



# INDÚSTRIA 4.0 - ESTUDO DA PERCEÇÃO NA INDÚSTRIA PORTUGUESA

**RUI MANUEL DA SILVA FERREIRA**

novembro de 2020

# INDÚSTRIA 4.0 - ESTUDO DA PERCEÇÃO NA INDÚSTRIA PORTUGUESA

Rui Manuel da Silva Ferreira  
1040119

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

# **INDÚSTRIA 4.0 - ESTUDO DA PERCEÇÃO NA INDÚSTRIA PORTUGUESA**

Rui Manuel da Silva Ferreira  
1040119

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação da Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

# JÚRI

**Presidente**

Professor Doutor João Augusto de Sousa Bastos  
Professor Adjunto, Departamento de Mecânica, Instituto Superior de  
Engenharia do Porto

**Orientador**

Professora Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira  
Professora Adjunta, Departamento de Mecânica, Instituto Superior de  
Engenharia do Porto

**Arguente**

Professora Doutora Fernanda Amélia Fernandes Ferreira  
Professora Adjunta, Departamento de Matemática, Escola Superior de  
Hotelaria e Turismo



## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desta dissertação, no entanto, gostaria de agradecer de forma especial:

- À minha orientadora, Professora Doutora Teresa Pereira e pela sua orientação, encorajamento, acompanhamento e reuniões que resultaram no trabalho desenvolvido e apresentado nesta tese de mestrado;
- A todas as empresas que colaboraram na elaboração deste estudo, principalmente as empresas que responderam ao inquérito;
- Aos meus pais, por todo o carinho, atenção, apoio dispensado e por estarem sempre presentes;
- À minha namorada, Marisa Melro, pela força transmitida e encorajamento para concluir esta etapa.



## PALAVRAS CHAVE

Indústria 4.0; Digitalização; Indústria Portuguesa; Maturidade.

## RESUMO

No âmbito empresarial, a transformação da forma como são fabricados os produtos que consumimos é notória. Entrando aqui a noção de indústria 4.0, a mesma está a elevar o conceito de digitalização para outro nível, interligando as organizações transversal e verticalmente, com máquinas interagindo entre si e com os seres humanos, tomando decisões, trocando e analisando uma gigantesca quantidade de dados e informação em tempo real.

Assim, com a Quarta Revolução Industrial a ser implementada em todo mundo torna-se pertinente fazer um ponto de situação sobre o atual conhecimento da mesma no território nacional. Esse é assim o foco do estudo desta dissertação.

Pretende-se analisar o conhecimento e maturidade da indústria 4.0 em Portugal, da perspectiva das empresas industriais. Para tal foram utilizados os níveis de maturidade da Indústria 4.0 de Christian Leyh (2010), definidos em 5 níveis de maturidade traduzidos nas fases digitalização: 1-Inicial, 2-integral, 3-implementada, 4-completa, 5- otimizada. Para efetuar esta análise foi utilizado o instrumento inquérito para a recolha de dados e posterior tratamento estatístico utilizando o software SPSS versão 23. Foram realizadas a Análise de Componentes Principais, Análise Fatorial e comparação de médias.

Obtiveram-se 50 respostas válidas de várias empresas nacionais dos mais variados ramos empresariais com maior foco a norte do país.

Com os dados obtidos foi possível determinar que em média as empresas portuguesas se encontram no nível 3, de digitalização implementada, apesar de coletivamente estas se avaliarem no nível 2, de integração. Ao nível estratégico, o facto de as empresas possuírem uma equipa dedicada à digitalização aumenta o seu nível de maturidade I4.0. As empresas com nível de maturidade de Experiência do Cliente Médio/Alto possuem um nível de perceção superior baseado na interação com os clientes em vários canais digitais. Ao nível das Operações, o facto de as empresas possuírem software integrados de gestão para monitorização e controlo de processos, aumenta o seu nível de maturidade I4.0 nesse fator. As empresas com um nível de maturidade de Produtos e Inovações Médio/Alto possuem um nível de perceção superior baseado na sua capacidade de inovação, suportada por novos modelos e ferramentas digitais. Em relação aos Recursos Humanos, a digitalização dos meios de gestão dos conhecimentos e a fomentação de novas ideias de transformação digital aumenta o seu nível de maturidade I4.0, apesar de a grande maioria das empresas não possuir uma equipa dedicada para o fazer.

Comparativamente com estudos prévios da PWC e da Deloitte foi possível verificar que as empresas nacionais ainda não atingiram os níveis de digitalização esperados para 2020. Constatando-se a impreparação da grande maioria das empresas participantes para a adoção de metodologias e ferramentas I4.0.



## KEYWORDS

Industry 4.0; *Digitization*; Portuguese Industry; Maturity.

## ABSTRACT

*In the business environment, the transformation in the way the products we consume are manufactured is notorious. Entering the notion of Industry 4.0. The same is taking the concept of digitalization to another level, interconnecting organizations crosswise, with machines interacting with each other and with human beings, making decisions, exchanging, and analyzing a huge amount of data and information in real time.*

*With the Fourth Industrial Revolution to be implemented worldwide, it is pertinent to view the status of its current knowledge in the national territory. This is the focus of the study of this dissertation.*

*It is intended to analyze the knowledge and maturity of industry 4.0 in Portugal, from the perspective of industrial companies. For this purpose, Christian Leyh (2010) Industry 4.0 maturity levels were used, defined in 5 maturity levels translated in the digitalization phases: 1-Initial, 2-integral, 3-implemented, 4-complete, 5- optimized. To carry out this analysis, the survey was used for data collection and subsequent statistical treatment using the SPSS software version 23. Principal Component Analysis, Factor Analysis and comparison of means were performed.*

*Fifty responses were collected from various national companies from the most varied business sectors with a greater focus to the north of the country.*

*With the obtained data it was possible to determine that, on average, Portuguese companies are at level 3, implemented digitization, although collectively they are assessed at level 2, integration. At the strategic level, the fact that companies have a team dedicated to digitization increases their I4.0 maturity level. Companies with a Medium/High Customer Experience maturity level have a higher level of perception based on interaction with customers on various digital channels. In terms of Operations, the fact that companies have integrated management software for monitoring and controlling processes, increases their I4.0 maturity level in this factor. Companies with a maturity Medium/High level of Products and Innovations have a higher level of perception based on their capacity for innovation, supported by new digital models and tools. In relation to Human Resources, the digitalization of knowledge management means and the promotion of new ideas for digital transformation increases its I4.0 maturity level, despite most companies not having a dedicated team to do so.*

*Compared to previous studies by PWC and Deloitte, it was possible to verify that national companies have not yet reached the levels of digitalization expected for 2020. The great majority of participating companies are not prepared to adopt I4.0 methodologies and tools.*



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
ACP	Análise de componentes Principais
AF	Análise Fatorial
APS	Advanced Planning and Scheduling
AR	Augmented Reality
CEO	Chief Executive Officer
CXO	Chief Experience Officer
CPS	Cyber Physical System
DPEST	Dissertação/Projeto/Estágio
DSS	Decision Support System
EAFIT	Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico
ERP	Enterprise Resource Planning
FA	Fábrica de Aprendizagem
FDM	Método de Deposição por Fusão
IoE	Internet of Everything
IoS	Internet of Services
IoT	Internet of Things (IoT)
IT	Information Technology
KPI	Key Performance Indicator
M2M	Machine to Machine
MÊS	Manufacturing Execution System
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MRP	Material Requirement Planning
PME	Pequenas e Médias Empresas
RFID	Identificação por Radiofrequência
SLM	Fusão Seletiva a Laser
SLS	Sinterização Seletiva a Laser
TMS	Transport Management System
WMS	Warehouse Management System

### Lista de Unidades

€	Euro
---	------

### Lista de Símbolos

%	Porcentagem
---	-------------



## GLOSSÁRIO DE TERMOS

---

Indústria 4.0	Quarta Revolução Industrial
---------------	-----------------------------

---

---



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - AS QUATRO REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS. (SANTOS & ALBERTO, 2018)	40
FIGURA 2 - OS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0 (SANTOS & ALBERTO, 2018)	42
FIGURA 3 - IMPRESSORA 3D INDUSTRIAL	42
FIGURA 4 - ROBOT RETHINK BAXTER	45
FIGURA 5 - RESULTADOS DAS RESPOSTAS DO INQUÉRITO (POR N.º DE RESPOSTAS E % DO TOTAL)	59
FIGURA 6 - RAMO INDUSTRIAL DAS EMPRESAS INQUIRIDAS (POR N.º DE RESPOSTAS E % DO TOTAL)	60
FIGURA 7 - LOCALIZAÇÃO DAS EMPRESAS INQUIRIDAS (POR N.º DE RESPOSTAS E % DO TOTAL)	61
FIGURA 8 - TAMANHO DA EMPRESA EM NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS (POR N.º DE RESPOSTAS E % DO TOTAL)	62
FIGURA 9 - VOLUME DE NEGÓCIOS DA EMPRESA EM 2019 (POR N.º DE RESPOSTAS E % DO TOTAL)	62
FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO POR CARGO OCUPADO NA EMPRESA (POR N.º DE RESPOSTAS E % DO TOTAL)	63
FIGURA 11 - CONTRIBUIÇÃO DOS INVESTIMENTOS NAS FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0	64
FIGURA 12 - APLICAÇÃO DE IT	64
FIGURA 13 - POTENCIAIS BENEFÍCIOS DA INDÚSTRIA 4.0	65
FIGURA 14 - POTENCIAIS OBSTÁCULOS DA INDÚSTRIA 4.0	66
FIGURA 15 - JANELA TEMPORAL POSSÍVEL DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0	66
FIGURA 16 - NÍVEL DE UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DOS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0	67
FIGURA 17 - NÍVEL DE PERCEÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0	68
FIGURA 18 – RESUMO DA ESTRATÉGIA E LIDERANÇA	68
FIGURA 19 – RESUMO DA EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	69
FIGURA 20 – RESUMO DE OPERAÇÕES	70
FIGURA 21 - FERRAMENTAS IT UTILIZADAS	71
FIGURA 22 – NÚMERO DE SOFTWARE UTILIZADOS	71
FIGURA 23 – RESUMO DE PRODUTOS E INOVAÇÕES	72
FIGURA 24 – RESUMO DE RECURSOS HUMANOS	72
FIGURA 25 – MÉDIA FINAL EM CADA DIMENSÃO	74
FIGURA 26 - GRÁFICO SCREE PLOT ESTRATÉGIA E LIDERANÇA	82
FIGURA 27 - GRÁFICO SCREE PLOT EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	89
FIGURA 28 - GRÁFICO SCREE PLOT OPERAÇÕES	96
FIGURA 29 - GRÁFICO SCREE PLOT PRODUTOS E INOVAÇÕES	102
FIGURA 30 - GRÁFICO SCREE PLOT RECURSOS HUMANOS	108
FIGURA 31 - CONTRIBUIÇÃO DOS INVESTIMENTOS NAS FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0 (HAMZEH ET AL., 2018)	110
FIGURA 32 - APLICAÇÃO DE IT (HAMZEH ET AL., 2018)	111
FIGURA 33 - POTENCIAIS BENEFÍCIOS DA INDÚSTRIA 4.0 (HAMZEH ET AL., 2018)	111
FIGURA 34 - POTENCIAIS OBSTÁCULOS DA INDÚSTRIA 4.0 (HAMZEH ET AL., 2018)	112
FIGURA 35 - JANELA TEMPORAL POSSÍVEL DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 (HAMZEH ET AL., 2018)	112

---

FIGURA 36 - NÍVEL DE PERCEÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 (HAMZEH ET AL., 2018)	113
FIGURA 37 – ETAPAS PARA A DIFERENCIAÇÃO NO AMBIENTE DIGITAL (PWC, 2016)	115

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - A INDÚSTRIA 4.0	31
TABELA 2 - ÁREAS POTENCIAIS PARA IOT	44
TABELA 3 - ROBOTS AUTÓNOMOS	45
TABELA 4 - AS DIMENSÕES DO BIG DATA	48
TABELA 5 - AVALIAÇÃO DE NÍVEIS DE PERCEÇÃO/MATURIDADE (FREITAS, 2019)	74
TABELA 6 - FREQUÊNCIA DA QUESTÃO 15	75
TABELA 7 - CLASSIFICAÇÃO DA IMPORTÂNCIA	76
TABELA 8 - ÍNDICE DE PERCEÇÃO DE MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0	76
TABELA 9 - BLOCOS DE QUESTÕES A ANALISAR	76
TABELA 10 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS QUESTÕES SOBRE ESTRATÉGIA E LIDERANÇA	78
TABELA 11 - MATRIZ DE CORRELAÇÕES DAS QUESTÕES DE ESTRATÉGIA E LIDERANÇA	79
TABELA 12 - TESTE DE KMO E BARTLETT ESTRATÉGIA E LIDERANÇA	79
TABELA 13 - TABELA KMO (PESTANA & GAGEIRO, 2008)	80
TABELA 14 - COMUNALIDADES ESTRATÉGIA E LIDERANÇA	80
TABELA 15 - ALFA DE CRONBACH ESTRATÉGIA E LIDERANÇA	81
TABELA 16 - VALORES DO ALFA DE CRONBACH (PESTANA & GAGEIRO, 2008)	81
TABELA 17 - MATRIZ ANTI-IMAGEM ESTRATÉGIA E LIDERANÇA	81
TABELA 18 - VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA ESTRATÉGIA E LIDERANÇA	82
TABELA 19 - MATRIZ COMPONENTES ESTRATÉGIA E LIDERANÇA	83
TABELA 20 - ANOVA DO ÍNDICE DE PERCEÇÃO NO BLOCO ESTRATÉGIA E LIDERANÇA	84
TABELA 21 - COMPARAÇÃO ENTRE GRUPOS ESTRATÉGIA E LIDERANÇA	84
TABELA 22 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS QUESTÕES SOBRE EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	85
TABELA 23 PRIMEIRO TESTE DE KMO E BARTLETT EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	85
TABELA 24 - PRIMEIRAS COMUNALIDADES EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	86
TABELA 25 - MATRIZ DE CORRELAÇÕES DAS QUESTÕES DE EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	86
TABELA 26 - SEGUNDO TESTE DE KMO E BARTLETT EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	87
TABELA 27 - COMUNALIDADES EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	87
TABELA 28 - ALFA DE CRONBACH EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	87
TABELA 29 - MATRIZ ANTI-IMAGEM EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	88
TABELA 30 - VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	88
TABELA 31 - MATRIZ COMPONENTES EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	89
TABELA 32 - ANOVA DO ÍNDICE DE PERCEÇÃO NO BLOCO EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	90
TABELA 33 - COMPARAÇÃO ENTRE GRUPOS EXPERIÊNCIA DO CLIENTE	90
TABELA 34 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS QUESTÕES SOBRE OPERAÇÕES	91
TABELA 35 – PRIMEIRO TESTE DE KMO E BARTLETT OPERAÇÕES	91
TABELA 36 – PRIMEIRAS COMUNALIDADES DAS OPERAÇÕES	92
TABELA 37 - SEGUNDO TESTE DE KMO E BARTLETT OPERAÇÕES	92
TABELA 38 – SEGUNDAS COMUNALIDADES DAS OPERAÇÕES	93
TABELA 39 - MATRIZ DE CORRELAÇÕES DAS QUESTÕES DE OPERAÇÕES	93

