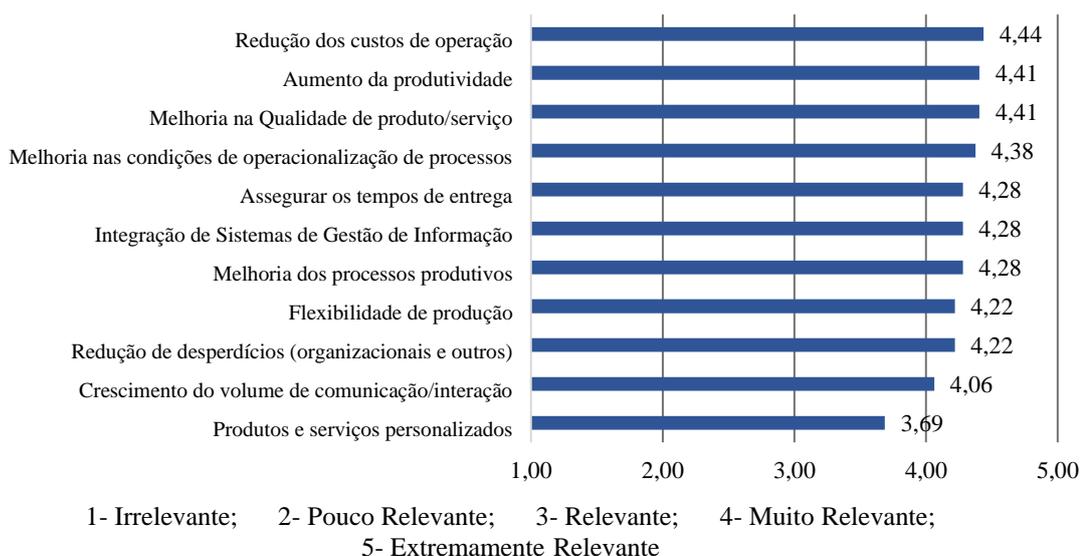


Gráfico 19: Potenciais benefícios da implementação da Indústria 4.0.

Da análise do gráfico 18 e da tabela 17, podemos inferir designadamente que:

- o benefício – “Redução dos custos de operação” – tem uma média do grau de relevância de 4.44, apresenta 17 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (53%), 13 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (41%), 1 respostas no grau de relevância “Relevante” (3%), 1 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (3%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- o benefício – “Aumento da produtividade” – tem uma média do grau de relevância de 4.41, apresenta 15 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (47%), 15 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (47%), 2 respostas no grau de relevância “Relevante” (6%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- o benefício – “Melhoria da qualidade do produto/serviço” – tem uma média de relevância de respostas de 4.41, e apresenta 17 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (53%), 11 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (34%), 4 respostas no grau de relevância “Relevante” (13%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- o benefício – “Melhoria das condições de operacionalização de processos” – tem uma média de relevância de 4.38, e apresenta 13 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (41%), 18 respostas no grau de relevância “Muito

- Relevante” (56%), 1 respostas no grau de relevância “Relevante” (3%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- e) o benefício – “Assegurar os tempos de entrega” – tem uma média de relevância de 4.28, e apresenta 14 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (44%), 13 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (41%), 5 respostas no grau de relevância “Relevante” (16%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
 - f) o benefício – “Integração de sistemas de Gestão de Informação” – contém uma média de relevância de 4.28, apresenta 12 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (38%), 17 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (53%), 3 respostas no grau de relevância “Relevante” (9%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
 - g) o benefício – “Melhoria dos processos produtivos” – tem uma média do grau de relevância de 4.28, apresenta 13 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (41%), 15 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (47%), 4 respostas no grau de relevância “Relevante” (13%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
 - h) o benefício – “Flexibilidade de produção” – tem uma média de relevância de 4.22, apresenta 9 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (28%), 21 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (66%), 2 respostas no grau de relevância “Relevante” (6%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
 - i) o benefício – “Redução de desperdícios (organizacionais e outros)” – com uma média do grau de relevância de 4.22, apresenta 12 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (38%), 16 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (50%), 3 respostas no grau de relevância “Relevante” (9%), 1 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (3%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
 - j) o benefício – “Crescimento do volume de comunicação/interação” – tem uma média de relevância de 4.06, apresenta 8 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (25%), 18 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (56%), 6 respostas no grau de relevância “Relevante” (19%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%); e

- k) o benefício – “Produtos e serviços personalizados” – tem uma média do grau de relevância de 3.69, e apresenta 6 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (19%), 13 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (41%), 11 respostas no grau de relevância “Relevante” (34%), 1 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (3%) e 1 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (3%).

Questão 4.4. – Dos potenciais fatores críticos da implementação da I4.0, quais as mais relevantes para a Empresa?

No gráfico 19 será apresentada a compilação das respostas, à questão 4.4., constantes dos questionários recebidos das organizações respondentes. Será apresentado uma média das respostas recolhidas em cada um dos fatores críticos apresentados.

Tabela 18:Respostas sobre os potenciais fatores críticos da implementação da I4.0

Respostas	Irrelevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Nº de PME respondentes
A Empresa ter uma boa estratégia organizacional	0 (0%)	0 (0%)	5 (16%)	14 (44%)	13 (41%)	32 (100%)
A Gestão de Topo comprometer-se com a implementação das tecnologias	0 (0%)	0 (0%)	6 (19%)	15 (47%)	11 (34%)	32 (100%)
Conhecimento organizacional sobre a Indústria 4.0 e os seus benefícios	0 (0%)	0 (0%)	6 (19%)	20 (63%)	6 (19%)	32 (100%)
Recrutar Pessoas mais qualificados, com as competências necessárias	0 (0%)	0 (0%)	8 (25%)	15 (47%)	9 (28%)	32 (100%)
Formar, consciencializar e qualificar as atuais Pessoas da Empresa	0 (0%)	0 (0%)	5 (16%)	11 (34%)	16 (50%)	32 (100%)
Tornar os produtos/serviços inteligentes	1 (3%)	1 (3%)	14 (44%)	11 (34%)	5 (16%)	32 (100%)
Possuir equipamentos tecnologicamente mais avançados	1 (3%)	1 (3%)	9 (28%)	14 (44%)	7 (22%)	32 (100%)
Digitalizar os processos logísticos da Empresa	0 (0%)	0 (0%)	7 (22%)	17 (53%)	8 (25%)	32 (100%)
Integração de Sistemas de Gestão de Informação em toda a Empresa	0 (0%)	0 (0%)	6 (19%)	14 (44%)	12 (38%)	32 (100%)
A Empresa dispor de uma boa equipa de Gestão de Projetos	0 (0%)	2 (6%)	12 (38%)	7 (22%)	11 (34%)	32 (100%)
Cibersegurança	0 (0%)	0 (0%)	9 (28%)	14 (44%)	9 (28%)	32 (100%)
Legislação em relação à segurança cibernética	0 (0%)	2 (6%)	8 (25%)	16 (50%)	6 (19%)	32 (100%)
Desenvolvimento Sustentável	0 (0%)	0 (0%)	6 (19%)	14 (44%)	12 (38%)	32 (100%)
Total de Respostas	2 (1%)	6 (2%)	101 (23%)	182 (43%)	125 (31%)	416 (100%)