TABELA 40 - TERCEIRO TESTE DE KMO E BARTLETT OPERAÇÕES	94
TABELA 41 - COMUNALIDADES OPERAÇÕES	94
TABELA 42 - ALFA DE CRONBACH OPERAÇÕES	94
TABELA 43 - MATRIZ ANTI-IMAGEM OPERAÇÕES	95
TABELA 44 - VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA OPERAÇÕES	95
TABELA 45 - MATRIZ COMPONENTES OPERAÇÕES	96
TABELA 46 - ANOVA DO ÍNDICE DE PERCEÇÃO NO BLOCO OPERAÇÕES	97
TABELA 47 - COMPARAÇÃO ENTRE GRUPOS OPERAÇÕES	97
TABELA 48 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS QUESTÕES SOBRE PRODUTOS E INOVAÇÕES	98
TABELA 49 - PRIMEIRO TESTE DE KMO E BARTLETT PRODUTOS E INOVAÇÕES	98
TABELA 50 – PRIMEIRAS COMUNALIDADES PRODUTOS E INOVAÇÕES	99
TABELA 51 - MATRIZ DE CORRELAÇÕES DAS QUESTÕES DE PRODUTOS E INOVAÇÕES	99
TABELA 52 – SEGUNDO TESTE DE KMO E BARTLETT PRODUTOS E INOVAÇÕES	100
TABELA 53 - COMUNALIDADES PRODUTOS E INOVAÇÕES	100
TABELA 54 - ALFA DE CRONBACH PRODUTOS E INOVAÇÕES	100
TABELA 55 - MATRIZ ANTI-IMAGEM PRODUTOS E INOVAÇÕES	101
TABELA 56 - VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA PRODUTOS E INOVAÇÕES	101
TABELA 57 - MATRIZ COMPONENTES PRODUTOS E INOVAÇÕES	102
TABELA 58 - ANOVA DO ÍNDICE DE PERCEÇÃO NO BLOCO PRODUTOS E INOVAÇÕES	103
TABELA 59 - COMPARAÇÃO ENTRE GRUPOS PRODUTOS E INOVAÇÕES	103
TABELA 60 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS QUESTÕES SOBRE RECURSOS HUMANOS	104
TABELA 61 - PRIMEIRO TESTE DE KMO E BARTLETT RECURSOS HUMANOS	104
TABELA 62 – PRIMEIRAS COMUNALIDADES RECURSOS HUMANOS	105
TABELA 63 - MATRIZ DE CORRELAÇÕES DAS QUESTÕES DE RECURSOS HUMANOS	105
TABELA 64 TESTE DE KMO E BARTLETT RECURSOS HUMANOS	106
TABELA 65 - COMUNALIDADES RECURSOS HUMANOS	106
TABELA 66 - ALFA DE CRONBACH RECURSOS HUMANOS	107
TABELA 67 - MATRIZ ANTI-IMAGEM RECURSOS HUMANOS	107
TABELA 68 - VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA RECURSOS HUMANOS	107
TABELA 69 - MATRIZ COMPONENTES RECURSOS HUMANOS	108
TABELA 70 - ANOVA DO ÍNDICE DE PERCEÇÃO NO BLOCO RECURSOS HUMANOS	109
TABELA 71 - COMPARAÇÃO ENTRE GRUPOS RECURSOS HUMANOS	109

# ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO .....	27
1.1	ENQUADRAMENTO DO TRABALHO.....	27
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO .....	27
1.3	METODOLOGIA DE ABORDAGEM .....	27
1.4	CONTEÚDO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	28
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	31
2.1	A INDÚSTRIA 4.0.....	31
2.2	BACKGROUND HISTÓRICO .....	38
2.3	PRINCIPAIS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0 .....	41
2.3.1	FABRICO ADITIVO .....	42
2.3.2	INTERNET OF THINGS / INTERNET OF SERVICES.....	43
2.3.3	ROBOTS AUTONOMOS .....	45
2.3.4	REALIDADE AUMENTADA .....	46
2.3.5	SIMULAÇÃO VIRTUAL .....	46
2.3.6	CLOUD COMPUTING.....	47
2.3.7	BIG DATA .....	47
2.3.8	INTEGRAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL DOS SISTEMAS .....	49
2.3.9	SEGURANÇA CIBERNÉTICA E CPS.....	49
2.4	DESAFIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0.....	50
3	DESENVOLVIMENTO .....	55
3.1	METODOLOGIA DA ELABORAÇÃO DO INQUÉRITO .....	55
3.1.1	OBJECTIVOS DO INQUÉRITO.....	55
3.1.2	TÉCNICAS ESTATÍSTICAS PARA TRATAMENTO DOS DADOS .....	55
3.1.3	QUESTÕES DO INQUÉRITO .....	57

3.2	MÉTODO PARA ANGARIAÇÃO DE RESPOSTAS .....	58
3.3	TRATAMENTO ESTATÍSTICO .....	59
3.3.1	IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA .....	60
3.3.1.1	RAMO EMPRESARIAL DA EMPRESA .....	60
3.3.1.2	LOCALIZAÇÃO DAS EMPRESAS .....	61
3.3.1.3	TAMANHO DA EMPRESA EM NÚMERO DE COLABORADORES .....	61
3.3.1.4	VOLUME DE NEGÓCIOS DA EMPRESA .....	62
3.3.1.5	CARGO DESEMPENHADO NA EMPRESA .....	63
3.3.2	INDÚSTRIA 4.0 .....	63
3.3.2.1	CONTRIBUIÇÃO DOS INVESTIMENTOS NAS FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0.....	63
3.3.2.2	APLICAÇÃO DE IT NA GESTÃO DE DIFERENTES PROCESSOS .....	64
3.3.2.3	POTENCIAIS BENEFÍCIOS .....	65
3.3.2.4	POSSÍVEIS OBSTÁCULOS .....	65
3.3.2.5	JANELA TEMPORAL POSSÍVEL DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0.....	66
3.3.2.6	OS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0.....	67
3.3.2.7	NÍVEL DE PERCEÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 .....	68
3.3.3	ESTRATÉGIA E LIDERANÇA.....	68
3.3.4	EXPERIÊNCIA DO CLIENTE.....	69
3.3.5	OPERAÇÕES .....	70
3.3.5.1	FERRAMENTAS IT .....	70
3.3.6	PRODUTOS E INOVAÇÕES.....	71
3.3.7	RECURSOS HUMANOS.....	72
3.4	DISCUSSÃO DOS DADOS OBTIDOS .....	73
3.4.1	GRAU DE MATURIDADE.....	73
3.4.2	FATORES IMPORTANTES PARA A DETERMINAÇÃO DA PERCEÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 .....	75
3.4.2.1	ÍNDICE DE PERCEÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0.....	75
3.4.2.2	ANÁLISE FATORIAL .....	76
3.4.2.2.1	ANÁLISE FATORIAL DO BLOCO 3 – ESTRATÉGIA E LIDERANÇA .....	78
3.4.2.2.2	ANÁLISE FATORIAL DO BLOCO 4 – EXPERIÊNCIA DO CLIENTE .....	85
3.4.2.2.3	ANÁLISE FATORIAL DO BLOCO 5 – OPERAÇÕES .....	91
3.4.2.2.4	ANÁLISE FATORIAL DO BLOCO 6 – PRODUTOS E INOVAÇÕES .....	98
3.4.2.2.5	ANÁLISE FATORIAL DO BLOCO 7 – RECURSOS HUMANOS.....	104
3.4.3	COMPARAÇÃO COM ESTUDOS PRÉVIOS .....	110
3.4.3.1	A SURVEY STUDY ON INDUSTRY 4.0 FOR NEW ZEALAND MANUFACTURING .....	110
3.4.3.1.1	CONTRIBUIÇÃO DOS INVESTIMENTOS NAS FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0.....	110
3.4.3.1.2	APLICAÇÃO DE IT NA GESTÃO DE DIFERENTES PROCESSOS .....	111
3.4.3.1.3	POTENCIAIS BENEFÍCIOS .....	111
3.4.3.1.4	POSSÍVEIS OBSTÁCULOS.....	112
3.4.3.1.5	JANELA TEMPORAL POSSÍVEL DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0.....	112
3.4.3.1.6	NÍVEL DE PERCEÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 .....	113
3.4.3.2	PWC 2016 GLOBAL INDUSTRY 4.0 .....	113

---

3.4.3.3	DELOITTE INDUSTRY 4.0 – AT THE INTERSECTION OF READYNES AND RESPONSABILITY 114	
3.4.4	SUGESTÕES PARA UMA IMPLEMENTAÇÃO DE SUCESSO .....	115
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS .....	121
4.1	CONCLUSÕES.....	121
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	123
4.3	LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	123
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	127
6	ANEXOS.....	135
6.1	ANEXO 1 - INQUÉRITO.....	135
6.2	ANEXO 2 - CÁLCULOS AUXILIARES .....	148



# INTRODUÇÃO

- 1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO
- 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO
- 1.3 METODOLOGIA DE ABORDAGEM
- 1.4 CONTEÚDO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO



# 1 INTRODUÇÃO

No primeiro capítulo deste trabalho é apresentado o projeto de dissertação “Indústria 4.0 - Estudo da Perceção na Indústria Portuguesa”. Apresenta-se então um enquadramento do trabalho, os objetivos da dissertação, a metodologia de investigação utilizada, e por último a forma como a dissertação se encontra estruturada.

## 1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito da unidade curricular Dissertação/Projeto/Estágio (DPEST) inserida no plano de estudos do Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica no ramo de Gestão Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

O trabalho surge pela necessidade de fazer um ponto de situação acerca do conhecimento sobre o tema Indústria 4.0 no panorama nacional.

## 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Com a Quarta Revolução Industrial a ser implementada em todo mundo torna-se pertinente fazer um ponto de situação sobre o atual conhecimento da mesma no território nacional.

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar a perceção e conhecimento sobre a Indústria 4.0 no panorama nacional.

## 1.3 METODOLOGIA DE ABORDAGEM

Este trabalho consiste em fazer uma pesquisa bibliográfica sobre o tema I4.0, perceção pelas indústrias portuguesas da sua maturidade. A metodologia usada foi pesquisa quantitativa usando como instrumento de recolha de dados o questionário. Para tal foi necessário definir as questões de investigação, dimensionar a amostra e elaborar um questionário sobre o mesmo tema de forma a dar resposta às questões definidas, explorando as várias dimensões na indústria 4.0. O tratamento dos dados e sua análise estatística, descritiva e exploratória será feita usando o software SPSS V23. Os resultados obtidos serão enquadrados no âmbito de vários estudos já realizados.

## 1.4 CONTEÚDO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação será dividida em cinco capítulos. No primeiro capítulo, designado Introdução, é feito um enquadramento do projeto. No mesmo são também definidos os objetivos do trabalho, a metodologia de investigação utilizada, o conteúdo e estrutura da dissertação.

O segundo capítulo, intitulado Revisão de Literatura, é composto pela revisão de literatura relativa ao tema Indústria 4.0, a sua origem, os seus pilares e os seus desafios. Pretende-se neste capítulo fornecer a informação necessária para a compreensão do trabalho.

No terceiro capítulo, após o desenvolvimento da parte prática do trabalho, serão definidas as questões a levantar, o método de elaboração dos inquéritos e o seu tratamento de dados. São ainda analisados os resultados obtidos.

Por último, no quarto capítulo designado Conclusões, após o desenvolvimento da parte prática do trabalho, serão apresentados os principais contributos do trabalho através de uma retrospectiva ao trabalho desenvolvido.

São ainda apresentadas referências bibliográficas, com todo o material consultado para a realização deste projeto.

No final serão apresentados os anexos e apêndices inerentes ao trabalho.

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 A INDÚSTRIA 4.0
- 2.2 BACKGROUND HISTÓRICO
- 2.3 PRINCIPAIS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0
- 2.4 DESAFIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo é pretendido dar a conhecer os fundamentos teóricos do conceito da Indústria 4.0. Sendo o foco do principal deste trabalho determinar o conhecimento sobre o tema no território nacional, apresentam-se abaixo a origem da Indústria 4.0, os seus pilares, os seus benefícios, algumas aplicações nacionais e internacionais, para além de estudos sobre o tema.

### 2.1 A INDÚSTRIA 4.0

“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.”(Portugal2020, 2017)

Analisando a literatura da especialidade, é possível encontrar vários trabalhos e estudos sobre a Indústria 4.0. (tabela 1)

Tabela 1 - A INDÚSTRIA 4.0

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>DESCRIÇÃO DO TRABALHO</b>
(Santos & Alberto, 2018)	Este trabalho tem como objetivo geral fornecer uma visão geral da Indústria 4.0. Como objetivos específicos, este estudo através de uma breve revisão de literatura descreve os seus componentes, os principais desafios e como a combinação de tecnologias avançadas e internet pode criar oportunidades para responder às exigências atuais.
(Coelho, 2016)	Neste trabalho é abordada a estratégia de implementação dos princípios da Indústria 4.0 na empresa SRAMPORT que

	tem vindo a ser seguida e que tem colocado em vantagem competitiva perante as suas congéneres.
(Baena, Guarin, Mora, Sauza, & Retat, 2017)	Este artigo descreve o processo de transformação de um workshop dirigida ao ensino, a fim de estruturar uma Fábrica de Aprendizagem (FA) para a produção programa de Engenharia da Universidade EAFIT. Propõem transformações baseadas na definição de três pilares (didático, integrativo e de engenharia) para o desenvolvimento de uma FA. Argumentam que um processo de transformação adequado pode contribuir para facilitar o caminho para novas tendências de fabrico, como a Indústria 4.0 em um contexto acadêmico que fortalece o processo do ensino de Engenharia.
(Dassisti, Giovannini, Merla, Chimienti, & Panetto, 2018)	Este trabalho concentra-se no desenvolvimento e na aplicação de uma abordagem para fornecer às PME um sistema modular e extensível que possa ser implementado sem a necessidade de grandes investimentos iniciais de forma a poder aplicar os conceitos da integrados da Indústria 4.0.
(N. Carvalho, Chaim, Cazarini, & Gerolamo, 2018)	Este artigo procura descrever as principais formas de colaboração da Indústria 4.0 em relação à sustentabilidade. Apontam as vantagens fornecidas pelo novo modelo da indústria.
(Caricato & Grieco, 2017)	Este trabalho apresenta uma aplicação dos métodos da Indústria 4.0 para a produção de filmes de embalagem. É apresentada uma ferramenta APS (Advanced Planning and Scheduling) que permite ao tomador de decisão gerar e escolher automaticamente entre uma ampla variedade de cenários otimizados de maneira diferente.
(Grieco et al., 2017)	Neste trabalho é apresentada uma aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 para a Bottega Veneta, uma empresa de artigos de luxo italiana. Em particular, o processo de produção em toda a cadeia de abastecimento. A gerência introduz um modelo de dados uniforme, usado por todos os envolvidos no processo de produção para recolher e apresentar a grande quantidade de dados envolvidos no processo de produção. Assim aplicando um DSS (Decision Support System) permite que o planeamento da produção possua diferentes cenários para tomar melhores decisões.

(A. Carvalho et al., 2019)	Este artigo fornece uma visão geral sobre um novo agente de ponta proposto especialmente projetado para trazer inteligência para máquinas existentes sem depender necessariamente da computação em nuvem. A solução proposta está atualmente em processo de testes direcionados ao setor agrícola. Pode ser observado ao longo deste artigo, alguns avanços importantes alcançados termos de arquitetura, interação e normas.
(Luque, Peralta, de las Heras, & Córdoba, 2017)	Neste artigo é apresentado o estado atual da aplicação da Indústria 4.0 no sector alimentar da Andaluzia assim como exploradas algumas ferramentas da mesma.
(Hamzeh, Zhong, & Xu, 2018)	Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa conduzida na indústria Neozelandesa, onde a Indústria 4.0 será implementada para atualizar e transformar as pequenas e médias empresas (PME) no futuro. Um modelo de implementação de seis passos é sugerido com base nas observações. Este modelo pode ser usado em empresas típicas para permitir-lhes obter benefícios de conceitos da Indústria 4.0.
(Lu, 2017)	Este artigo realiza uma revisão abrangente sobre o setor 4.0 e apresenta uma visão geral do conteúdo, alcance e descobertas do setor 4.0, examinando as literaturas existentes em todos os bancos de dados da Web of Science. Ao todo, 88 artigos relacionados à Indústria 4.0 são agrupados em cinco categorias de pesquisa e revistos. Além disso, este artigo descreve a questão crítica da interoperabilidade da Indústria 4.0 e propõe um quadro conceitual de interoperabilidade em relação à mesma.
(Dalenogare, Benitez, Ayala, & Frank, 2018)	Neste trabalho é analisado como a adoção de diferentes tecnologias da Indústria 4.0 está associada aos benefícios esperados para produtos, operações e aspetos de efeitos colaterais na indústria brasileira. Determinam a percepção das indústrias brasileiras das tecnologias da Indústria 4.0 e suas relações como benefícios esperados. Usando uma regressão, mostram que algumas das tecnologias da Indústria 4.0 são vistas como promissoras para o desempenho industrial, enquanto algumas das tecnologias emergentes não o são.
(Gkypali, Arvanitis, & Tsekouras, 2018)	Neste trabalho é desenvolvida uma estrutura unificada, na qual a capacidade interna de criação de conhecimento e a diversidade de inovação, medida pelo departamento de pesquisa e desenvolvimento, rege a inovação e as

	<p>exportações. Ligações teóricas e empíricas entre esses componentes principais são identificados e medidos empregando a Modelagem de Equações Estruturais a uma amostra de empresas gregas. A principal descoberta indica que a capacidade de absorção das empresas, além de alimentar a inovação, desempenha um papel fundamental na integração e filtragem de conhecimento externos.</p>
(Kim, 2018)	<p>Este estudo tenta uma análise em todo o país com dados do Banco da Coreia do Sul para analisar como as indústrias do setor privado são preparadas para as novas mudanças de paradigma. Através da análise, ficou claro que as indústrias sul coreanas não estavam preparadas para a 4ª revolução industrial. Além disso, neste estudo é revisto o mecanismo de financiamento público na Coreia, que pode ser visto como um obstáculo ao avançar em direção à indústria 4.0.</p>
(Pradhan, Arvin, & Bahmani, 2018)	<p>Este artigo analisa as interações entre inovação, desenvolvimento financeiro e crescimento econômico em 49 países europeus entre 1961 e 2014. Os resultados sugerem uma relação de cointegração entre as três séries. Um modelo vetorial de correção de erros é estimado, mostrando que o desenvolvimento financeiro e a inovação são fatores causadores do crescimento econômico longo prazo. Assim, o foco político no desenvolvimento financeiro e na inovação é uma abordagem apropriada para impulsionar o crescimento econômico.</p>
(Yeh & Chen, 2018)	<p>Este artigo tem como objetivo examinar as perspectivas organizacionais e fatores que influenciam a adoção da impressão 3D. Apresenta uma abordagem híbrida para o processo para estabelecer um modelo de avaliação adequado que possa priorizar o impacto de tais fatores. Os resultados nele apresentados fornecem fabricantes um caminho para descobrir estratégias mais eficazes para adotar a impressão 3D.</p>
(Luo & Triulzi, 2018)	<p>Neste artigo é aproximado um ecossistema de negócios como uma rede de transações entre empresas. Analisam como os desempenhos de inovação das empresas estão associados às suas posições na rede e nas estruturas verticais de transações, usando os dados do setor eletrônico japonês no início dos anos 90. Os resultados mostram que, a participação de uma empresa em ciclos de partilha entre empresas, em vez de sequenciais relações</p>

	transacionais, está positiva e significativamente associada ao seu desempenho de inovação para empresas integradas.
(Zouaghi, Sánchez, & Martínez, 2018)	Este artigo examina o papel exercido pelos esforços internos de inovação e ativos externos de conhecimento como capacidades dinâmicas para superar condições econômicas adversas. Além disso, examinam os impactos da crise financeira nas indústrias de alta e baixa tecnologia, usando dados de empresas espanholas no período de 2006–2013. nossos resultados mostram que a manutenção de fortes capacidades de conhecimento interno e externo permite às empresas mitigar os efeitos da crise financeira. Este estudo fornece informações valiosas para gestores, com o objetivo de desenvolver fortes bases de conhecimento para permanecer competitivas sob condições financeiras incertas.
(JosephNg, 2018)	Neste artigo, é proposto às empresas de médio porte da Malásia um leque de ativos financeiramente esclarecidos de serviços partilhados que aprimoram o benefício para as mesmas. Além disso, focam a adequação das hipóteses das aplicações integradas da infraestrutura informática e a inovação disruptiva. As conclusões postulam que, apesar dos destaques da inovação terem seus próprios pontos de interesse, no entanto, não se encontram otimizados.
(Lopes & de Carvalho, 2018)	Este estudo tem como objetivo propor um contingente estrutural conceitual para a inovação aberta que reflete a evolução desse conceito com base numa revisão de literatura. Além disso, tem como objetivo analisar como a inovação aberta pode afetar o desempenho das empresas e da inovação e identifica as principais variáveis que afetam a relação entre inovação aberta e desempenho.
(Hsu & Chen, 2018)	Este estudo tem como objetivo explorar os antecedentes e as consequências da experiência do utilizador e seu papel no contexto de gamificação online. Especificamente, o mesmo, utiliza modelagem de equações estruturais para testar as relações causais entre mobilidade percebida, recursos utilitários, a experiência do utilizador, benefícios próprios e benefício social, tipos de valor percebidos e o valor da marca em um contexto de gamificação online. As conclusões deste estudo podem ajudar o site os gerentes melhoram a percepção de benefícios, valor e

	<p>valor da marca de seus usuários com mais eficiência e agem como um guia à pesquisa e desenvolvimento de gamificação para obter vantagem competitiva no contexto on-line.</p>
(Sung, 2018)	<p>Neste artigo é feita uma análise prática detalhada da Indústria 4.0 e sugeridas implicações políticas para a transição da mesma na Coreia do Sul. Determinam que para transformar a indústria sul coreana na Indústria 4.0, é necessário refinar e elaborar as estratégias promulgadas pelo governo central para construir sistemas econômicos e sociais que possam responder com flexibilidade às mudanças, estabelecer um sistema operacional para maximizar a eficácia de iniciativas e políticas, desenvolver planos de ação para fazer a transição para sistemas econômicos e sociais que possam acomodar mudanças inovadoras e estabelecer infraestruturas para liderar todas as iniciativas.</p>
(Reischauer, 2018)	<p>Este artigo tem como objetivo esclarecer a identidade da Indústria 4.0. Depois de demonstrar a aplicabilidade limitada da teoria para este propósito, defendem uma visão discursiva da inovação como uma alternativa promissora. Essa visão propõe considerar a Indústria 4.0 como orientada por políticas de inovação nas indústrias que visam implementar sistemas de inovação que abrangem negócios, ensino e política.</p>
(von Briel, 2018)	<p>Neste trabalho é realizado um estudo Delphi com dezoito especialistas em retalho para identificar as principais tendências, grandes desafios, tecnologias importantes e os principais pontos de contato com o cliente que surgirão no retalho omnichannel nos próximos dez anos. Usando técnicas de análise de dados qualitativas e quantitativas, foi possível fazer previsões posteriormente analisadas por especialistas. Com base nessa abordagem, é possível adequar os processos ao interesse dos consumidores melhorando assim a produtividade operacional.</p>
(Müller, Buliga, & Voigt, 2018)	<p>O artigo analisa como a Indústria 4.0 desencadeia mudanças nos modelos de negócios das PME, realizando uma pesquisa qualitativa com uma amostra de 68 PME alemãs de três indústrias (ramo automóvel, engenharia mecânica e de instalações). Os resultados mostram que a Indústria 4.0 abrange três dimensões: digitalização de processos, fabrico inteligente e conectividade entre</p>

	empresas. O artigo mostra também que a Indústria 4.0 afeta a criação de valor, captura de valor e oferta de valor.
(de Sousa Jabbour, Jabbour, Foroapon, & Filho, 2018)	Este trabalho defende a integração de duas vagas industriais que prometem a reformulação dos padrões atuais de produção e consumo: Indústria 4.0 e produção ambientalmente sustentável. Argumentam que, embora essas duas tendências não poderão ser consideradas uma revolução industrial, as tecnologias associadas à indústria 4.0, no entanto, têm o potencial de desbloquear uma produção ambientalmente sustentável.
(Stock & Seliger, 2016)	Neste artigo, é feita revisão de literatura sobre desenvolvimento da Indústria 4.0. São apresentadas oportunidades para realizar uma produção sustentável apoiada nos seus conceitos. Por fim, descrevem um caso de uma atualização de uma máquina-ferramenta como uma oportunidade específica de aplicação dos conceitos.
(Lee, Kao, & Yang, 2014)	Este artigo aborda as tendências da transformação de serviços de manufatura em ambiente de big data, bem como a prontidão das ferramentas de informática preditiva para gerir big data, alcançando transparência e maior produtividade.
(Keller, Rosenberg, Brettel, & Friederichsen, 2014)	O presente artigo descreve os desenvolvimentos da Indústria 4.0 e analisa os fluxos de pesquisa associados. Por este meio, analisam oito artigos científicos com relação a 3 campos de pesquisa (produção autónoma, engenharia de ponta a ponta e uma cadeia de processos virtuais). Após uma análise cluster são atribuídos subtópicos ao a cada campo. Os resultados revelam razões para a adaptação e recusa da Indústria 4.0 práticas do ponto de vista da gerência.
(Xu, Xu, & Li, 2018)	Este artigo revê as investigações recentes sobre a Indústria 4.0 do ponto de vista industrial. Introduzem primeiro o plano de fundo da Indústria 4.0 e, em seguida, apresentam as tecnologias fundamentais que podem ser usadas na mesma. Por fim, analisam os desafios de investigação e tendências futuras associadas à quarta revolução industrial.
(Witkowski, 2017)	O objetivo deste artigo é apresentar algumas soluções "inteligentes" que podem ser reconhecidas como soluções inovadoras nas duas áreas: tecnologia e organização. E é

	parte de uma pesquisa que considera a problema de implementação da logística de soluções de IT.
(Vaidya, Ambad, & Bhosle, 2018)	Este artigo tem como objetivo dar a conhecer uma visão geral sobre a Indústria 4.0 assim como os seus pilares. Dando exemplo de aplicações e de desafios que podem surgir na sua aplicação.
(Freitas, 2019)	Esta dissertação tem como objetivo determinar o nível de maturidade da integração da Indústria 4.0 no vale do Tâmega. Fazendo posteriormente sugestões tecnológicas.
(Deloitte Insights, 2018)	Neste estudo a Deloitte examina as habilidades que os jovens precisarão para os empregos do futuro e apresenta caminhos para que as empresas possam ajudá-los a ter êxito nesse processo.
(PWC, 2016)	Neste artigo, a PWC, estuda a implementação a nível global e nacional mostrando que que as empresas industriais nacionais terão de aceitar que um setor industrial dinâmico, moderno e digital sendo esse um fator essencial para o crescimento da economia.
(Deloitte, 2017)	Este documento foi elaborado no âmbito da Iniciativa Portugal 4.0, de Definição de Estratégia Nacional para Digitalização da Economia. Tem como objetivo apresentar um plano de medidas iniciais de promoção, investimento e valorização na digitalização da economia nacional.
(Deloitte Insingts, 2019)	Neste estudo global é examinada a relação entre a responsabilidade e o desenvolvimento dos líderes empresariais na inserção da Indústria 4.0.