Potenciais fatores críticos da implementação da I4.0

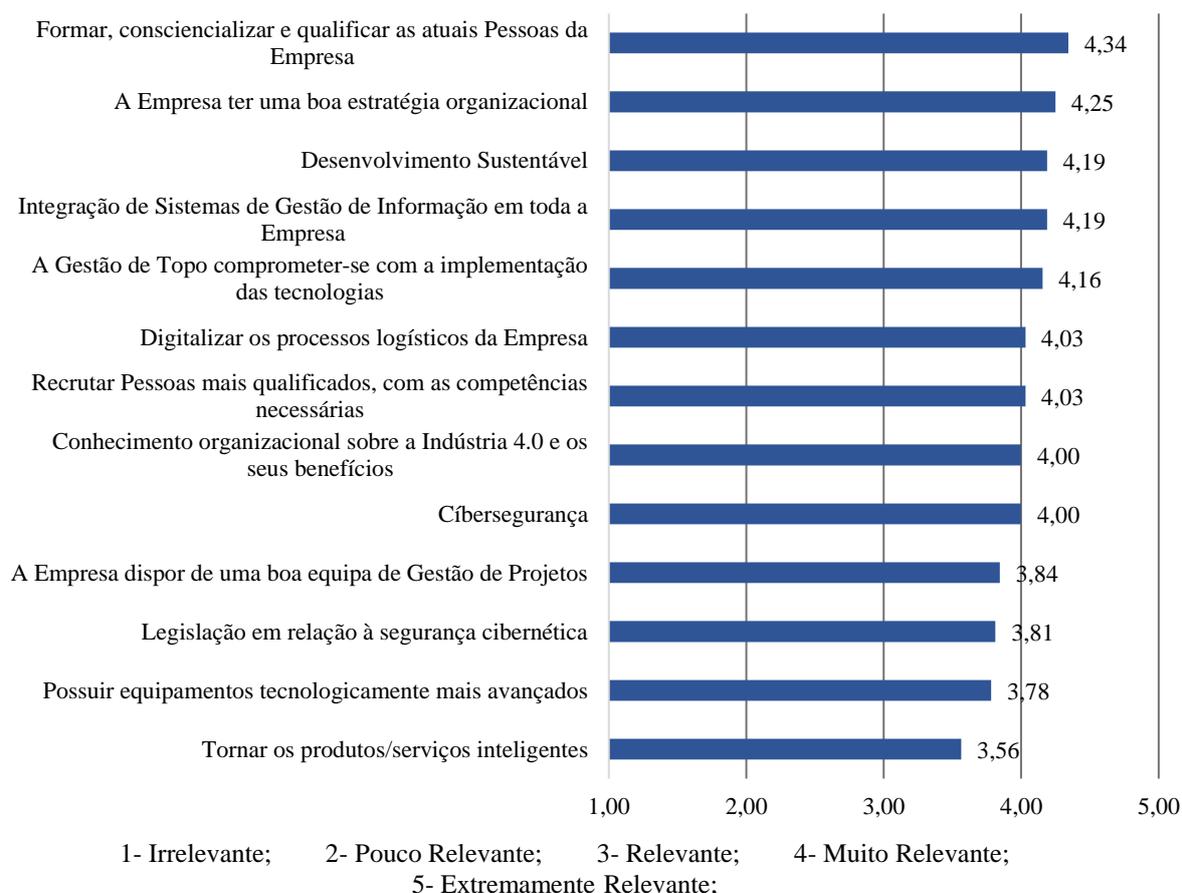


Gráfico 20: Potenciais fatores críticos da implementação da Indústria 4.0.

Da análise da tabela 18 e do gráfico 19, podemos inferir designadamente que:

- o fator crítico – “Formar, consciencializar e qualificar as atuais Pessoas da Empresa” – tem uma média do grau de relevância de 4.34, sendo a opção com a melhor média de todos os fatores críticos, e apresenta 16 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (50%), 11 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (34%), 5 respostas no grau de relevância “Relevante” (16%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- o fator crítico – “A Empresa ter uma boa estratégia organizacional” – tem uma média de relevância de 4.25, e apresenta 13 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (41%), 14 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (44%), 5 respostas no grau de relevância “Relevante” (16%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);

- c) o fator critico – “Desenvolvimento Sustentável” – tem uma média do grau de relevância de 4.19, e apresenta 12 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (38%), 14 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (44%), 6 respostas no grau de relevância “Relevante” (19%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%).
- d) o fator critico – “Integração de Sistemas de Gestão de Informação em toda a Empresa” – tem uma média do grau de relevância de 4.19, apresenta 11 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (38%), 7 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (44%), 12 respostas no grau de relevância “Relevante” (19%), 2 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (3%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- e) o fator critico – “A Gestão de Topo comprometer-se com a implementação das tecnologias” – tem uma média de relevância de 4.16, e apresenta 11 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (34%), 15 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (47%), 6 respostas no grau de relevância “Relevante” (19%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- f) o fator critico – “Digitalizar os processos logísticos da Empresa” – obteve uma média do grau de relevância de 4.03, e apresenta 8 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (25%), 17 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (53%), 7 respostas no grau de relevância “Relevante” (22%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- g) o fator critico – “Recrutar Pessoas mais qualificados, com as competências necessárias” – tem uma média de relevância de 4.03, apresenta 9 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (28%), 15 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (47%), 8 respostas no grau de relevância “Relevante” (25%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- h) o fator critico – “Conhecimento organizacional sobre a Indústria 4.00 e os seus benefícios” – tem uma média do grau de relevância de 4.00, apresenta 6 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (19%), 20 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (63%), 6 respostas no grau de relevância “Relevante”

- (19%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- i) o fator crítico “Cibersegurança” tem uma média do grau de respostas de 4.00, apresenta 9 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (28%), 14 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (44%), 9 respostas no grau de relevância “Relevante” (28%), 0 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (0%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%).
- j) o fator crítico – “A Empresa dispor de uma boa equipa de Gestão de Projetos” – tem uma média de relevância de 3.84, apresenta 11 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (34%), 7 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (22%), 12 respostas no grau de relevância “Relevante” (38%), 2 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (6%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- k) o fator crítico – “Legislação em relação à segurança cibernética” – obteve uma média do grau de relevância 3.81, e apresenta 6 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (19%), 16 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (50%), 8 respostas no grau de relevância “Relevante” (25%), 2 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (6%) e 0 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (0%);
- l) o fator crítico – “Possuir equipamentos tecnologicamente mais avançados” – obteve uma média do grau de relevância 3.78, apresenta 7 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (22%), 14 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (44%), 9 respostas no grau de relevância “Relevante” (28%), 1 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (3%) e 1 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (3%); e
- m) o fator crítico “Tornar os produtos/serviços inteligentes” tem uma média do grau de relevância de 3.56, e apresenta 5 respostas no grau de relevância “Extremamente Relevante” (16%), 11 respostas no grau de relevância “Muito Relevante” (34%), 14 respostas no grau de relevância “Relevante” (44%), 1 respostas no grau de relevância “Pouco Relevante” (3%) e 1 respostas no grau de relevância “Irrelevante” (3%).

6. Conclusões e recomendações

Neste capítulo, serão apresentadas:

- as principais conclusões do Trabalho desenvolvido sendo que o propósito primeiro da Investigação a que se refere a presente Dissertação, sob o tema – “*As PME em face da Indústria 4.0: Estudo de Caso - PME do distrito de Braga*” –, visou potenciar a criação e consequente partilha de novo Conhecimento em face do conjunto de objetivos (geral e específicos) e questões de Investigação estabelecidos(as) conforme, respetivamente, os parágrafos 1.3 – Objetivos, e 1.4 – Questões de Investigação, do Capítulo 1 – Introdução; e
- possíveis recomendações para Trabalhos, futuros, de Investigação.

6.1. Conclusões Gerais

Indiscutivelmente, as PME assumem, no presente e para o futuro, uma posição relevante nos mercados Nacional, Europeu e outros, constituindo-se como verdadeiros pilares e força motriz para o desenvolvimento sustentável e evolução sustentada das Economias e Sociedades modernas.

Têm sido, e são de todo, as PME, essenciais para a competitividade, a prosperidade e a Inovação e desenvolvimento Tecnológico, acrescido o facto de o serem, bem mais, em contexto da Quarta Revolução Industrial em curso, revelando-se, pois, de enorme pertinência a necessária e rápida implementação, nas PME, de Tecnologias que suportam a I4.0. Este será o caminho, irreversível, que as PME têm que seguir.

Foram definidos objetivos e priorizadas questões para Investigação no sentido de obter respostas visando colmatar as referidas lacunas potenciando, pois, novo Conhecimento científico no âmbito da temática - As PME em face da I4.0. Este novo Conhecimento, para consequente divulgação para apropriação por Partes Interessadas relevantes. Desde logo por PME industriais visando a sua progressiva transformação, pela implementação de Tecnologias que suportam a I4.0.

Da pesquisa bibliográfica realizada no sentido de identificar fontes credíveis de Conhecimento (predominantemente artigos científicos) e da consequente análise crítica das mesmas, resultou uma ampla lista de referências bibliográficas pertinentes que sustentaram, com informação credível e atualizada, a escrita do Capítulo 3 – Revisão da Literatura.

Na Literatura revela-se a existência de lacunas, ao nível de Conhecimento científico (designadamente através de Estudos de Caso), sobre qual a realidade (em face da I4.0) das PME, na circunstância do distrito de Braga - região fortemente industrializada e que contribui, direta e indiretamente, de forma significativa, para o desenvolvimento

(Económico, Social e Ambiental) do distrito e do País. Acresce que, ao distrito de Braga pertence o Concelho de Vila Nova de Famalicão que, por si só, vem sendo, há anos a esta parte, o Concelho mais exportador do Norte de Portugal e o terceiro a nível nacional. Também é dado constatar que do total de PME, dos vários Concelhos respondentes ao Inquérito por Questionário, 19,2% dessas PME estão localizadas no Concelho de Vila Nova de Famalicão.

Da pesquisa bibliográfica e análise crítica anteriormente referenciadas e para o nosso melhor conhecimento, poder-se-á concluir da pertinência da Investigação realizada sendo o Estudo de Caso pioneiro. Desde logo em termos de informação, relevante, obtida no Inquérito por Questionário e resultados decorrentes, conforme Capítulo 5 – Apresentação e discussão de resultados, permitindo, em coerência e resposta aos objetivos estabelecidos, a caracterização de PME industriais do distrito de Braga no âmbito da I4.0 *versus* da implementação das Tecnologias que a suportam, como seja, entre outros vários domínios, ao nível: a) da estratégia adotada; b) das motivações; c) dos atuais níveis de implementação e de aplicabilidade, nas PME respondentes, de cada uma das nove Tecnologias, considerados no Questionário; d) dos objetivos alcançados; e) dos impactos e relevância, para as PME respondentes, de cada dos onze potenciais benefícios, considerados no Questionário, decorrentes da implementação da I4.0; f) da relevância, para as PME respondentes, de cada dos treze potenciais Fatores Críticos de Sucesso, considerados no Questionário, para a implementação, da I4.0; e g) da relevância, para as PME respondentes, de cada uma das nove Tecnologias.