## 2.2 BACKGROUND HISTÓRICO

O sector industrial sempre foi crucial para o desenvolvimento económico dos países. Desde o final do séc. XVIII, a indústria tem passado por transformações que revolucionaram a maneira como os produtos são fabricados e trouxeram vários benefícios, especialmente no que tange o aumento da produtividade (Santos & Alberto,

2018). Assim sendo, é importante indicar quais os desenvolvimentos que estão na origem dessas revoluções.

A primeira Revolução Industrial, a Era do Vapor, teve início na Inglaterra algures entre 1760 e 1840, com a substituição progressiva dos métodos e técnicas artesanais por máquinas e ferramentas, pela utilização do carvão como energia alternativa à madeira e outros biocombustíveis usados até então, e pelo crescimento do uso da energia do vapor. Essas inovações nos processos produtivos trouxeram consequências significativas a nível socioeconómico. Até então, o artesão era responsável por todo o processo produtivo, desde a aquisição da matéria-prima até à venda do produto final, passou a trabalhar sob a alçada um patrão que controlava o processo, a matéria-prima, o produto final e os lucros.

Nas seguintes décadas e sensivelmente até ao fim da segunda guerra mundial (1945), e com o início do uso da eletricidade nos sistemas produtivos, as evoluções constantes na área da indústria química, elétrica e do aço foram significativas, assim como um aprimoramento das técnicas já existentes. O aparecimento dos primeiros barcos de aço movidos por potentes motores a vapor, revolucionaram o transporte de mercadorias. Tal como as também as primeiras linhas de produção que viriam a permitir a produção em massa e a custos reduzidos. A invenção e inovação andaram de mãos dadas nesta que foi considerada a Segunda Revolução Industrial, a Era da Eletricidade.

Entre as décadas de 1950 e 1970 começou-se a projetar-se aquela que viria a ser considerada a Terceira Revolução Industrial, a Era da Informação, a revolução digital, com o crescimento do uso dos semicondutores, dos computadores, automação e robotização nas linhas de produção, com informação armazenada e processada de forma digital, as comunicações, os telefones móveis e a internet (Coelho, 2016).

No início do século XXI, com o desenvolvimento da internet, proliferação de cada vez mais pequenos e potentes sensores, com a redução de preços da tecnologia, sofisticação do software e hardware, a capacidade das máquinas aprenderem e colaborarem criando gigantescas redes de “coisas”, iniciou-se uma nova revolução na indústria, cujos impactos na competitividade, na sociedade e na economia irá transformar o mundo tal como o conhecemos. Esta Quarta Revolução Industrial, a Era dos Cyber Physical Systems (CPS), foi apelidada Indústria 4.0. A figura 1 apresenta um resumo das quatro Revoluções Industriais.

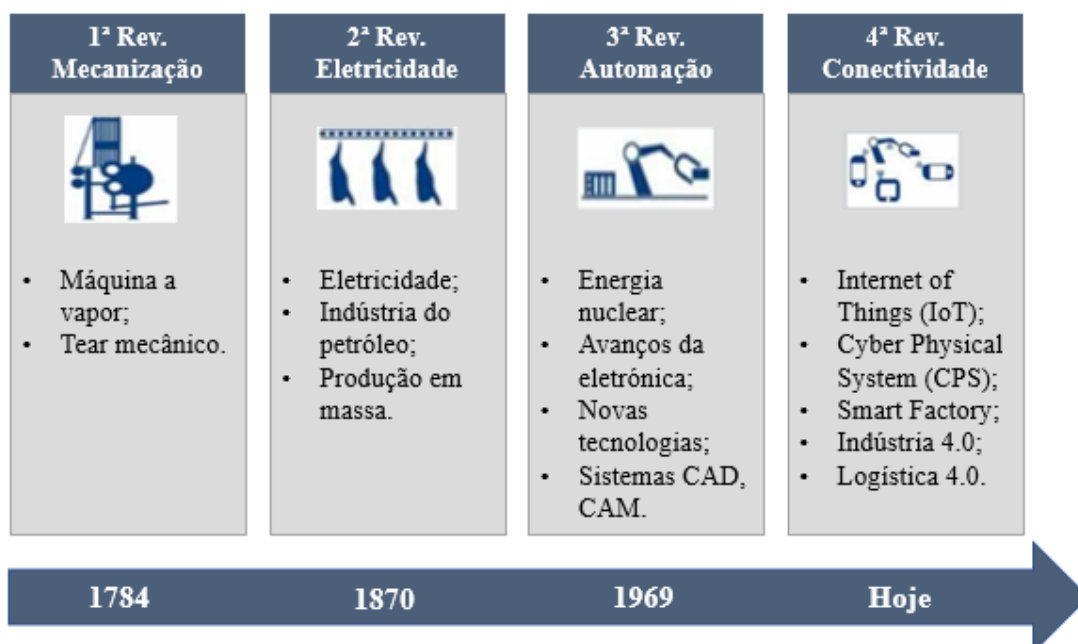


Figura 1 - As quatro Revoluções Industriais. (Santos & Alberto, 2018)

A Indústria 4.0 surge então como uma estratégia de longo prazo do governo alemão que foi adotada como parte do High-Tech Strategy 2020 Action Plan, em 2011 (Kagermann, 2014), para assegurar a competitividade da sua indústria. Em 2013, o Ministério Alemão da Educação e da Investigação cria um grupo de trabalho constituído por representantes da indústria, da ciência do mundo académico com o objetivo de promover a pesquisa e a inovação e acelerar o processo de transferência de resultados científicos para o desenvolvimento de tecnologias comercializáveis (Khan & Turowski, 2016). Desde então, o governo alemão institucionalizou seu compromisso com a indústria na criação de uma plataforma liderada pelos Ministérios da Economia e de representantes de negócios, da ciência e dos sindicatos (Hermann, Pentek, & Otto, 2016). O primeiro relatório elaborado pela plataforma foi publicado em abril de 2015 e apresentou a utilidade da Indústria 4.0 para a economia e sociedade como um dos aspetos chave a serem explorados no futuro (European Parliament, 2017).

Enquanto na Alemanha essa estratégia é impulsionada pelo Governo e é designada como Indústria 4.0. (MACDOUGALL, 2014) nos Estados Unidos da América (EUA) ou em outros países iniciativas similares também podem ser encontradas sob as mais diversas denominações, por exemplo, Cyber Physical System (CPS), Smart Factory, Smart Production, Machine to Machine (M2M), Advanced Manufacturing, Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) ou Industrial Internet (Bahrin, Othman, Azli, & Talib, 2016).

Por outras palavras, a Indústria 4.0 surge como uma evolução natural dos anteriores sistemas industriais, desde a mecanização da produção ocorrida no século XVIII até a automação da produção nos dias correntes. Ultimamente a aplicação de

automação na produção e sistemas de informação como ERP (Enterprise Resource Planning) e MES (Manufacturing Execution System) melhoraram a produtividade nas fábricas significativamente. No entanto, ainda existe uma lacuna na comunicação entre o nível ERP e o chão de fábrica. Pois os dados não são trocados em tempo real, levando a atrasos na tomada de decisões. Em face aos desafios em que a atual produção industrial se encontra, onde os clientes finais requerem produtos cada vez mais personalizados e em pequenos lotes, o atual paradigma de produção não é sustentável (Alkaya, et al., 2015). Para alcançar a flexibilidade e eficiência dos processos industriais, bem como um reduzido consumo de energia e baixar custos – pontos essenciais para sobreviver no cenário socioeconómico atual - as empresas necessitam de uma estrutura integrada capaz de permitir o acesso às informações do nível da produção em tempo real. A tomada de decisão baseada em informações continuamente atualizadas possibilita uma reação mais rápida às alterações do Mercado. Melhorias nos processos de decisão melhoram os produtos e serviços, o relacionamento com os clientes, reduzem os desperdícios e os custos e conseqüentemente melhoram os lucros. (Santos & Alberto, 2018)

### 2.3 PRINCIPAIS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

A Indústria 4.0 tem como seus pilares as seguintes 9 tecnologias e conceitos:

- Fabrico Aditivo;
- Internet of Things (IoT)/Internet of Services (IoS);
- Robots Autónomos;
- Realidade Aumentada;
- Simulação Virtual;
- Cloud Computing;
- Big Data;
- Integração Horizontal e Vertical dos sistemas;
- Segurança Cibernética e Cyber Physical Systems;



Figura 2 - Os Pilares da Indústria 4.0 (Santos & Alberto, 2018)

### 2.3.1 FABRICO ADITIVO

O Fabrico Aditivo é a produção de componentes do produto sem a necessidade de ferramentas especializadas e recursos de construção; representa uma prototipagem flexível e conectada dos componentes do produto em larga escala, facilitando a personalização (Holmström, et al., 2016). Impressoras 3D são os principais recursos atualmente associados com fabrico aditivo.



Figura 3 - Impressora 3D industrial

Com a Indústria 4.0, os métodos de Fabrico Aditivo serão amplamente utilizados para produzir pequenos lotes de produtos que oferecem vantagens de construção,

como projetos mais complexos e leves. Alto desempenho, sistemas descentralizados de fabrico aditivo diminuirão as distâncias de transporte e o stock disponível (Rüssmann et al., 2015). A produção será mais rápida e barata com o uso de tecnologias de fabrico aditivo, como o Método de Deposição por Fusão (FDM), Fusão Seletiva a Laser (SLM) e Sinterização Seletiva a Laser (SLS) (Landherr, Schneider, & Bauernhansl, 2016). Como as necessidades do cliente mudam continuamente, muitas empresas enfrentam o desafio de aumentar a individualização dos produtos e reduzir o tempo de colocação no mercado. Esses desafios são encontrados, em particular, com o aumento da digitalização, penetração de IT e rede de produtos, recursos e processos de fabrico (Rennung, Luminosu, & Draghici, 2016). A diminuição dos ciclos de vida do produto em combinação com a crescente procura de produtos customizados, requer uma maior transformação em direção às estruturas da organização que levam ao aumento da complexidade (Brettel, et al., 2014).

### 2.3.2 INTERNET OF THINGS / INTERNET OF SERVICES

O termo internet das Coisas “Internet of Things (IoT)” refere-se a objetos físicos e virtuais ligados à internet, tem as suas raízes no MIT (Massachusetts Institute of Technology). A mesma é uma infraestrutura de tecnologia da informação que permite a recolha e transmissão de dados entre dispositivos, resultando na identificação, localização, rastreabilidade e monitorização de objetos (Li, Hou, & Wu, 2017). Códigos de barras, sensores wireless e Identificação por Radiofrequência (RFID) são exemplos de tecnologias que contribuem para o alcance cada vez maior da IoT (Zhang, et al., 2017). Tem sido impulsionada pelo aparecimento e uso generalizado de sensores de dimensões e custos cada vez mais reduzidos, assim como um avanço nos dispositivos móveis, comunicações wireless e tecnologias Cloud (Coelho, 2016).

A Internet of Services (IoS) apresenta uma abordagem semelhante, mas em vez de entidades físicas utiliza serviços. “Através da IoS os serviços internos e inter-organizacionais são oferecidos e utilizados pelos participantes da cadeia de valor” (Hermann et al., 2016). Esta nova abordagem, é a evolução natural da IoT. A interação e conectividade das coisas produzindo serviços de valor perceptível para o cliente é um dos mais fortes pilares da Indústria 4.0, dando azo a novas oportunidades e desafios.

Para se compreender completamente a escala do fenómeno e o número de dispositivos encontrados na Internet of Things, na tabela abaixo encontra-se uma lista de áreas potenciais em que o uso de soluções de IoT pode ser visto (Grodner M. , et al, 2015) :

Tabela 2 - Áreas potenciais para IoT

<b>Área</b>	<b>Exemplos de aplicação</b>
Ambiente	Áreas urbanas, industriais, áreas agrícolas que tornam o ecossistema amigável ao desenvolvimento económico e o funcionamento da sociedade.
Gestão da água	O impacto dos recursos hídricos no meio ambiente, déficits de uso e proteção, regulação de rios e proteção contra inundações, cursos de água, energia hidroelétrica.
Produção e Indústria	Controlo das linhas de produção (leitores, sensores, videovigilância - úteis na gestão e inspeção), controlo da rotação de produtos nos armazéns e lojas.
Transporte	Localização das mercadorias transportadas, verificação de rotas, controlo das condições de transporte ou condições de armazenamento.
Energia	Monitorização do consumo individual, bem como os processos para sua produção.
Cidades	Monitorização do trânsito, lugares de estacionamento, o diagnóstico de ameaças à segurança, iluminação adaptável ao nível de cobertura de nuvens, gestão de resíduos, etc.
Edifícios	Monitorização de propriedades (por exemplo, cercas, janelas e portas), sensores de movimento, irrigação inteligente, etc.
Saúde	Abrange uma ampla gama de aplicações usadas na monitorização da saúde e da atividade física.
Vida	Uma gama completa de soluções para o consumidor, que visam o conforto e a segurança.

### 2.3.3 ROBOTS AUTONOMOS

Os robots estão se a tornar cada vez mais autónomos, flexíveis e cooperativos, e certamente, irão interagir entre eles e trabalhar em segurança lado a lado com os humanos e aprendendo com eles (Rüssmann et al., 2015). Um robot autónomo é usado para executar métodos de produção autónomos com maior precisão e também trabalhar nos locais onde os trabalhadores humanos estão restritos ao trabalho. Robôs autónomos podem concluir determinada tarefa com precisão e inteligência dentro do tempo determinado limitar e também focar na segurança, flexibilidade, versatilidade e colaboração (Bahrin et al., 2016).

Estes robots, com a sua capacidade de análise e adaptação, vêm trazer grandes melhoria aos processos produtivos, podendo fornecer de forma flexível informações importantes dentro da indústria.

Abaixo são identificados alguns dos robots usados na indústria (Sipsas, et al, 2016):

Tabela 3 - Robots autónomos

<b>Modelo</b>	<b>Empresa</b>	<b>Função</b>
Kuka LBR iiwa	Kuka	Tarefas industriais sensíveis
Baxter	Rethink Robotics	Robot interativo para tarefas de embalagem
BioRob Arm	Bionic robotics	Uso em proximidade com humanos
Roberta	Gomtec	Robot industrial de 6 eixos para tarefas flexíveis

Na figura 4 abaixo é apresentado um exemplo de um robot autónomo.



Figura 4 - Robot Rethink Baxter

### 2.3.4 REALIDADE AUMENTADA

Designa-se Realidade Aumentada “Augmented Reality” (AR) a integração de elementos ou informações virtuais a visualizações do mundo real através de uma camera e com o uso de sensores de movimento como giroscópio e acelerômetro.

A interação do mundo digital com o mundo real é capaz de criar tutoriais dentro da indústria 4.0 e facilitar o processo de produção e manutenção.

Os sistemas baseados em AR suportam uma variedade de serviços, como a seleção de peças em um armazém e enviando instruções de reparação por dispositivos móveis. A indústria pode usar a realidade aumentada para fornecer aos trabalhadores informações em tempo real para melhorar a tomada de decisão e os procedimentos de trabalho. Os trabalhadores podem, por exemplo, receber instruções de reparação sobre como para substituir uma peça específica, pois eles estão a olhar para o sistema real que necessita da mesma (Rüssmann et al., 2015).

### 2.3.5 SIMULAÇÃO VIRTUAL

As simulações serão usadas mais amplamente nas operações aproveitando os dados em tempo real para espelhar os aspetos físicos num modelo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e humanos, diminuindo a configuração da máquina tempos e qualidade crescente (Rüssmann et al., 2015). Simulações 2D e 3D podem ser criadas para análise virtual e simulação tempos de ciclo, consumo de energia ou aspetos ergonômicos de uma instalação de produção. O uso de simulações de produção nos processos podem não apenas reduzir os tempos de inatividade e alterá-los, mas também reduzir as falhas de produção durante o processo na sua fase de arranque (Simons, et al., 2017). A qualidade da tomada de decisão pode ser melhorada de maneira fácil e rápida com a ajuda de simulações(Schuh, et al., 2014).

A Rockwell Automation define as seguintes fases de transformação da indústria inteligente:

1. Integração dos dados de produção obtidos nas fábricas e o intercâmbio entre as empresas facilita melhorias imediatas e significativas nos custos, na segurança e nos impactos ambientais.
2. Combinados com simulações computacionais e sistemas de modelação, esses dados criam uma inteligência de fabrico, aumentando a velocidade, flexibilidade, produtividade e personalização.
3. Essa inteligência de fabrico inspira inovações nos processos e produtos que revolucionam o mercado, reduzindo os preços ao consumidor.

A Simulação Virtual é extremamente necessária para evitar gastos sem necessidades, possibilitando que produtos e processos sejam testados na sua etapa de conceção ainda em ambiente virtual.

A simulação por computador permite a experimentação, procurando as opções que oferecem melhores resultados. Ainda que os custos de programas de modelação possam ser avultados, os avanços obtidos significam uma poupança consistente de recursos. O rápido desenvolvimento tecnológico e aparição de novos software, tem permitido que mesmo as PME possam utilizar ferramentas de simulação.

### 2.3.6 CLOUD COMPUTING

Cloud Computing é uma tecnologia computacional que oferece alta performance a baixo custo (Zheng, et al., 2014). A virtualização dos servidores “na nuvem” possibilita o acesso a um enorme banco de dados e suporte em qualquer parte do planeta, permitindo a integração de sistemas de locais distintos, assim como a sua gestão e o suporte podem ser feitos de forma global.

Uma plataforma de IT baseada na nuvem serve como espinha dorsal técnica para a ligação e comunicação de variedade de elementos do centro de aplicação da Indústria 4.0 (Landherr et al., 2016). Com o setor 4.0, a gerência precisa de aumentar a partilha de dados nos sites e nas empresas, ou seja, atingindo os tempos de reação em milissegundos ou até mais rápido (Rüssmann et al., 2015). “Produção Digital” é um conceito de ter as conexões de diferentes dispositivos na mesma nuvem para partilhar informações e pode ser estendido para o conjunto de máquinas do chão de fábrica e de toda a planta (Marilungo, et al., 2017).

O fabrico em nuvem refere-se a uma rede virtual na qual os fornecedores e os clientes podem ceder aos recursos de fabrico e aos seus serviços (design, simulação e teste de produtos). Os recursos disponíveis tornam-se, então serviços exibidos numa plataforma de acesso. O seu objetivo é partilhar recursos e melhorar a prestação de serviços de fabrico (Liu e Xu, 2017).

### 2.3.7 BIG DATA

O termo Big Data refere-se a grandes quantidades de dados que são armazenados instantaneamente resultantes da existência de milhões de sistemas atualmente ligados em rede que produzem dados em tempo real sobre quase tudo e que se querem disponíveis em todo o lado.

Com os Big Data e Cloud Computing é possível realizar a recolha, armazenagem e avaliação abrangente dos dados de diversas fontes e clientes para apoiar a tomada de decisões, otimizar operações, economizar energia e melhorar o desempenho do sistema, além de permitir que colaboradores possam acedê-las em qualquer lugar, através de um tablet ou smartphone (Bahrin et al., 2016).

De acordo com a definição de Forrester, o Big Data consiste em quatro dimensões (Witkowski, 2017):

Tabela 4 - As dimensões do Big Data

Volume	Segundo o McKinsey Global Institute, “o conceito de Big Data refere-se a conjuntos de dados cujo tamanho excede a capacidade das ferramentas comuns de recolha, armazenamento, gerenciamento e análise” - ele está ligado as capacidades tecnológicas para gerir esses dados.
Variedade	O Big Data provem de uma variedade de fontes: sistemas transacionais, redes sociais ou a Internet. Esses dados mudam dinamicamente e são muito desestruturados, o que significa que não são adequados para as formas tradicionais de análise.
Velocidade	A análise de dados é realizada no Big Data praticamente em tempo real, uma vez que as conclusões corretas dos dados que fluem e mudam constantemente precisam ser implementadas de forma contínua.
Valor	O objetivo geral é isolar de toda a quantidade de informações, a que será mais importante – sendo por isso tão importante que os resultados reflitam as condições reais e levem às atividades de negócio mais favoráveis.

### 2.3.8 INTEGRAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL DOS SISTEMAS

A Integração e auto-otimização são os dois principais mecanismos usados na organização industrial (Schuh et al., 2014). O paradigma da Indústria 4.0 é essencialmente delineado por três dimensões de integração: integração horizontal entre toda a rede de criação de valor, integração vertical e sistemas de manufatura em rede e ponta a ponta engenharia em todo o ciclo de vida do produto (Stock & Seliger, 2016). A integração e automação digital completa dos processos de fabrico na dimensão vertical e horizontal implica também uma automação da comunicação e cooperação especialmente ao longo de processos padronizados (Erol, et al., 2016).

A integração digital de ponta a ponta é habilitada pelas integrações vertical e horizontal, uma vez que a recolha de informações do produto ao longo de todo seu ciclo de vida, agrega valor desde a conceção até a logística de saída (European Parliament, 2017).

Os sistemas MES, CRM, ERP, entre outros integram toda a cadeia de valor produtiva auxiliando a análise e tomada de decisões.

### 2.3.9 SEGURANÇA CIBERNÉTICA E CPS

Com o aumento da conectividade e o uso de protocolos de comunicação padronizados que acompanham o setor 4.0, a necessidade de proteger os sistemas industriais e linhas de fabrico contra ameaças à segurança cibernética aumenta exponencialmente. Assim, são essenciais comunicações seguras e de confiança, bem como a gestão sofisticada da identidade e acesso dos aparelhos e dos utilizadores (Rüssmann et al., 2015).

A forte ligação entre o mundo físico, o serviço e o mundo digital pode melhorar a qualidade de toda a informação necessária para o planeamento, otimização e operação dos sistemas de fabrico (Landherr et al., 2016). O termo Sistemas Ciber Físicos “Cyber Physical Systems” (CPS) foi definido como sendo os sistemas nos quais os sistemas naturais e feitos pelo homem (espaço físico) são fortemente integrados nos sistemas de computação, comunicação e controlo (espaço cibernético) (Bagheri, et al., 2015). A descentralização e comportamento autónomo do processo de produção são as principais características dos CPS. A evolução dos CPS dependem principalmente da adoção e reconfiguração das estruturas das redes de abastecimento de produtos consideradas CPS colaborativos usados em sistemas de manufatura, bem como em diferentes CPS, como sistemas de controlo e controlo de transito (Ivanov, et al., 2016). A transação de dados contínua de é efetuada através da vinculação de sistemas físicos de forma inteligente com a ajuda de sistemas em nuvem em tempo real (Stock & Seliger, 2016).

A sombra digital da produção é definida como a representação virtual do objeto físico. O requisito básico fabrico em tempo real otimização e orientado do sistema de produção é alcançado por colaboração dos CPTS (Neugebauer, et al, 2016). O uso de sensores adequados no CPS descobrirá a falha que ocorre nas máquinas e desenvolverá ações de reparação de falha automaticamente no CPS. Também encontra a utilização ótima de cada estação de trabalho com a ajuda do tempo de ciclo necessário para a cada operação realizada nessa estação (Kolberg & Zühlke, 2015). Por exemplo, um produto típico para a representar o desenvolvimento da Indústria 4.0 na utilização de CPS é o veículo inteligente. Neste produto, um método de aquisição de dados é usado para a prever rotas, que atingindo 80% de precisão de previsão (Qin, Liu, & Grosvenor, 2016).

## 2.4 DESAFIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

As novas tecnologias desenvolveram a indústria desde a inicial adoção de sistemas mecânicos, às linhas de montagem altamente automatizadas de hoje, para se poder responder e se adaptar à dinâmica atual e exigências do mercado (Wang, et al., 2016). Alguns desafios e questões fundamentais ocorrem durante a implementação da Indústria 4.0 nas empresas atuais:

- Segurança cibernética: com o aumento da conectividade e uso de protocolos de comunicação padrão que acompanham Indústria 4.0, a necessidade de proteger sistemas industriais críticos e linhas de montagem e dados do sistema contra as ameaças à segurança aumentam dramaticamente (Rüssmann et al., 2015). Isso envolve salvaguardar ataques à propriedade intelectual, privacidade e dados pessoais, operabilidade, proteção ambiental e saúde e segurança dos trabalhadores (European Parliament, 2017), além de exigir colaboração entre governos, organizações especializadas em TI e indústrias, atuando na procura de soluções adequadas e na promoção das melhores práticas.
- Mecanismo inteligente de tomada de decisão e negociação: no sistema de produção inteligente, é necessário mais autonomia e capacidades sociais como fatores-chave dos sistemas auto-organizados, enquanto os sistemas de hoje possuem falta de autonomia (Wang et al., 2016).
- Estandarização: apontada como um dos maiores desafios na implementação da Indústria 4.0. Para garantir a interoperabilidade dos sistemas e alcançar todo o seu potencial, é fundamental adotar uma arquitetura de referência que forneça uma descrição técnica de normas e possibilite a comunicação eficaz entre todos os utilizadores e processos, integrando a produção, sistemas e partes interessadas de gestão. Perante isso, os padrões abertos serão cruciais nos

ambientes 4.0 (Khan & Turowski, 2016). Sem uma abordagem unificada para analisar, processar e armazenar essas informações, todos os dados gerados em diferentes formatos permaneceriam incompatíveis a nível mundial e a abordagem 4.0 estaria limitada à produção local, restringindo a sua capacidade de realizar economias de escala e obter ganhos de produtividade (European Parliament, 2017)

- Internet de alta velocidade: a rede de internet usada hoje pode não fornecer largura de banda suficiente para os serviços mais pesados de comunicação e transferência de alto volume de dados (Wang et al., 2016).
- Organização do trabalho: Produzir num ambiente 4.0 exigirá mudanças no que diz respeito a organização do trabalho. Assim, o ambiente de produção terá de ser maleável ao nível dos processos, de forma a poder suportar a flexibilidade necessária para fornecer produtos mais personalizados com redução de custos (Khan & Turowski, 2016). Para aumentar a sua competitividade, as empresas deverão reconhecer a importância dos trabalhadores. As empresas devem fomentar a criatividade e habilidades dos trabalhadores utilizando as máquinas para a realização de tarefas monótonas e repetitivas ou de difícil ergonomia e assim, aproveitando os pontos fortes de cada um. Também serão necessários novas interfaces homem-máquina que permitam novos modos de interação adaptados às novas restrições de trabalho (Santos & Alberto, 2018).
- Análise de Big Data: é um desafio garantir alta qualidade e integridade dos dados gravado no sistema de fabrico. As anotações das entidades de dados são muito diversas e é cada vez mais desafio de incorporar diversos repositórios de dados com diferentes semânticas para análises avançadas de dados (Thoben, Wiesner, & Wuest, 2017).
- Capacidade Cognitiva: Os novos cenários tecnológicos terão implicações significativas na natureza do trabalho, já que transformarão a conceção, a fabrico, a operação dos produtos e serviços nos sistemas de produção (Rüssmann et al., 2015). Transformações essas são resultantes do aparecimento de novos sistemas tecnológicos altamente sofisticados e que vão exigir cada vez mais colaboradores com habilidades específicas (Kagermann, 2014). A migração poderá ser uma das soluções para amenizar este problema. No entanto, a integração de novos colaboradores com culturas e competências educacionais diferentes trará desafios adicionais para as indústrias. Isso significa que as empresas que estão comprometidas com o paradigma da indústria 4.0 terão de investir em programas de formação contínua e desenvolvimento que capacitem os colaboradores para lidar com as novas ferramentas e tecnologias e que possibilitem a captura e reutilização sistemática do seu conhecimento (Santos & Alberto, 2018).