Dos referidos resultados e caracterização, poder-se-á inferir do caminho que globalmente ainda falta trilhar em diferentes domínios relativos à implementação da I4.0, de que são apenas um exemplo os Fatores Críticos de Sucesso, destacando-se nestes, como sendo o mais relevante (crítico) que as PME respondentes consideraram, a formação, consciencialização e qualificação das Pessoas. Releva-se que este resultado é de todo coerente com a Literatura que identifica como sendo obstáculo à transformação digital em curso, a falta de recursos, qualificações e competências nas PME, para planearem e liderarem Projetos de transformação digital e operarem com as novas Tecnologias.

Em jeito de conclusão final, releva-se também que:

- o conjunto de objetivos (geral e específicos) estabelecidos conforme o parágrafo 1.3 – Objetivos, do Capítulo 1 – Introdução, foram globalmente alcançados;
- o conjunto de questões de Investigação formuladas conforme o parágrafo 1.4 – Questões de Investigação, do Capítulo 1 – Introdução, foram globalmente respondidas; e

– o Conhecimento criado, a sua divulgação, disponibilização e transferência, designadamente para PME, constitui-se como um contributo relevante da Investigação realizada.

6.2. Recomendações para Investigação futura

a) Não obstante a sua pertinência, informação obtida e Conhecimento criado, a Investigação tem associadas algumas limitações, designadamente:

- o limite temporal para realização;
- a abrangência territorial (um dos dezoito distritos administrativos do território nacional Português, na circunstância o distrito de Braga);
- o número (466) e tipo (industriais) de PME inquiridas; e
- o número de PME respondentes e particularmente o número final de questionários validados – 47 (10,17%) –, que, de resto ficou aquém das nossas expectativas podendo por si só evidenciar algum alheamento das PME à tentativa abordada *versus* as questões formuladas;

b) Em face dos resultados obtidos, conhecimento adquirido durante o desenvolvimento da presente Dissertação nas suas diferentes fases, incluindo a estruturação e fundamentação da proposta de Tema;

somos levados a poder recomendar para Trabalhos, futuros, de Investigação, os dois seguintes:

- i. repetir, em 2024/25, a investigação agora realizada no sentido de inferir sobre a evolução dos seus resultados *versus* do posicionamento das PME em face da I4.0;
- ii. potenciar a realização de investigação similar, por distrito e abrangendo Portugal Continental, através de inquérito por questionário; e
- iii. Replica a presente investigação em PME exclusivamente familiares.

Bibliografia

Referências bibliográficas

- Abramovici, M., Göbel, J. C., & Savarino, P. (2017). Reconfiguration of smart products during their use phase based on virtual product twins. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 66(1), 165–168. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.042>
- Accenture & Ponemon Institute. (2018). *Custo com crimes virtuais é maior no setor de Serviços Financeiros, com número de incidentes três vezes maior do que há cinco anos*. Accenture. <https://www.accenture.com/br-pt/company-news-release-crimes-virtuais>
- Akerkar, R. (2014). *Big data computing*. <https://doi.org/10.1201/b16014>
- Albertin, M. R., Bufalari Elienesio, M. L., Dos Santos Aires, A., & Jaguaribe Pontes, H. L. (2017). Principais Inovações Tecnológicas Da. *XXIV Simpósio De Engenharia De Produção, November*, 0–13. <https://www.researchgate.net/publication/321682376%0APRINCIPAIS>
- Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(3), 899–919. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>
- Aljawarneh, S. A., Alawneh, A., & Jaradat, R. (2017). Cloud security engineering: Early stages of SDLC. *Future Generation Computer Systems*, 74, 385–392. <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.10.005>
- Almada-Lobo. (2017). *Six benefits of Industrie 4.0 for businesses*. Control Engineering.
- Amaral, L. M. (2016). O conceito de reindustrialização, Indústria 4.0 e a política industrial para o século XXI - O caso português. *Política Industrial Para o Século XXI*, 1–40. http://cip.org.pt/wp-content/uploads/2016/06/2016-05-17_LMAMARAL_Leiria.pdf
- Amorim, C. (2020). *Relatório e Contas Individuais*.
- Amorim, I. A. T. (2005). *Caracterização sócio-económica do distrito de Braga*.
- Aparecido, I., & Deciv, L. (2006). Discussão sobre a medição de desempenho na lean construction. *Simpep*, 1–10.
- Arnold, C., Kiel, D., & Voigt, K.-I. (2016). How Industry 4 . 0 changes business models in different manufacturing industries Kai-Ingo Voigt. *27th ISPIM Innovation Conference, Porto, Portugal, June*, 1–20.
- Askt. (2013). What can we learn from past anxiety over automation? *The Wilson Quarterly*. <https://www.wilsonquarterly.com/quarterly/summer-2014-where-have-all-the-jobs-gone/theres-much-learn-from-past-anxiety-over-automation/>
- Associação Brasileira de Internet Industrial. (2020). *Realidade aumentada na indústria: quais os ganhos e aplicações*. Indústria 4.0. <https://www.industria40.ind.br/artigo/20412-realidade-aumentada-na-industria-quais-os-ganhos-e-aplicacoes>
- Auger, A., Exposito, E., & Lochin, E. (2017). Survey on quality of observation within sensor web systems. *IET Wireless Sensor Systems*, 7(6). <https://doi.org/10.1049/iet-wss.2017.0008>

- Autor, D. H., & Dorn, D. (2013). The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*, *103*(5), 1553–1597. <https://doi.org/10.1257/aer.103.5.1553>
- Avis, J. (2018). Socio-technical imaginary of the fourth industrial revolution and its implications for vocational education and training: a literature review. *Journal of Vocational Education & Training*, *70*(3), 337–363. <https://doi.org/10.1080/13636820.2018.1498907>
- Avogaro, M. (2018). Evolution of Trade Unions in Industry 4.0: A German and Italian Debate. In *Working in Digital and Smart Organizations: Legal, Economic and Organizational Perspectives on the Digitalization of Labour Relations* (pp. 165–190). https://doi.org/10.1007/978-3-319-77329-2_9
- Axelsson, J., Froberg, J., & Eriksson, P. (2018). Towards a system-of-systems for improved road construction efficiency using lean and industry 4.0. *2018 13th System of Systems Engineering Conference, SoSE 2018, September*, 576–582. <https://doi.org/10.1109/SYSESE.2018.8428698>
- Azevedo, V. A. (2016). Geração internet das coisas. *Diálogo Com a Economia Criativa*, *1*(2), 75. <https://doi.org/10.22398/2525-2828.1275-91>
- Bag, S., Telukdarie, A., Pretorius, J. H. C., & Gupta, S. (2018). Industry 4.0 and supply chain sustainability: framework and future research directions. *Benchmarking*, *28*(5), 1410–1450. <https://doi.org/10.1108/BIJ-03-2018-0056>
- Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, *78*(6–13), 137–143. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>
- Baird, K. M., & Barfield, W. (1999). Evaluating the effectiveness of augmented reality displays for a manual assembly task. *Virtual Reality*, *4*(4), 250–259. <https://doi.org/10.1007/BF01421808>
- Banks, J. (1998). *Handbook of Simulation Principle Method*. 849.
- Bär, K., Herbert-Hansen, Z. N. L., & Khalid, W. (2018). Considering Industry 4.0 aspects in the supply chain for an SME. *Production Engineering*, *12*, 747–758.
- Barbosa Mendes, F., & Tammela, I. (2017). Servitização: A transformação das organizações de manufatura em companhias provedoras de soluções integradas de produtos e serviços Servitization: The transformation of manufacturing organizations into companies those provide integrated solutions for prod. *VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, February 2018*, 11.
- Barros, A. C., Simões, A. C., Toscano, C., Marques, A., Rodrigues, J. C., & Azevedo, A. (2017). Implementing cyber-physical systems in manufacturing. In D. M. gril. A. cruz-machad. V. (Ed.), *Proceedings of International Conference on Computers and Industrial Engineering, CIE*.
- Basl, J., & Doucek, P. (2019). A metamodel for evaluating enterprise readiness in the context of industry 4.0. *Information (Switzerland)*, *10*(3), 1–13. <https://doi.org/10.3390/info10030089>
- Bassi, L. (2017). *Industry 4.0: Hope, hype or revolution? 2017 IEEE 3rd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI), 2017*, pp. 1-