- **Modelação e Análise de Sistemas:** na modelação de sistemas, para reduzir equações dinâmicas e concluir modelo de controlo, os sistemas devem ser modelados como sistema de fabrico auto-organizado (Wang et al., 2016).
- **Equipamentos modulares e flexíveis:** ao processar um produto, o equipamento para maquinaria e teste devem ser agrupados e trabalhados juntos de forma a poder diversificar e reduzir o tempo para a tomada de decisão. Portanto, é necessária um unidade de transporte modularizada e inteligente que pode reconfigurar dinamicamente a posição dos equipamentos nas linhas de montagem (Wang et al., 2016).
- **Questões de investimento:** o investimento é uma questão crucial para a maioria das novas iniciativas baseadas em implementação de tecnologia. O investimento inicial necessário para a implementação da indústria 4.0 numa PME é significativo. A implementação de todos o pilares da indústria 4.0 requer uma quantidade enorme de investimentos para uma empresa (Calero Valdez, et al., 2015). Os problemas que advêm da incompatibilidade das interfaces de comunicação e a ciber-segurança, ainda são um grande entrave para lançar o desenvolvimento colaborativo entre os diferentes prestadores de serviços. No entanto, diversas entidades já estão a trabalhar para desenvolver soluções tecnológicas menos custosas capazes de remover esses obstáculos e cooperar para o objetivo comum (Santos & Alberto, 2018).

# DESENVOLVIMENTO

- 3.1 METODOLOGIA DA ELABORAÇÃO DO INQUÉRITO
- 3.2 MÉTODOS PARA ANGARIAÇÃO DE RESPOSTAS
- 3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO
- 3.4 DISCUÇÃO DOS DADOS OBTIDOS



## 3 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo pretende reportar a metodologia da investigação efetuada para a realização da investigação empírica assim como os resultados obtidos na mesma. São descritos os métodos de elaboração do inquérito, os seus objetivos, as questões que constam no inquérito realizado, assim como são identificados os métodos para a angariação de respostas. Será também apresentado o tratamento estatístico dos dados recolhidos e a sua análise.

### 3.1 METODOLOGIA DA ELABORAÇÃO DO INQUÉRITO

#### 3.1.1 OBJECTIVOS DO INQUÉRITO

Tendo em conta os objetivos da dissertação, além da revisão bibliográfica, foi elaborado um inquérito que permitisse dar resposta às seguintes questões de investigação:

- Analisar a perceção e conhecimento sobre a Indústria 4.0 pelas empresas a operar em Portugal;
- Averiguar o estado de aplicação das suas ferramentas e métodos no panorama nacional;
- Determinar os fatores mais importantes para a definição do nível de maturidade da implementação da Indústria 4.0.

Assim sendo, este inquérito foi elaborado de forma a se obter o maior número de respostas e para tal foi desenvolvido de forma que fosse possível conhecer a realidade atual.

#### 3.1.2 TÉCNICAS ESTATÍSTICAS PARA TRATAMENTO DOS DADOS

A Análise de Componentes Principais (ACP) e a Análise Fatorial (AF) são as duas técnicas de análise de dados estatísticos utilizadas no tratamento estatístico efetuado. A ACP é uma técnica de análise exploratória multivariada que transforma um conjunto

de variáveis correlacionadas num conjunto menor de variáveis independentes, combinações lineares das variáveis originais, designadas por componentes principais. A ACP é usualmente considerada como um método de redução de dados mas, para além dessa função, uma das principais vantagens da ACP é redução da informação de várias variáveis correlacionadas em uma ou mais combinações lineares independentes (as componentes principais), representando a maior parte da informação presente nas variáveis originais (Maroco, 2007).

As componentes principais são calculadas por ordem decrescente de importância, isto é, a primeira explica a máxima variância dos dados, a segunda a máxima variância ainda não explicada pela primeira, e assim sucessivamente. A última componente será a de menor contribuição para a explicação da variância total dos dados (Pestana & Gageiro, 2008).

A AF é uma técnica de análise exploratória de dados que tem por objetivo a descoberta e análise da estrutura de um conjunto de variáveis interrelacionadas de modo a construir uma escala de medida para fatores que, de alguma forma, controlam as variáveis originais. A AF utiliza as correlações observadas entre as variáveis originais para estimar o(s) fator(es) comum(ns) e as relações estruturais que ligam os fatores às variáveis. O objetivo principal da AF é a atribuição de uma classificação a fatores que não são diretamente observáveis (Maroco, 2007). O estudo das covariâncias e das correlações entre as variáveis observáveis são de importância extrema na análise fatorial. De facto, quando existe correlação entre todos os pares de variáveis, existe uma relação de dependência nos dados que permite descrevê-los e resumi-los num número inferior de variáveis compostas ou derivadas, facilitando a compreensão dos dados (Pestana & Gageiro, 2008).

Segundo Moreira (2007) a ACP pressupõe que a amostra seja “suficientemente grande” em que:

$$N = 50 \text{ se } K \leq 5$$

$$N = 10 \times K \text{ se } 5 < K \leq 15$$

$N = 5 \times K$  se  $K > 15$ , sendo N o número de respostas válidas e K o número de variáveis.

Vinte e quatro das questões do inquérito realizado no âmbito desta dissertação foram alvo de tratamento estatístico utilizando a análise fatorial de componentes principais, estando as mesmas divididas por blocos com o máximo de 5 questões. Do inquérito, foram recolhidas 50 respostas válidas atingindo o número mínimo de respostas necessárias ( $5 \times 10 = 50$ ), não pondo em causa a utilização desta técnica estatística. (Guadagnoli & Velicer, 1988, p. 1). MacCallum et al. (2001) definem que, por regra, o investigador deve ter um tamanho da amostra com um rácio de respostas válidas por variáveis existentes superior a 5. Aplicando esta regra à investigação alvo de tratamento estatístico efetuada neste capítulo, para a dimensão da amostra obtida, poderiam ser analisadas até ao máximo de 10 variáveis, variáveis essas, em número superior às 5 máximas alvo de análise por bloco. Deste modo, sendo a dimensão da amostra 50 respostas válidas, pelas recomendações de vários autores e pela relativa proximidade com o total da dimensão da amostra necessária para a realização desta técnica estatística, segundo Moreira (2007), achamos estatisticamente válida a realização da análise fatorial de componentes principais.

### 3.1.3 QUESTÕES DO INQUÉRITO

O inquérito foi desenvolvido através da aplicação “Google Docs” e pode ser encontrado no Anexo 1. O inquérito apresenta sete partes distintas:

- Identificação da empresa - 8 questões;
- A Indústria 4.0 - 7 questões;
- Estratégia e Liderança - 5 questões.
- Experiência do Cliente - 5 questões.
- Operações - 6 questões.
- Produtos e Inovações - 5 questões.
- Recursos Humanos - 4 questões.

Na primeira parte do inquérito pode ser encontrada a descrição da empresa pretendendo-se, entre outros dados, conhecer a empresa participante no inquérito assim, o ramo empresarial onde a empresa está inserida, a sua localização, o número de colaboradores e o volume de negócios gerado em 2019 e o cargo ocupado pela pessoa que responde ao inquérito.

Na segunda parte, relativamente às questões 9 a 13 e 15, focadas integralmente na Indústria 4.0, foram adaptadas de um estudo previamente existente “*A Survey Study on Industry 4.0 for New Zealand Manufacturing*” (Hamzeh et al., 2018). No estudo em questão é analisada a contribuição da Indústria 4.0 nos negócios dos participantes, a aplicação de ferramentas IT, e quais são essas ferramentas, a janela de possível implementação, os benefícios e obstáculos da mesma e assim determinado o nível de perceção. Ainda no mesmo tópico a questão 14 reporta ao conhecimento e aplicação dos Pilares da Indústria 4.0.

A seguinte parte do questionário pretende analisar Estratégia e Liderança das empresas no que toca a que toca à visão para a implementação de novas ferramentas e alocação de recursos para as mesmas.

A Experiência do Cliente é o foco da quarta parte do inquérito. Na mesma pretende-se saber até que ponto a empresa tem a capacidade de analisar os dados dos clientes para personalização das suas ofertas, se consegue satisfazer as exigências e tempo previsto de acordo e se usa os canais de digitais.

Seguidamente os inqueridos analisam as suas Operações avaliando a sua automação e digitalização, se existe interação, monitorização e controlo entre máquinas e pessoas de forma fácil e intuitiva e se os dados indicadores das diversas operações estão definidos e são automaticamente integrados no software de gestão e quais esses software utilizados.

Produtos e Inovações estuda a capacidade da empresa se ajustar aos requisitos de mercado, se utiliza ferramentas digitais para se inovar os seus produtos e forma como desenvolve atividades de desenvolvimento.

O último foco do inquérito são os Recursos Humanos onde se pretende analisar se as ferramentas da Indústria 4.0 são utilizadas na gestão de conhecimentos e habilidades, se as inovações são incentivadas e se as empresas possuem equipas afetadas ao desenvolvimento digital.

O mesmo consiste em perguntas escolha múltipla (uma ou mais respostas), questões em que se pretende aferir, face a um determinado indicador, o nível de perceção relativo ao tema. Deste modo, a averiguação do grau de perceção para a I4.0, implica a quantificação do nível de digitalização de cada um dos pontos anteriores, neste caso, medida por via de questões diretas e concretas usando uma escala Likert Scale (Likert, 1932). Contudo, a descrição associada a cada nível da escala variava de acordo com a questão. Tendo como objetivo facilitar a interpretação da escala face à questão. Sendo que também possui perguntas de resposta curta na área da identificação da empresa.

O inquérito foi elaborado de forma a ser curto, e fácil de responder de forma a não dissuadir as empresas convidadas a participar no mesmo de o concluir.

### 3.2 MÉTODO PARA ANGARIAÇÃO DE RESPOSTAS

Após a validação do inquérito, o método utilizado para a recolha de respostas do inquérito desenvolvido, foi o convite personalizado apelando à participação, no sentido de obter dimensão suficiente para validação científica da investigação a que me propus. Para o mesmo recorreu-se à ferramenta “Google Docs”.

A lista de contactos foi elaborada de 2 formas: contactos obtidos no decorrer de dissertações passadas orientadas pela Professora Doutora Teresa Pereira e pela pesquisa efetuada na Internet dos contactos das empresas presentes na listagem das “1000 Maiores Empresas de Portugal 2019” do jornal Expresso. Da pesquisa, foram identificados os endereços de correio eletrónico das empresas convidadas a prestar a sua colaboração à investigação a operar em Portugal. No total foram enviados convites para 700 empresas.

Como incentivo à resposta foi proposto às empresas participantes receber o tratamento dos dados obtidos após a conclusão do trabalho, quando interessadas.

A estratégia para o envio dos convites personalizados iniciou-se a 21 de Julho de 2020, sendo definido, o seu reenvio, a 7 de Agosto, tendo-se o cuidado de não reenviar às empresas que, entretanto, tivessem respondido. No entanto, tendo em conta a tradição de marcação de férias, com rotação de quadros, realizada entre Julho e Agosto, optou-se por se realizar um segundo reenvio a 21 de Agosto. No total, foram recuperados 50 inquéritos de um total de 700 convites efetuados, correspondentes a uma taxa de resposta válida de 7,1%.

### 3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Tendo em conta a metodologia referida no capítulo anterior, vai ser efetuado neste capítulo o tratamento estatístico das respostas obtidas e a análise dos dados obtidos. Para a realização do tratamento estatístico, e que se encontra nas seguintes páginas, recorreu-se ao uso do Microsoft® Excel® e IBM® SPSS® Statistics versão 23 para Windows 10.

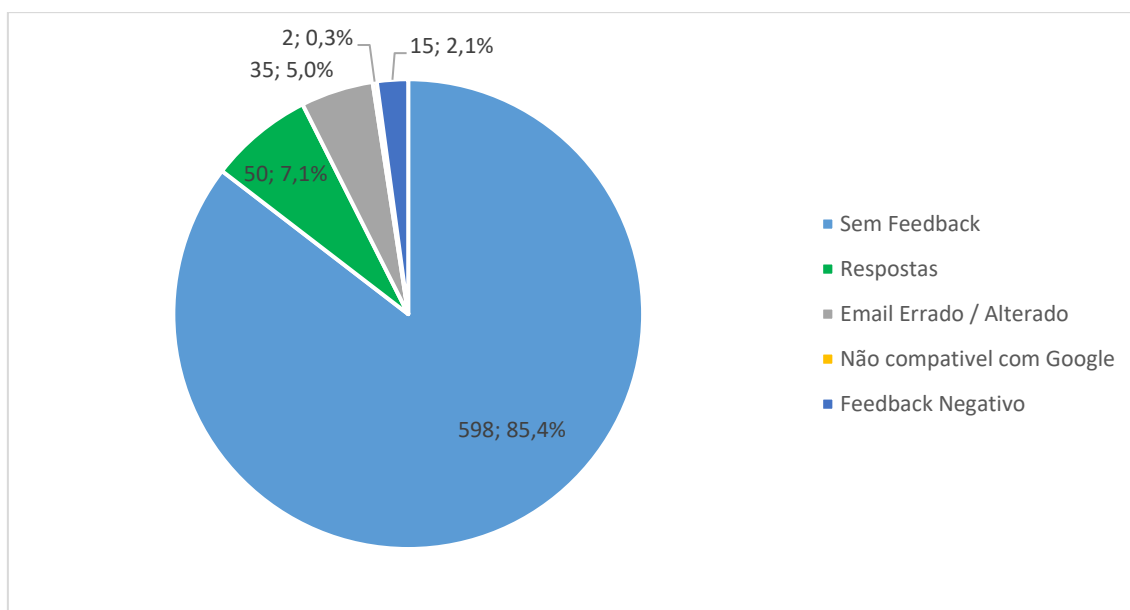


Figura 5 - Resultados das respostas do inquérito (por n.º de respostas e % do total)

Da análise da Figura 5, cerca de 5% dos inquéritos enviados não chegaram ao seu destinatário pelo facto de que, na pesquisa efetuada, o endereço de correio eletrónico não estaria correto (neste caso foi confirmado se o endereço estava corretamente inserido, procedendo ao seu reenvio) ou já não se encontrava ativo por alteração do mesmo (inquérito reenviado para o novo endereço) ou simplesmente porque a empresa em causa já não existia, por falência ou encerramento. Dos contactos efetuados, 15 empresas (2.1% do total de contactos) informaram que não respondiam ao inquérito, sendo a falta de recursos a principal causa para a recusa. Duas empresas (0.3%) responderam que por razões incompatibilidade com ferramentas Google, não lhes era possível colaborar.

De referir a elevada taxa de não-respostas ao convite para dar o seu contributo à investigação. Apesar das três tentativas efetuadas, obteve-se uma taxa de não-resposta superior a 85,4%. Todos estes dados poderão ser encontrados no Figura 5.

Vai-se iniciar agora o procedimento de tratamento estatístico das respostas obtidas e a análise dos dados obtidos.

### 3.3.1 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA

Nesta secção serão caracterizadas as empresas participantes segundo o seu ramo industrial, localização, número de funcionários, volume de negócios em 2019 e será também identificado o participante por cargo ocupado.

#### 3.3.1.1 RAMO EMPRESARIAL DA EMPRESA

Nas 50 respostas obtidas foi possível observar um variado leque de ramos de negócio. Sendo o ramo de Serviços com 10 respostas (20%) o mais representado, seguido da Metalomecânica com 8 (16%), Automóvel com 6 (12%), Eletrónica com 3 (6%), com duas respostas do ramo Alimentar /IT/Manutenção e Serviços/ Metalúrgica /Plásticos/Energia e Ambiente (representando cada um individualmente 4%). Os restantes ramos (Automação e Robótica, Captação e tratamento de água, Cerâmica, Ferroviária, Química, Mobiliário Cortiça, Construção, Gráfica e Têxtil) por apenas representarem uma resposta foram agrupados na categoria Outros (18%).

Desta forma, a Figura 6 representa graficamente a distribuição da frequência de respostas quanto ao tipo de negócio operado pelas empresas participantes nesta investigação.

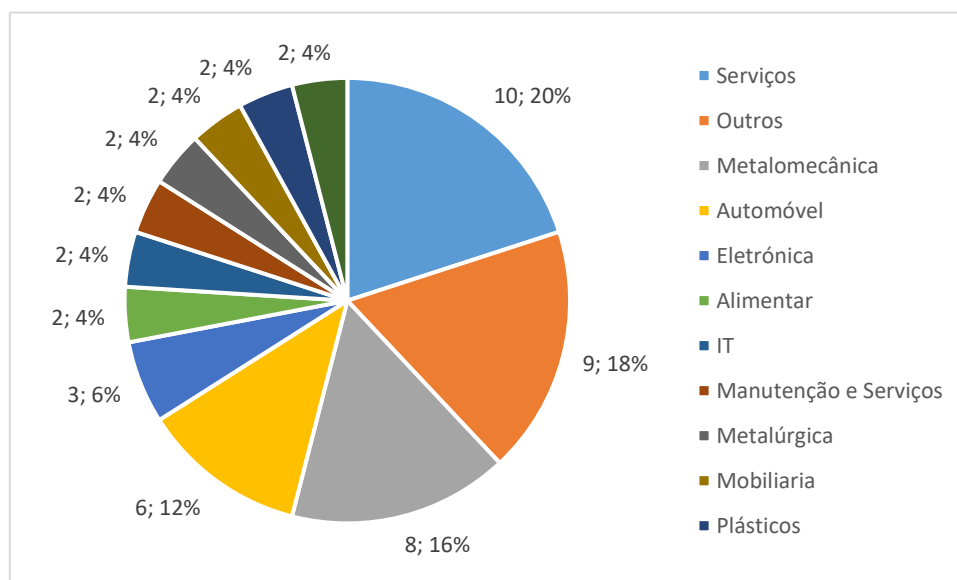


Figura 6 - Ramo Industrial das Empresas inquiridas (por n.º de respostas e % do total)

Das respostas obtidas pelas empresas participantes nesta investigação é possível destacar que, do total das respostas relativamente ao tipo de negócio praticado, apenas

20% das respostas obtidas são empresas que não operam num sector industrial, operando no setor Serviços.

### 3.3.1.2 LOCALIZAÇÃO DAS EMPRESAS

Quanto à localização, as empresas do Norte de Portugal foram as que mais participaram neste estudo.

Conforme é possível verificar pela Figura 7 estas empresas representam 72 % do total de respostas obtidas. As empresas localizadas no centro representam cerca de 20% e as do Sul representam 8% do total inquirido. Infelizmente não foi obtida nenhuma resposta de uma empresa com a sua sede nas Ilhas.

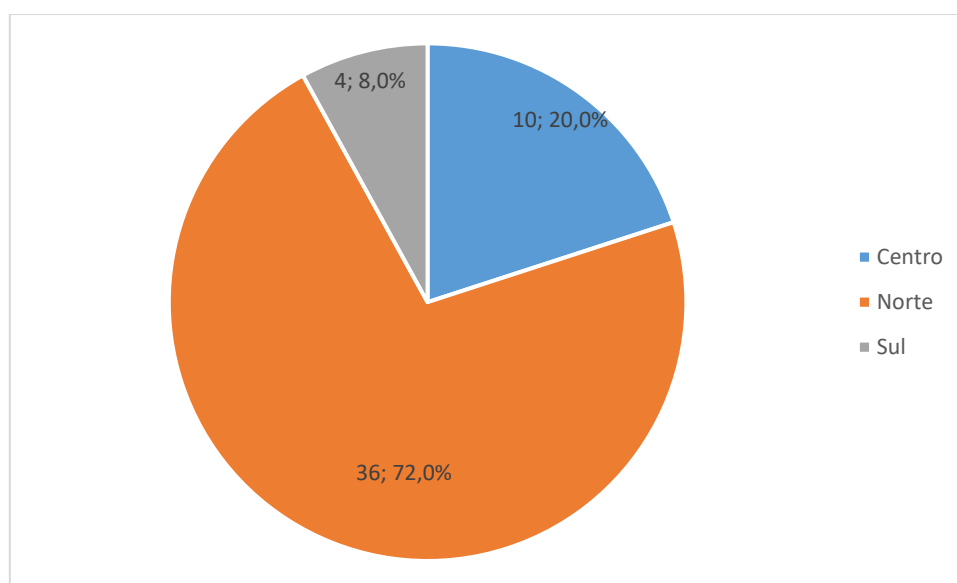


Figura 7 - Localização das Empresas inquiridas (por n.º de respostas e % do total)

### 3.3.1.3 TAMANHO DA EMPRESA EM NÚMERO DE COLABORADORES

Segundo a Figura 8, mais de 75% das empresas empregam um número de funcionários superior a 50. As empresas que empregam mais de 200 funcionários representam cerca de 50% do universo de empresas que colaboradoras, sendo que no seu total, 30% das empresas que participaram na investigação empregam mais de 500

funcionários. As empresas que ultrapassam os 1000 colaboradores representam 10% das inquiridas.

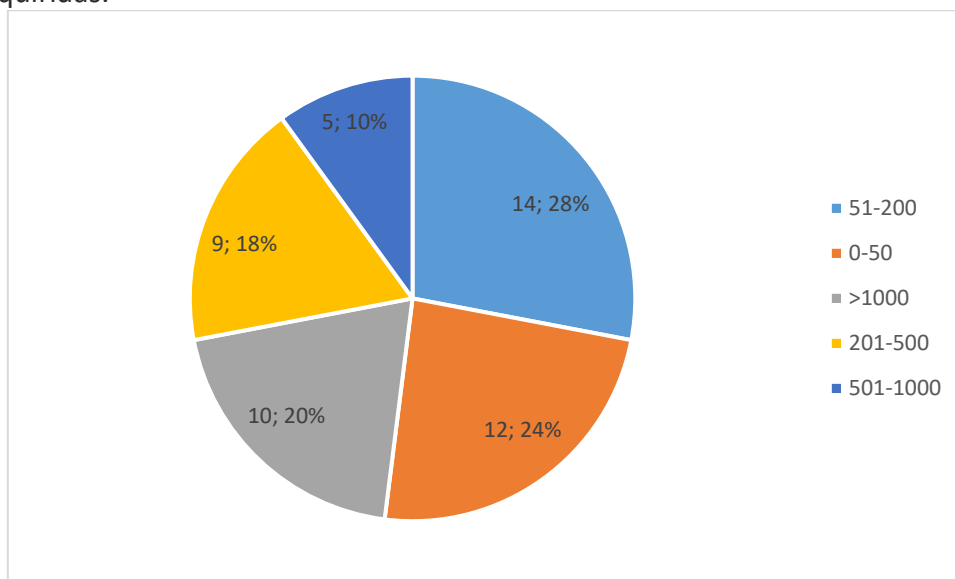


Figura 8 - Tamanho da Empresa em número de funcionários (por n.º de respostas e % do total)

### 3.3.1.4 VOLUME DE NEGÓCIOS DA EMPRESA

Conforme é possível verificar na Figura 9, cerca de 78% das empresas participantes no inquérito teve, em 2019, um volume de negócios superior a 1 milhões de Euros, dos quais 60% ultrapassaram os 5 milhões de Euros.

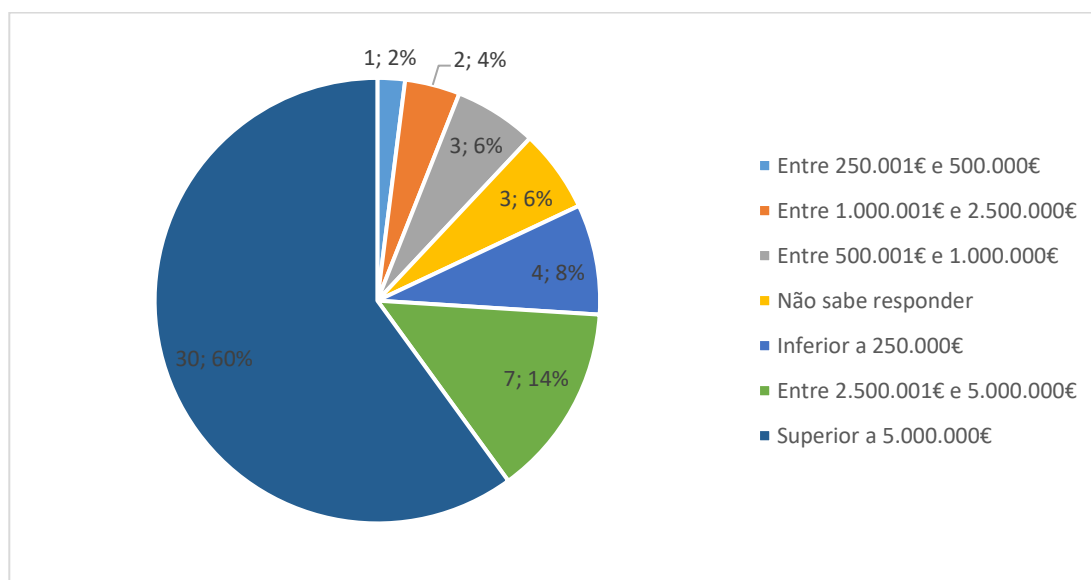


Figura 9 - Volume de negócios da Empresa em 2019 (por n.º de respostas e % do total)

De assinalar que dos participantes do estudo 6% (três respostas) não sabiam responder à pergunta anterior.

### 3.3.1.5 CARGO DESEMPENHADO NA EMPRESA

Relativamente ao cargo desempenhado na empresa pela pessoa inquirida, 30% dos inquiridos possuem cargos de Administração, conforme representado graficamente na Figura 10 é possível constatar que os cargos esses cargos são seguidos proximamente pelos Proprietários que representam 20% dos inquiridos e Gestor de Operações com 18%. De referir que, os cargos de Gestor Lean e Gestor i4.0 apenas representam individualmente 2% e 4% dos inquiridos respetivamente, sendo as restantes respostas de Técnicos Seniores, Técnico de IT, Comerciais, Gestores de Projeto e de Marketing.