6., <https://doi.org/10.1109/RTSI.2017.8065927>

- Bauer, W., Hämmerle, M., Schlund, S., & Vocke, C. (2015). Transforming to a Hyper-connected Society and Economy – Towards an “Industry 4.0.” *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 417–424. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.200>
- Baur, C., & Wee, D. (2015). Manufacturing’s next act - McKinsey and Company. *McKinsey and Company*, June, 1–5. https://www.timereaction.com/papers/manufacturing_next_act.pdf
- Birkel, H. S., Veile, J. W., Müller, J. M., Hartmann, E., & Voigt, K. I. (2019). Development of a risk framework for Industry 4.0 in the context of sustainability for established manufacturers. *Sustainability (Switzerland)*, 11(2), 0–27. <https://doi.org/10.3390/su11020384>
- Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, 65(February), 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>
- Bonilla, S. H., Silva, H. R. O., da Silva, M. T., Gonçalves, R. F., & Sacomano, J. B. (2018). Industry 4.0 and sustainability implications: A scenario-based analysis of the impacts and challenges. *Sustainability (Switzerland)*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/su10103740>
- Borshchev, A. (2013). *The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with AnyLogic 6*. AnyLogic North America. <https://books.google.pt/books?id=2c5FnwEACAAJ>
- Boschetto, A., & Bottini, L. (2015). Roughness prediction in coupled operations of fused deposition modeling and barrel finishing. *Journal of Materials Processing Technology*, 219(C), 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2014.12.021>
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, N. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Science, Engineering and Technology*, 8, 37–44.
- Brynjolfsson, E. (2014). The Second Machine Age. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Canas Ricardo Manuel da Silva. (2014). Additive Manufacturing Technologies (3D printing). *International Journal of Sustainable Development and Planning*, June, 658–668.
- Cardona, A., Mugge, R., Schoormans, J., & Schifferstein, H. (2015). The Design of Smart Product-Service Systems (PSSs): An Exploration of Design Characteristics. *International Journal of Design*.
- Cavalcante, Z. V., & da Silva, M. L. S. (2011). A Importância da Revolução Industrial no mundo da tecnologia. *VII Encontro Nacional de Produção Científica*, 2–3.
- CE. (2003). Recomendação da Comissão de 6 de Maio de 2003 relativa à definição de micro, pequenas e médias empresas. *Jornal Oficial Da Uniao Europeia*, d, 36–41. <https://www.iapmei.pt/getattachment/PRODUTOS-E-SERVICOS/Qualificacao-Certificacao/Certificacao-PME/Recomendacao-da-Comissao-2003-361-CE.pdf.aspx>

- CE. (2008). *Comunicação da comissão ao parlamento europeu, ao conselho, ao comité económico e social europeu e ao comité das regiões - Uma Estratégia para as PME com vista a uma Europa Sustentável e Digital*. 2014, 12.
- CE. (2014). *The working party on the protection of individuals with regard to the processing of the personal data*. September, 1–22.
- CE. (2016). *Digitalização da Indústria Europeia: Usufruir de todos os benefícios do Mercado Único Digital*. 1–17.
- CE. (2020). *Guia do utilizador relativo à definição de PME (Vol. 2)*.
<https://doi.org/10.2873/80894>
- Centro Nacional de Cibersegurança Portugal. (2020). *A Internet das Coisas*.
https://cncs.gov.pt/content/files/6cgc_syllabus__vf.pdf
- CGI. (2017). Making your business more competitive. *Cgi Group Inc.*, 24.
- Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. (2018). Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and Challenges. *IEEE Access*, 6, 6505–6519. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2783682>
- Chertow, M. (2007). Uncovering Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11. <https://doi.org/10.1162/jiec.0.1110>
- Coelho, P. M. N. (2016). Rumo à Indústria 4.0. *Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade de Coimbra*, 65.
- Comissão Europeia. (2015). Economia: Guia do Utilizador da Comissão Europeia relativo à definição de PME. In *Serviço das Publicações da União Europeia*.
<https://doi.org/10.2873/418863>
- Compete2020. (2017a). *Indústria 4.0 a Quarta Revolução industrial*.
https://www.compete2020.gov.pt/noticias/detalhe/Industria_4ponto0
- Compete2020. (2017b). *Referencial da indústria 4.0*. 4–7.
https://www.compete2020.gov.pt/admin/fileman/Uploads/avisos-img/2017-04-07_RI4.0_final.pdf
- Cooper. (2015). *The IoT, Cloud and Security*. <https://www.cio.com/article/2933046/the-iot-cloud-and-security.html>
- Costa. (2020). *Realidade aumentada e realidade virtual na indústria*. ATEC.
- Dalkir. (2005). Knowledge Management in Theory and Practice. In *Journal of the American Society for Information Science and Technology* (Vol. 62, Issue 10).
<https://doi.org/10.1002/asi.21613>
- Dawson, M. (2018). Cyber Security in Industry 4.0: The Pitfalls of Having Hyperconnected Systems. *Journal of Strategic Management Studies*, 10(1), 19–28.
<https://doi.org/10.24760/iasme.10.1>
- De Carvalho, G. G., Tiosso, F., & Reis, H. M. (2020). Indústria 4.0. *Revista Interface Tecnológica*, 17(2), 256–268. <https://doi.org/10.31510/infa.v17i2.980>
- de Sousa Jabbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C., Foropon, C., & Filho, M. G. (2018). When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable

- manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(October 2017), 18–25.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.017>
- Dellermann, D., Fliaster, A., & Kolloch, M. (2017). *Innovation risk in digital business models : the German energy sector* (Vol. 38). <https://doi.org/10.1108/JBS-07-2016-0078>
- Demir, K. A., Döven, G., & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and Human-Robot Co-working. *Procedia Computer Science*, 158, 688–695.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.104>
- Departamento da indústria, ciência, energia e recursos do governo A. (2020). *Industry 4.0*. <https://www.energy.gov.au/business/equipment-and-technology-guides/industry-40>
- Diario de noticias. (2020). *Portugal tem a maior percentagem de PME a inovar na União Europeia*. <https://www.dn.pt/dinheiro/portugal-tem-a-maior-percentagem-de-pme-a-inovar-na-uniao-europeia-11573488.html>
- Driouchi, T., & Bennett, D. J. (2012). Real Options in Management and Organizational Strategy: A Review of Decision-making and Performance Implications. *International Journal of Management Reviews*, 14(1), 39–62. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2011.00304.x>
- Dropbox. (2020). *O que é nuvem?*
https://www.dropbox.com/pt_BR/business/resources/what-is-the-cloud
- Ecobite. (2019). *5 Benefícios da Automação na Produção Industrial*.
<https://www.ecobite.pt/5-beneficios-automacao-industrial/>
- Economias. (2018). *O que são empresas não financeiras?*
<https://www.economias.pt/empresas-nao-financeiras/>
- EducaBras. (2016). *Segunda Revolução Industrial e o Neocolonialismo*.
https://www.educabras.com/ensino_medio/materia/historia/historia_geral/aulas/segunda_revolucao_industrial_e_neocolonialismo
- Engineering Employer’s Federation. (2018). Cyber Security for Manufacturing. *Engineering Employer’s Federation (EEF)*, 1–11. <https://www.makeuk.org/-/media/EEF/Files/Reports/Cyber-Report-2018.pdf>
- Erdil, N. O., Aktas, C. B., & Arani, O. M. (2018). Embedding sustainability in lean six sigma efforts. *Journal of Cleaner Production*, 198(July 2018), 520–529.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.048>
- Erol, S., Schumacher, A., & Sihni, W. (2016). Strategic guidance towards industry 4.0 – A three-stage process model. *Internantional Conference on Competitive Manufacturing, January*, 495–501.
- European Union Agency for Networked and Information Security. (2018). Cybersecurity is a key enabler for Industry 4.0 adoption. *ENISA*.
- Eusébio, R. da T. (2019). *A Simulação na Indústria 4.0: principais conceitos e abordagens*.
- Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2018). A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing: theoretical operationalisation framework. *Production Planning &*

- Control*, 29, 1–12. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1424960>
- Federação Internacional da Robótica. (2020). *World Robotics Report 2020*. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/record-2.7-million-robots-work-in-factories-around-the-globe>
- Ferreira. (2018). *Big data: Afinal o que é e para que serve?* <https://pt.primaverabss.com/pt/blog/big-data-conceito-e-utilidade/>
- Ferreira, F. (2019). *Portugal & a Indústria 4.0*. 0–13.
- Flatt, H., Schriegel, S., Jasperneite, J., Trsek, H., & Adamczyk, H. (2016). Analysis of the Cyber-Security of industry 4.0 technologies based on RAMI 4.0 and identification of requirements. *2016 IEEE 21st International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 1–4.
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210(January), 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- Freddi, D. (2017). Digitalisation and employment in manufacturing: Pace of the digitalisation process and impact on employment in advanced Italian manufacturing companies. *AI & SOCIETY*, 33. <https://doi.org/10.1007/s00146-017-0740-5>
- Freixo, M. J. V. (2012). *Metodologia científica: fundamentos, métodos e técnicas*. Instituto Piaget.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Frison. (2015). *Impact of industry 4.0 on lean methods: And the Business of german and chinese manufacturer in China*. Kindle Edition.
- Galvao Scheidegger, A. P., Fernandes Pereira, T., Oliveira, M. L., Banerjee, A., & Montevechi, J. A. B. (2018). An introductory guide for hybrid simulation modelers on the primary simulation methods in industrial engineering identified through a systematic review of the literature. *Computers & Industrial Engineering*, 124, 474–492. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.07.046>
- Gavira, M. de O. (2003). *Simulação Computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento*. 163.
- Gavish, N., Gutiérrez, T., Webel, S., Rodríguez, J., Peveri, M., Bockholt, U., & Tecchia, F. (2015). Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks. *Interactive Learning Environments*, 23(6), 778–798. <https://doi.org/10.1080/10494820.2013.815221>
- Gehrke, L., Rule, D., Bellmann, C., Moore, P., Siemes, S., Singh, L., Bellmann, Christoph, Standley, M., Dawood, D., & Kulik, J. (2015). A Discussion of Qualifications and A German and American Perspective. *ASME American Society of Mechanical Engineers, VDI The Association of German Engineers Publications*, April, 29. www.vdi.de
- Gerlitz, L. (2015). Design for product and service innovation in industry 4.0 in emerging

- smart society. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 5, 181–198.
- Ghadge, A., Dani, S., & Kalawsky, R. (2012). Supply chain risk management: present and future scope. *The International Journal of Logistics Management*, 23(3), 313–339. <https://doi.org/10.1108/09574091211289200>
- Gharegozlou. (2016). *A nova Indústria 4.0 e os velhos desafios da integração de sistemas*.
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(6), 910–936. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0057>
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: the industrial internet of things*, Apress, Thailand. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.123>
- Gomes. (2019). *Internet das Coisas: qual é o impacto nos negócios?* Jasmin. <https://www.jasminsoftware.pt/blog/internet-das-coisas/>
- Gonçalves, M. E. (2017). The EU data protection reform and the challenges of big data: remaining uncertainties and ways forward. *Information & Communications Technology Law*, 26(2), 90–115. <https://doi.org/10.1080/13600834.2017.1295838>
- Götz, M., & Jankowska, B. (2017). Clusters and Industry 4.0 – do they fit together? *European Planning Studies*, 25(9), 1633–1653. <https://doi.org/10.1080/09654313.2017.1327037>
- Gourisetti, S. N. G., Mylrea, M., & Patangia, H. (2020). Cybersecurity vulnerability mitigation framework through empirical paradigm: Enhanced prioritized gap analysis. *Future Generation Computer Systems*, 105(December 2019), 410–431. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.12.018>
- Grufman, N., & Lyons, S. (2020). *Exploring industry 4.0 A readiness assessment for SMEs*. June. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12170.08647>
- Heckmann, I., Comes, T., & Nickel, S. (2015). A critical review on supply chain risk - Definition, measure and modeling. *Omega (United Kingdom)*, 52(March 2018), 119–132. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.10.004>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. *Technische Universität Dortmund*, 1(1), 4–16. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29269.22248>
- Hill & Hill. (1998). A construção de um questionário. *Journal of the Royal Society of Medicine*. <https://doi.org/10.1177/003591575604900303>
- Hill, M. M., & Hill, A. (2012). *Investigação por questionário*. Edições Silabo, ISBN:9789726182733
- Hirschi, A. (2018). The Fourth Industrial Revolution: Issues and Implications for Career Research and Practice. *Career Development Quarterly*, 66(3), 192–204. <https://doi.org/10.1002/cdq.12142>
- Hobbs, D. P. (2003). *Lean Manufacturing Implementation: A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer*. J. Ross Pub. <https://books.google.com.ec/books?id=pJa0rwBt74wC>
- Hou, L., Wang, X., & Truijens, M. (2013). Using Augmented Reality to Facilitate Piping

- Assembly: An Experiment-Based Evaluation. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 29, 5014007. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000344](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000344)
- Huh, J. H., & Lee, H. G. (2018). Simulation and test bed of a low-power digital excitation system for industry 4.0. *Processes*, 6(9). <https://doi.org/10.3390/pr6090145>
- INE. (2019). *Empresas (N.º) por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Atividade económica (Subclasse - CAE Rev. 3); Anual*. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&contecto=pi&indOcorrCod=0008466&selTab=tab0
- INE. (2020). Sociedade da Informação e do Conhecimento - Inquérito à Utilização de Tecnologias da Informação e da Comunicação nas Famílias. A proporção de utilizadores de internet em mobilidade duplicou em 4 anos. *Ine*, 15. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaquas&DESTAQUESdest_boui=250254698&DESTAQUESmodo=2
- INE. (2021). *População residente (N.º) por Local de residência e Sexo; Decenal*. Instituto Nacional de Estatística. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0005889&contexto=pi&selTab=tab0
- Infopédia. (2020). *Braga*. Porto Editora. [https://www.infopedia.pt/\\$braga](https://www.infopedia.pt/$braga)
- Infraspeak. (2021). *Indústria 4.0: Conceito, Impacto e Desafios*.
- Ingaldi, M., & Ulewicz, R. (2020). Problems with the implementation of industry 4.0 in enterprises from the SME sector. *Sustainability (Switzerland)*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/SU12010217>
- International Organization for Standardization. (2009). *ISO GUIDE 73:2009 - Risk management —Vocabulary*.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000 - RISK MANAGEMENT*.
- International Organization for Standardization. (2019). *IEC 31010:2019 Risk management — Risk assessment techniques*. <https://www.google.com/search?q=ISO&oq=iso&aqs=edge.0.69i59l3j0i433i512l5j69i65.1498j0j1&sourceid=chrome&ie=UTF-8&safe=active>
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2018). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 57, 1–18. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>
- Jansen, C., & Jeschke, S. (2018). Mitigating risks of digitalization through managed industrial security services. *AI & SOCIETY*, 33, 163–173.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. *Final Report of the Industrie 4.0 Working Group, April*, 1–84.
- Kahle, L. R., & Malhotra, N. K. (1994). Marketing Research: An Applied Orientation. In *Journal of Marketing Research* (Vol. 31, Issue 1). <https://doi.org/10.2307/3151953>
- Karimov, E., & Abrahamsson, J. F. (2019). *Industry 4.0 and Swedish SMEs: An assessment of current maturity level and challenges*. 1–85.

- Kastalli, I. V., Van Looy, B., & Neely, A. (2013). Steering Manufacturing Firms towards Service Business Model Innovation. *California Management Review*, 56(1), 100–123. <https://doi.org/10.1525/cmr.2013.56.1.100>
- Keller, M., Rosenberg, M., Brettel, M., & Friederichsen, N. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 8(1), 37–44.
- Khan, A., & Turowski, K. (2016). A Survey of Current Challenges in Manufacturing Industry and Preparation for Industry 4.0 (Vol. 450, pp. 15–26). https://doi.org/10.1007/978-3-319-33609-1_2
- Kiel, D, Müller, J., Arnold, C., & Voigt, K. (2017). SUSTAINABLE INDUSTRIAL VALUE CREATION: BENEFITS AND CHALLENGES OF INDUSTRY 4.0. *International Journal of Innovation Management*, 21, 1740015.
- Kiel, Daniel, Arnold, C., & Voigt, K.-I. (2017). The influence of the Industrial Internet of Things on business models of established manufacturing companies – A business level perspective. *Technovation*, 68, 4–19. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2017.09.003>
- Kish, L. (1982). Rensis Likert 1903–1981. *The American Statistician*, 36(2), 124–125. <https://doi.org/10.1080/00031305.1982.10482804>
- Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnLine*, 28(3), 1870–1875. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.359>
- Kovács, G., & Kot, S. (2016). Nowe trendy logistyki i produkcji jako efekt zmian gospodarki światowej. *Polish Journal of Management Studies*, 14(2), 115–126. <https://doi.org/10.17512/pjms.2016.14.2.11>
- Kovács, O. (2017). Az ipar 4.0 komplexitása – II. *Közgazdasági Szemle*, 64(9), 970–987. <https://doi.org/10.18414/ksz.2017.9.970>
- Lee, H. G., & Huh, J. H. (2018). A cost-effective redundant digital excitation control system and Test Bed Experiment for safe power supply for process industry 4.0. *Processes*, 6(7). <https://doi.org/10.3390/pr6070085>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H.-A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>
- Lima. (2018). *Contribuição de Lean Thinking para a implementação da Indústria 4.0*.
- Lin, D., Lee, C., Lau, H., & Yang, Y. (2018). Strategic response to Industry 4.0: an empirical investigation on The Chinese automotive industry. *Industrial Management & Data Systems*, 118, 0. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2017-0403>
- Lorenz, M., Rüßmann, M., Strack, R., Lueth, K. L., & Bolle, M. (2015). Man and Machine in Industry 4.0. *Boston Consulting Group*, 18.
- Ma, J., Wang, Q., & Zhao, Z. (2017). SLAE–CPS: Smart lean automation engine enabled

by cyber-physical systems technologies. *Sensors (Switzerland)*, 17(7).
<https://doi.org/10.3390/s17071500>

- MacDougall, W. (2014). *Industrie 4.0: Smart Manufacturing for the Future*. Germany Trade & Invest. <https://books.google.pt/books?id=F3TloQEACAAJ>
- Maia Abreu, C. E., Rodrigues Barbosa Gonzaga, D., Dos Santos, F. J., Ferreira de Oliveira, J., De Morais Oliveira, K. D., Morais Figueiredo, L., Nascimento, M. P., Gomes de Oliveira, P., De Souza Yoshinaga, S. T., Taveira de Oliveira, T., Silva da Mata, V., & Dos Santos Gonçalves, G. A. (2018). Indústria 4.0: Como as Empresas Estão Utilizando a Simulação para se Preparar para o Futuro. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, 12(12), 49. <https://doi.org/10.17921/1890-1793.2017v12n12p49-53>
- Manyika, J., Chui Brown, M., B. J., B., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Hung Byers, A. (2011). Big data: The next frontier for innovation, competition and productivity. *McKinsey Global Institute, June*, 156.
https://bigdatawg.nist.gov/pdf/MGI_big_data_full_report.pdf
- Maresova, P., Soukal, I., Svobodova, L., Hedvicakova, M., Javanmardi, E., Selamat, A., & Krejcar, O. (2018). Consequences of industry 4.0 in business and economics. *Economies*, 6(3), 1–14. <https://doi.org/10.3390/economies6030046>
- Markovitz, D. (2011). *A Factory of One Applying Lean Principles to Banish Waste and Improve Your Personal Performance*.
- Marr. (2015). *Big Data: 20 Mind-Boggling Facts Everyone Must Read*.
- Mattern, F., & Floerkemeier, C. (2010). From the Internet of Computers to the Internet of Things. In *Informatik-Spektrum* (Vol. 33). https://doi.org/10.1007/978-3-642-17226-7_15
- Mendes. (2007). *O Impacto dos Sistemas QAS nas PME Portuguesas*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial - Área de Especialização Qualidade, Segurança e Manutenção, Universidade do Minho, <http://hdl.handle.net/1822/7967>
- URI: <http://hdl.handle.net/1822/7967>
- Metternich, J., Müller, M., Meudt, T., & Schaeede, C. (2017). *Lean 4.0: zwischen Widerspruch und Vision*.
- Mezghani, E., Exposito, E., & Drira, K. (2017). A Model-Driven Methodology for the Design of Autonomic and Cognitive IoT-Based Systems: Application to Healthcare. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, 1(3), 224–234. <https://doi.org/10.1109/TETCI.2017.2699218>
- Michaels, G., Natraj, A., & van Reenen, J. (2014). Has ICT Polarized Skill Demand? Evidence from Eleven Countries over Twenty-Five Years. *The Review of Economics and Statistics*, 96(1), 60–77.
<https://econpapers.repec.org/RePEc:tpr:restat:v:96:y:2014:i:1:p:60-77>
- Microsoft Azure. (2020). *O que é a computação na cloud?* Microsoft azure. (...). O que é a cloud?. Retirado de: <https://azure.microsoft.com/pt-pt/overview/what-is-the-cloud/>
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49(November), 194–

214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
- Moeuf, A., Lamouri, S., Pellerin, R., Tamayo-Giraldo, S., Tobon-Valencia, E., & Eburdy, R. (2020). Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1384–1400. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1636323>
- Monostori, L. (2014). Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. *Procedia CIRP*, 17, 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.115>
- Moran. (2018). *Benefits of Industry 4.0*. <https://slcontrols.com/benefits-of-industry-4-0/>
- Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K.-I. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 2–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.019>
- Nagy, J. (2019). Az ipar 4.0 fogalma és kritikus kérdései – vállalati interjúk alapján. *Vezetéstudomány - Budapest Management Review*, 50. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2019.01.02>
- Nascimento, C. A. X., Hsu, P. L., Meneghatti, M. R., da Costa Barzotto, L., & Rodrigues, L. C. (2018). Innovation in business through big data analytics. *International Journal of Professional Business Review*, 3(1), 1–16. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2018.v3i1.65>
- Norte2020. (2015). POCH - Objetivo de investimento no crescimento e no emprego. *Norte2020*, 1–475.
- Nwaiwu, F., Duduci, M., Chromjakova, F., & Otekhile, C. A. F. (2020). Industry 4.0 concepts within the czech sme manufacturing sector: An empirical assessment of critical success factors. *Business: Theory and Practice*, 21(1), 58–70. <https://doi.org/10.3846/btp.2020.10712>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Taylor & Francis. https://books.google.pt/books?id=7%5C_-67SshOy8C
- Özdemir, V. (2018). The Dark Side of the Moon: The Internet of Things, Industry 4.0, and The Quantified Planet. *OmicS : A Journal of Integrative Biology*, 22 10, 637–641.
- Paiola. (2019). *As aplicações da Realidade Aumentada na Indústria 4.0*. Indústria 4.0. <https://www.industria40.ind.br/noticias/18218-as-aplicacoes-de-realidade-aumentada-na-industria-40>
- Pederneiras. (2019). Integração entre Sistemas na Indústria 4.0. *Indústria 4.0*. <https://www.industria40.ind.br/artigo/17953-integracao-entre-sistemas-na-industria-40>
- Pedone, G., & Mezgár, I. (2018). Model similarity evidence and interoperability affinity in cloud-ready Industry 4.0 technologies. *Computers in Industry*, 100, 278–286. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.05.003>
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>
- Philbeck, T., & Davis, N. R. (2018). The Fourth Industrial Revolution: Shaping a New Era.

Journal of International Affairs, 72, 17.

- Piccarozzi, M., Aquilani, B., & Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in management studies: A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 10(10), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su10103821>
- Pinheiro, V. C. (2016). *Indústria 4.0 a Quarta Revolução industrial*. Compete2020. https://www.compete2020.gov.pt/noticias/detalhe/Industria_4ponto0
- Pinto. (2019). *Já ouviu falar da Plataforma Portugal i4.0?* <https://www.compete2020.gov.pt/noticias/detalhe/Proj35947-Plataformaportugali40-Siac-NL201-11042019>
- Pinto, M. (2020). Indústria 4.0. *Jornal de Negócios*. <https://www.jornaldenegocios.pt/opiniao/colunistas/detalhe/industria-40>
- Polon, L. (2018). Terceira Revolução Industrial. *Estudo Prático*. <https://www.estudopratico.com.br/terceira-revolucao-industrial/>
- Poor, P., & Basl, J. (2018). Czech republic and processes of industry 4.0 implementation. *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium*, 29(1), 0454–0459. <https://doi.org/10.2507/29th.daaam.proceedings.067>
- Pordata. (2021). *População residente: total e por grandes grupos etários (%)*. <https://www.pordata.pt/DB/Municipios/Ambiente+de+Consulta/Tabela>
- Pordata (a). (2020). *Empresas não financeiras: total e por sector de atividade económica*.
- Pordata (b). (2020). *Pequenas e médias empresas em % do total de empresas: total e por dimensão*. <https://www.pordata.pt/Portugal/Pequenas+e+médias+empresas+em+percentagem+do+total+de+empresas+total+e+por+dimensão-2859>
- Pordata (c). (2020). *Volume de negócios das pequenas e médias empresas: total e por dimensão*. <https://www.pordata.pt/Portugal/Volume+de+negócios+das+pequenas+e+médias+empresas+total+e+por+dimensão-2932>
- Pouspourika K. (2019). *The 4 Industrial Revolutions*. Institute of Entrepreneurship. <https://ied.eu/%0Aproject-updates/the-4-industrial-revolutions/>.
- Prause, G., & Atari, S. (2017). On sustainable production networks for industry 4.0. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 4(4), 421–431. [https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.4\(2\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.4(2))
- PricewaterhouseCoopers. (2012). *Enterprise risk management Como transformar a crise em oportunidades*.
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond. *Procedia CIRP*, 52, 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- Radack, S. (2002). Security Considerations in the System Development Life Cycle. *National Institute of Standards and Technology*.
- Reid, R., & Van Niekerk, J. (2014). From information security to cyber security cultures. *2014 Information Security for South Africa - Proceedings of the ISSA 2014*

- Conference, January. <https://doi.org/10.1109/ISSA.2014.6950492>
- Reis, F. L. dos. (2011). *Como elaborar uma dissertação de mestrado: segundo bolonha*. Pactor.
- Ren, G., & Gregory, M. (2007). *Servitization in manufacturing companies: a conceptualization, critical review, and research agenda*.
- Ribau. (2019). Afinal o que é isto de industria 4.0? *Visão*. <https://visao.sapo.pt/opiniao/ponto-de-vista/2019-10-28-afinal-o-que-e-isto-da-industria-4-0/>
- Ribeiro, J. M. (2017). O conceito da indústria 4.0 na confeção: análise e implementação. *Universidade Do Minho*, 99. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/49413>
- Ritesh. (2020). Lack Of Cybersecurity Consideration Could Upend Industry 4.0. *Forbes*.
- Rojko, A. (2017). Industry 4.0 Concept: Background and Overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 11, 77. <https://doi.org/10.3991/ijim.v11i5.7072>
- Romero, D., Bernus, P., Noran, O., Stahre, J., & Fast-Berglund, Å. (2016). The Operator 4.0: Human Cyber-Physical Systems {&} Adaptive Automation Towards Human-Automation Symbiosis Work Systems. In I. Nääs, O. Vendrametto, J. Mendes Reis, R. F. Gonçalves, M. T. Silva, G. von Cieminski, & D. Kiritsis (Eds.), *Advances in Production Management Systems. Initiatives for a Sustainable World* (pp. 677–686). Springer International Publishing.
- Roth, S., Westerlund, L., & Kaivo oja, J. (2017). Futures of robotics. Human work in digital transformation. *International Journal of Technology Management*, 73(4), 176. <https://doi.org/10.1504/ijtm.2017.10004003>
- Russmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: World Economic Forum. *The Boston Consulting Group*, 1–20.
- Rüttimann, B. G., & Stöckli, M. T. (2016). Lean and Industry 4.0—Twins, Partners, or Contenders? A Due Clarification Regarding the Supposed Clash of Two Production Systems. *Journal of Service Science and Management*, 09(06), 485–500. <https://doi.org/10.4236/jssm.2016.96051>
- Sacomano, J. B., Gonçalves, R. F., Bonilla, S. H., da Silva, M. T., & Sátyro, W. C. (2018). *Indústria 4.0*. Blucher. <https://books.google.pt/books?id=PNCuDwAAQBAJ>
- Satoglu, S. I., Ustundag, A., Cevikcan, E., & Durmusoglu, M. B. (2018). *Managing The Digital Transformation* (Issue September).
- Scarpetta, S. (2016). What future for work? *OECD Observer*, 305, 9–10. <https://doi.org/10.1787/e0e110b2-en>
- Schaltegger, S., & Wagner, M. (2011). Sustainable Entrepreneurship and Sustainability Innovation: Categories and Interactions. *Business Strategy and the Environment*, 20, 222–237. <https://doi.org/10.1002/bse.682>
- Schönreiter, I. (2017). *Significance of Quality 4.0 in Post Merger Process Harmonization*. 123–134. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58801-8_11
- Schwab. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum

- <https://law.unimelb.edu.au/>
- SEBREA. (2018). *Indústria 4.0 a moda a caminho do futuro*. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas no Estado do Rio de Janeiro – Sebrae/RJ
<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/>
- Sharda, R., & Chongwatpol, J. (2013). Achieving Lean Objectives through RFID: A Simulation Based Assessment. *Decision Sciences*, 44, 239–266.
<https://doi.org/10.1111/deci.12007>
- Siemens. (2017). *Digitalização – A Chave para Maior Produtividade, Eficiência e Flexibilidade em Portugal*.
- Sierra, J. (2016). Indústria 4.0 e transformação – visão geral. *Inovação e Empreendedorismo*, 77. <http://mailings.vidaeconomica.pt/files/newsletters/2016-11/inovacao/IE.pdf>
- Simoes, A. C., Soares, A. L., & Barros, A. C. (2019). Drivers Impacting Cobots Adoption in Manufacturing Context: A Qualitative Study. In J. Trojanowska, O. Ciszak, J. Machado, & I. Pavlenko (Eds.), *ADVANCES IN MANUFACTURING II, VOL 1 - SOLUTIONS FOR INDUSTRY 4.0* (pp. 203–212).
- Singh, S., Ramakrishna, S., & Singh, R. (2017). Material issues in additive manufacturing: A review. *Journal of Manufacturing Processes*, 25(August 2018), 185–200.
<https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2016.11.006>
- Sisinni, E., Saifullah, A., Han, S., Jennehag, U., & Gidlund, M. (2018). Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(11), 4724–4734. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2852491>
- Sivathanu, B., & Pillai, R. (2018). Smart HR 4.0- how industry 4.0 is disrupting HR. *Human Resource Management International Digest*, 26, 7–11.
- Smit et al. (2016). Industry4.0. *Analytics for the Sharing Economy: Mathematics, Engineering and Business Perspectives*, 309–333. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35032-1_18
- Smith, R., & Hawkins, B. (2004). Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share. In *Plant engineering CN - TS155 .S635 2004*. files/723/Ricky Smith-Lean Maintenance _ Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share (Life Cycle Engineering Series) (2004).pdf
- Soltovski et al. (2019). *III International Symposium on Supply Chain 4.0: 4*.
- Sony, M., & Naik, S. (2019). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0: a review and future research direction. *Production Planning & Control*, 31, 1–17.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1691278>
- Sousa R. (2016). *Segunda Revolução Industrial*. Departamento Acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
- Spath, D., Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T., & Schlund, S. (2013). Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0. *Fraunhofer- Institut Für Arbeitswirtschaft Und Organisation IAO*, 155. http://www.dkp-niedersachsen.de/produktion/medien/archiv/20131109wesem/Fraunhofer-IAO-Studie_Produktionsarbeit_der_Zukunft-Industrie_4.0.pdf

- Steinberg, J. (2020). *Cybersecurity for Dummies* (Vol. 1, Issue 4). ISBN-10: 1119560322
- Stevenson. (2016). Operations management. In *Solutions: Business Problem Solving*. <https://doi.org/10.1201/9781420065541.ch22>
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40(Icc), 536–541. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
- Stone, K. B. (2012). Four decades of lean: A systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(2), 112–132. <https://doi.org/10.1108/20401461211243702>
- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 40–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005>
- Swat, M., Brünnet, H., & Bähre, D. (2014). *Selecting Manufacturing Process Chains in the Early Stage of the Product Engineering Process with Focus on Energy Consumption*. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5544-7_8
- Taiwo, M., Ayodeji, A. M., & Yusuf, B. A. (2013). Impact of Small and Medium Enterprises on Economic Growth and Development. *American Journal of Business and Management*, 1, 18–22.
- Tamás, P., Illés, B., & Dobos, P. (2016). Waste reduction possibilities for manufacturing systems in the industry 4.0. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012074>
- Thames & Schaefer. (2017). *Cybersecurity for Industry 4.0*.
- Tofail, S. A. M., Koumoulos, E. P., Bandyopadhyay, A., Bose, S., O'Donoghue, L., & Charitidis, C. (2018). Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities. *Materials Today*, 21(1), 22–37. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2017.07.001>
- Türkeş, M. C., Oncioiu, I., Aslam, H. D., Marin-Pantelescu, A., Topor, D. I., & Căpuşneanu, S. (2019). Drivers and barriers in using industry 4.0: A perspective of SMEs in Romania. *Processes*, 7(3), 1–20. <https://doi.org/10.3390/pr7030153>
- Uden, L., & He, W. (2017). How the Internet of Things can help knowledge management: a case study from the automotive domain. *Journal of Knowledge Management*, 21(1), 57–70. <https://doi.org/10.1108/JKM-07-2015-0291>
- UGT. (2018). *UGT - União Geral de Trabalhadores*. 1–18. <https://www.ugt.pt/>
- Varella. (2019). *Implementação e migração para computação em nuvem*.
- Velte, A. T. V., Velte, T. J., & Elsenpeter, R. (2010). *Cloud Computing: A Practical Approach*.
- Vinciguerra. (2019). *Why Manufacturers Should Invest in Industry 4.0 Technology for Process Improvement*. Magnet. <https://www.manufacturingsuccess.org/blog/why-manufacturers-should-invest-in-industry-4.0-technology-for-process-improvement>
- Vrchota, J., Volek, T., & Novotná, M. (2019). Factors introducing Industry 4.0 to SMEs. *Social Sciences*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/socsci8050130>

- Walendowski, J., Kroll, H., & Eugenia Soto Rojas, V. (2015). *Regional Innovation Monitor Plus 2015. January*, 1–57.
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. (2016). Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Comput. Networks*, *101*, 158–168.
- Weber, R. H., & Studer, E. (2016). Cybersecurity in the Internet of Things: Legal aspects. *Computer Law & Security Review*, *32*(5), 715–728. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clsr.2016.07.002>
- Wilkinson, G., & Dale, B. G. (1999). Integrated management systems: an examination of the concept and theory. *The TQM Magazine*, *11*(2), 95–104. <https://doi.org/10.1108/09544789910257280>
- Winfield, A. F., Michael, K., Pitt, J., & Evers, V. (2019). Machine Ethics: The Design and Governance of Ethical AI and Autonomous Systems. *Proceedings of the IEEE*, *107*(3), 509–517. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2900622>
- Woboton. (2019). *5 key benefits of Industry 4.0 for factories*. Woboton. <https://woboton.com/5-key-benefits-of-industry-40-for-factories/>
- Womack, J. & Jones, D. (2008). *Notes on Continuous Process Improvement - Lean Thinking Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. April, 1–8.
- Yang, S., & Zhao, Y. F. (2015). Additive manufacturing-enabled design theory and methodology: a critical review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *80*(1), 327–342. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-6994-5>
- Yin. (2003). *Planeamento e métodos* (Vol. 148).
- Yin, Yong, Stecke, K., & Li, D. (2018). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, *56*, 848–861.
- Yin, Yuanyuan, & Qin, S. F. (2019). A smart performance measurement approach for collaborative design in Industry 4.0. *Advances in Mechanical Engineering*, *11*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1177/1687814018822570>
- Zheng, P., wang, H., Sang, Z., Zhong, R. Y., Liu, Y., Liu, C., Mubarak, K., Yu, S., & Xu, X. (2018). Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives. *Frontiers of Mechanical Engineering*, *13*(2), 137–150. <https://doi.org/10.1007/s11465-018-0499-5>
- Zimmermann. (2020). Segurança informática na produção: um desafio para os fabricantes de máquinas. *Metav 2020, Düsseldorf Exhibition Centre, Stockumer Kirchstraße 61, Hall 1, Sala 14*.

Netgrafia

<https://www.compete2020.gov.pt/>

<https://www.europarl.europa.eu>

<https://www.forbes.com/>

<https://www.iapmei.pt/>

<https://www.ine.pt/>

<https://www.infopedia.pt>

<https://www.isq.pt/>

<https://www.pordata.pt/>

<https://www.publico.pt/>

Anexos

Anexo I – Cronograma de atividades

Atividades	Meses											
	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	
Estruturação e entrega da Proposta de Tema no Instituto de Pós-Graduação da UL												
Estudo da Arte												
Realização de um Questionário para as empresas												
Enviar o Questionário as empresas												
Fase exploratória junto das empresas												
Análise dos dados obtidos												
Descrição do estudo caso												
Conclusões e Recomendações												
Revisão												
Preparação de exemplares do Relatório e entrega no Instituto de Pós-Graduação da UL												

■ Tarefas a realizar.

Anexo II – E-mail

Assunto: Projeto de Investigação - Questionário

P.f., se não é a pessoa destinatária deste e-mail, muito agradeço que assegure que o mesmo é direcionado, para o(a) Responsável na Empresa indicado(a) para dar continuidade ao solicitado no mesmo.

Exmos. Senhores,

Com os meus respeitosos cumprimentos.

O meu nome é Tiago Fernandes, Estudante do 2º ano do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Faculdade de Engenharias e Tecnologias da Universidade Lusíada Norte – *Campus* de Vila Nova de Famalicão.

Encontrando-se o Projeto de Investigação que me propus desenvolver, sob o tema: **“As PME em face da Indústria 4.0: Estudo de Caso - PME do Distrito de Braga”** na fase de Inquérito por Questionário, venho pelo presente solicitar a V. Exas o especial favor de, **nas próximas duas/três semanas**, preencherem o Questionário que disponibilizo em duas opções de resposta- em **anexo** (onde terá de enviar para este endereço eletrónico após resposta) e no **link** seguinte (onde só terá de submeter o mesmo): <https://forms.gle/NcABkxMuKkvAZi48A> ;

Antecipadamente muito agradecido, e ficando na expectativa das Vossas prezadas respostas ao Questionário, seja-me permitido relevar, solicitando também, a Vossa preciosa e atempada colaboração da qual depende, de facto, a concretização do referido Projeto de Investigação *versus* a minha progressão e sucesso académico e profissional.

De V. Exas. respeitosamente,
Tiago José Lopes Fernandes
(Mestrando em Engenharia e Gestão Industrial)

NOTA:

Para os devidos efeitos, cumpre-me informar V. Exas que todas as informações que vierem a serem disponibilizadas serão tidas como confidenciais e para utilização exclusiva no suporte ao meu Projeto de Investigação, sendo que a análise dos resultados será, obrigatoriamente, efetuada de forma agregada e as conclusões a constarem do Relatório da minha Dissertação serão globais não sendo, de todo, possível a identificação de qualquer resposta individualizada.



Por favor não deixe de preencher, são apenas uns minutos!
 A sua colaboração é fundamental e desde já agradeço toda a disponibilidade

1. ENQUADRAMENTO

No âmbito da Dissertação de Mestrado - “As PME em face da Indústria 4.0: Estudo de Caso - PME do Distrito de Braga”, relativa ao Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial o presente questionário, visa, recolher informação com o propósito de diagnosticar, analisar e caracterizar as PME Industriais do Distrito de Braga no que se refere ao nível de aplicação de Tecnologias da Indústria 4.0.

Este questionário tem um caráter unicamente académico e não será utilizado, em circunstância alguma, para outros fins, sendo, pois, assegurado a confidencialidade da informação recolhida, cuja análise será realizada de forma agregada e as conclusões apresentadas de forma global, não sendo, pois, possível a identificação de respostas individualizadas.

Alguma dúvida no preenchimento do questionário contacte p.f.: a31707315@fam.ulusiada.pt ou www.linkedin.com/in/tiago-ijf.

Assinalar com um “x” a opção que considerar mais indicada à situação da Empresa.

2. INFORMAÇÃO GERAL DA EMPRESA

2.1. Nome da Empresa: 2.2. CAE: 2.3. Concelho:

2.4. Número de Pessoas da Empresa:

≤ 10 11 a 50 51 a 250

2.5. Volume de negócio anual:

≤ 2 milhões de euros ≤ 10 milhões de euros ≤ 50 milhões de euros

2.6. Balanço anual total:

≤ 2 milhões de euros ≤ 10 milhões de euros ≤ 43 milhões de euros

2.7. A Empresa tem implementado algum tipo de tecnologia da Indústria 4.0?

Sim Não, mas pretende implementar a curto prazo Não pretende implementar a curto prazo

2.8. A Empresa seguiu ou pretende seguir algum projeto piloto já desenvolvido ou desenvolveu o seu próprio projeto de implementação?

Criou/Criar o seu próprio projeto de implementação Seguiu/Seguir um projeto de implementação já existente

2.9. A Empresa concorreu a algum apoio financeiro público ou privado para ajudar no investimento da implementação?

Sim, obteve o apoio Sim, mas não obteve o apoio Não concorreu

2.10. Os objetivos apontados pela Empresa, para a implementação da Indústria 4.0, foram alcançados?

Todos A maioria Poucos nenhuns

2.11. A implementação das tecnologias foi bem-sucedida?

Foi bem-sucedida Foi malsucedida Não ocorreu nenhuma implementação

2.12. A Empresa tem planeado voltar a implementar outras tecnologias da Indústria 4.0 que ainda não foram implementadas?

Sim Não

3. INFORMAÇÃO GERAL DOS PROCESSOS

3.1. A Empresa recolhe os dados dos equipamentos e dos processos?

Sim, todos Sim, alguns Não

3.1.1. Se sim, de que forma realiza a recolha de dados?

- Principalmente de modo manual
 Os dados relevantes são recolhidos digitalmente, pelo menos em uma área
 Todos os dados são recolhidos digitalmente, em diversas áreas
 Todos os dados são recolhidos digitalmente, de forma automática em todas as áreas

3.1.2. Se sim, qual a utilização que faz dos dados recolhidos? Pode selecionar mais de uma opção

- Criar transparência nos processos
 Gestão da Qualidade
 Otimização dos processos logísticos
 Otimização do consumo de recursos
 Manutenção preditiva
 Controlo automático de processos, através de utilização de dados em tempo real
 Outros, quais:

4. INDÚSTRIA 4.0

4.1. Para as tecnologias da Indústria 4.0 identificadas, assinale p.f.:

4.1.1. Na parte esquerda do quadro, qual a situação na Empresa; e

4.1.2. Na parte direita do quadro, qual o impacto das mesmas. Classifique como: “Irrelevante” aquelas opções que não tiveram nenhum impacto e como “Extremamente Relevante” aquelas que tiveram mas impacto.

Implementado	Em Planejamento	Não Implementado	Não Aplicável	Tecnologias da Indústria 4.0	Irrelevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante
				Internet das Coisas					
				Computação em Nuvem					
				Big Data e Análise					
				Realidade Aumentada					
				Robots Autônomos					
				Simulação					
				Integração de Sistemas					
				Cyber-Segurança					
				Processos Aditivos					
				Outra: Clique ou toque aqui para introduzir texto.					

4.2. Das potenciais motivações, para a implementação da Indústria 4.0, quais as mais relevantes para a Empresa? Classifique como: “Irrelevante” aquelas opções que não são motivações para a empresa e como “Extremamente Relevante” aquelas que são, na verdade, as principais motivações para a Empresa implementar tecnologias de suporte à Indústria 4.0.

	Irrelevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante
Melhorar o nível competitivo da Empresa					
Melhoria da eficiência dos processos					
Aumento de produtividade					
Melhoria na Qualidade do produto/serviço					
Manutenção preventiva dos equipamentos					
Melhoria das condições de trabalho					
Melhoria do desempenho ambiental da Empresa					
Aumentar a informação da Empresa, em relação às suas Partes Interessadas					
Obter incentivos públicos e/ou privados					
Outro: Clique ou toque aqui para introduzir texto.					

4.3. Dos potenciais benefícios da implementação das tecnologias da Indústria 4.0, quais os mais relevantes para a Empresa? Classifique como: “Irrelevante” aquelas opções menos benéficas e como “Extremamente Relevante” aquelas que são mais benéficas para a Empresa.

	Irrelevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante
Assegurar os tempos de entrega					
Melhoria na Qualidade de produto/serviço					
Crescimento do volume de comunicação/interação					
Melhoria dos processos produtivos					
Aumento da produtividade					
Melhoria nas condições de operacionalização de processos					
Produtos e serviços personalizados					
Flexibilidade de produção					
Redução dos custos de operação					
Integração de Sistemas de Gestão de Informação					
Redução de desperdícios (organizacionais e outros)					
Outro: Clique ou toque aqui para introduzir texto.					

4.4. Dos potenciais fatores críticos, para a implementação da Indústria 4.0, quais são os mais relevantes para a Empresa? Classifique como: “Irrelevante” aqueles fatores críticos pouco impactantes e como “Extremamente Relevante” aquelas que causam maior impacto na Empresa.

	Irrelevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante
A Empresa ter uma boa estratégia organizacional					
A Gestão de Topo comprometer-se com a implementação das tecnologias					
Conhecimento organizacional sobre a Indústria 4.0 e os seus benefícios					
Recrutar Pessoas mais qualificadas, com as competências necessárias					
Formar, consciencializar e qualificar as atuais Pessoas da Empresa					
Tomar os produtos/serviços inteligentes					
Possuir equipamentos tecnologicamente mais avançados					
Digitalizar os processos logísticos da Empresa					
Integração de Sistemas de Gestão de Informação em toda a Empresa					
A Empresa dispor de uma boa equipa de Gestão de Projetos					
Cyber-segurança					
Legislação em relação à segurança cibernética					
Desenvolvimento Sustentável					
Outro: Clique ou toque aqui para introduzir texto.					

FIM

OBRIGADO PELA SUA RESPOSTA!

2/2