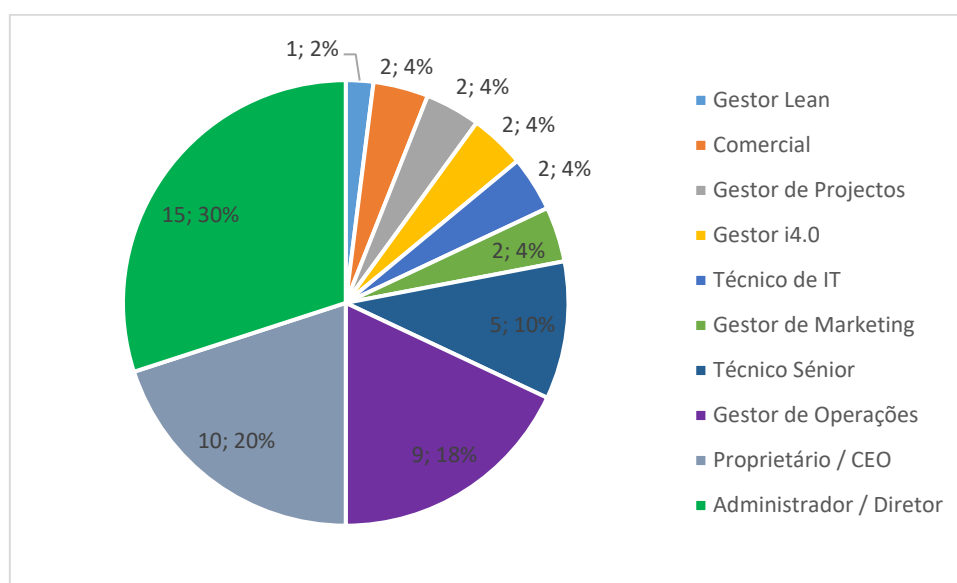


Figura 10 - Distribuição por cargo ocupado na Empresa (por n.º de respostas e % do total)

## 3.3.2 INDÚSTRIA 4.0

### 3.3.2.1 CONTRIBUIÇÃO DOS INVESTIMENTOS NAS FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0

Das 50 empresas inquiridas, uma elevada percentagem (60%) considera que as ferramentas da Indústria 4.0 terão um contributo na melhoria da Produção como é possível observar na Figura 11, sendo que menos de um quarto (22%) considera que poderá ter contributo nos IT. Será de salientar também que apesar 18% dos inquiridos

considerar que o impacto será em todos os sectores, 10% dos inquiridos afirmarem que não terá qualquer impacto na sua organização.

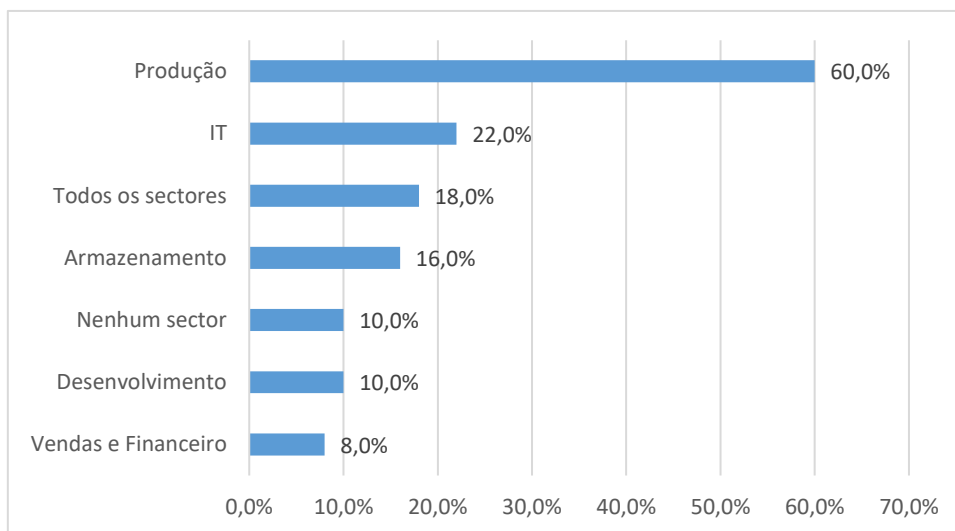


Figura 11 - Contribuição dos investimentos nas ferramentas da Indústria 4.0

### 3.3.2.2 APLICAÇÃO DE IT NA GESTÃO DE DIFERENTES PROCESSOS

A aplicação de IT na gestão de diferentes processos nas empresas inquiridas é elevada. Como é visível na Figura 12, mais de 68% das empresas usa ferramentas IT no Planeamento da Produção, Gestão da Qualidade, Contabilidade e Finanças e nas Compras e Gestão de Inventário, tendo esta ultima a maior taxa de utilização (82%), sendo os processos onde menos são aplicadas o Após Venda (34%) e a Gestão Energética (26%).

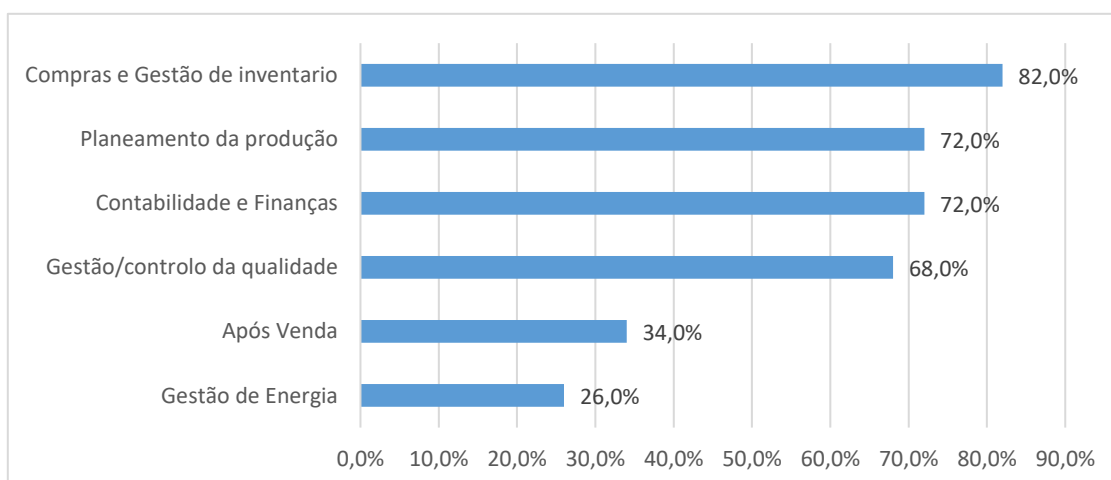


Figura 12 - Aplicação de IT

### 3.3.2.3 POTENCIAIS BENEFÍCIOS

Ao dar a escolher os maiores benefícios da aplicação da Indústria 4.0, o Aumento de agilidade com 76% foi escolhido como principal benefício, seguido por perto com 64% das empresas a considerar que Melhoria dos Serviços e a Redução dos Custos como o segundo maior benefício. É pertinente referir que apesar de vários participantes considerarem mais que um benefício, apenas uma consideração que a Indústria 4.0 não traria qualquer melhoria para a sua organização. Os resultados apresentados acima, assim como outros encontram-se patentes na Figura 13.

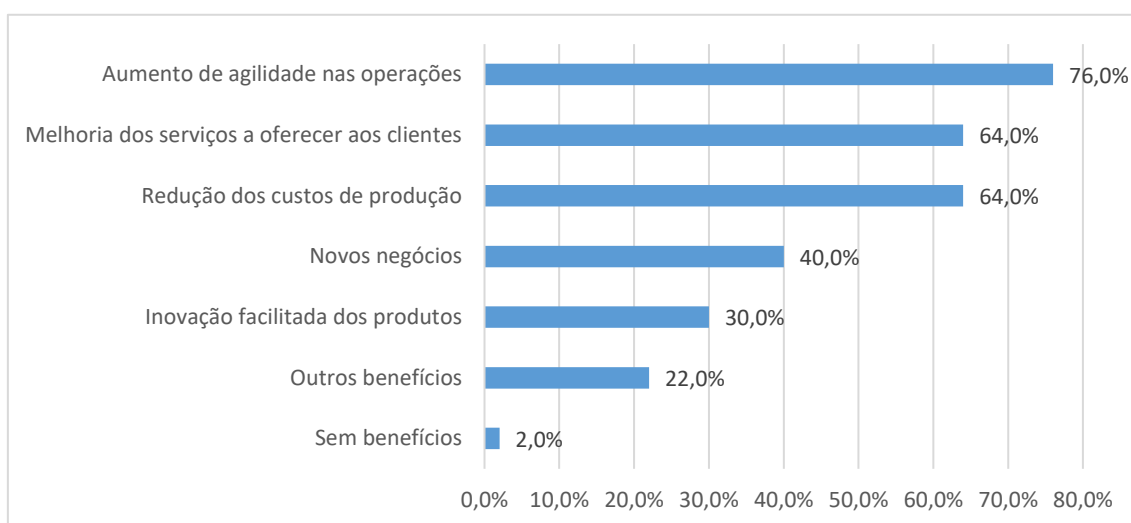


Figura 13 - Potenciais benefícios da indústria 4.0

### 3.3.2.4 POSSÍVEIS OBSTÁCULOS

No sentido contrário, ao questionar as empresas sobre quais os potenciais obstáculos à implementação da Indústria 4.0 podemos observar que o grande foco se encontra nos possíveis elevados investimentos temporais e de fundos, sendo as opções em que mais de 60% das empresas se focaram. A dificuldade de acesso a colaboradores com conhecimentos necessários para aplicar as mudanças implícitas na digitalização dos processos preocupa quase metade dos inquiridos. É de salientar que das empresas participantes apenas uma considera indefinida a aplicabilidade dos conceitos I4.0. Os resultados apresentados acima, assim como outros encontram-se patentes na Figura 14.

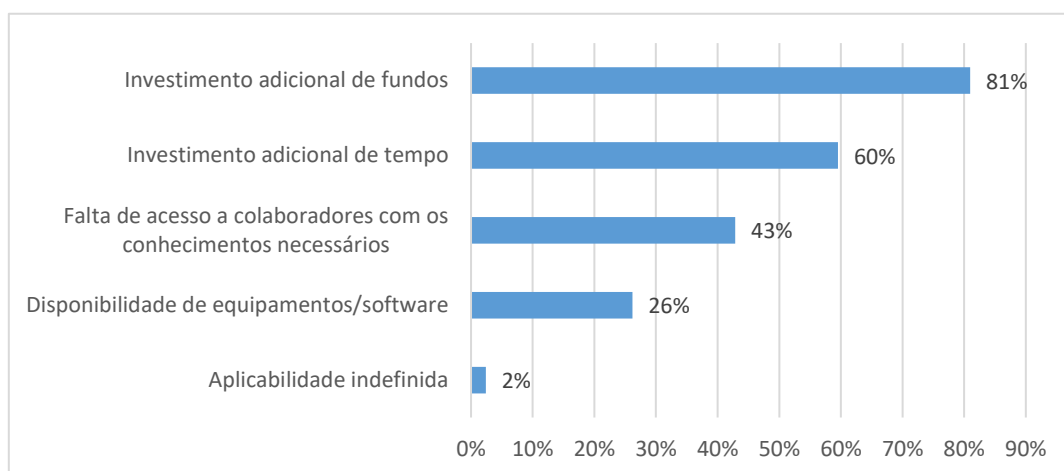


Figura 14 - Potenciais obstáculos da indústria 4.0

### 3.3.2.5 JANELA TEMPORAL POSSÍVEL DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Na Figura 15 é possível observar que das 50 empresas inquiridas 11 já tem conceitos da Indústria 4.0 implementados, 26% das empresas tem previsão de implementação para um futuro próximo, até 24 meses, sendo que quase um terço das organizações não possuem de momento planos para uma implementação futura.

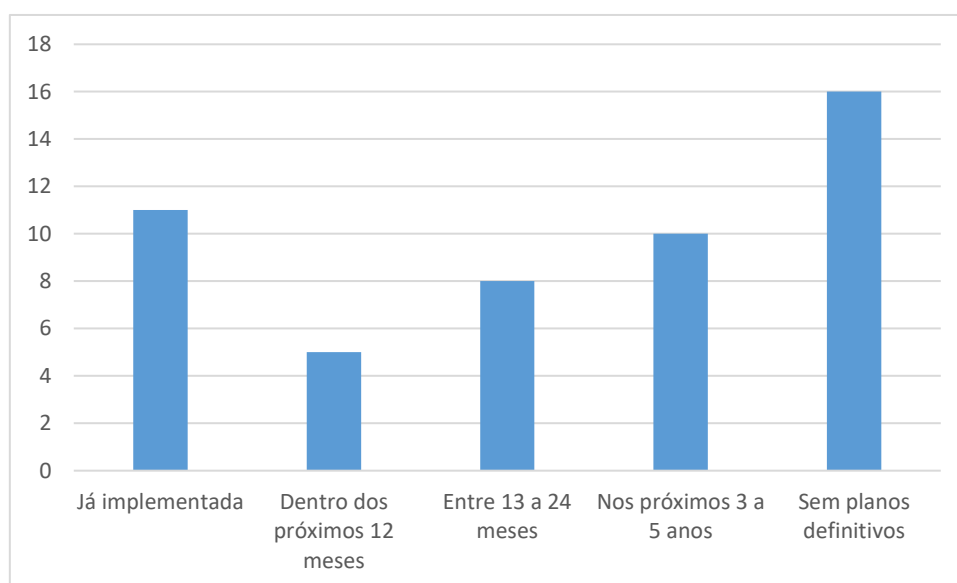


Figura 15 - Janela temporal possível de implementação da Indústria 4.0

### 3.3.2.6 OS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

Ao estudar o tema desta investigação torna-se pertinente analisar o nível de utilização dos seus principais pilares previamente apresentados no capítulo anterior.

Desta forma a Figura 16 representa a distribuição da utilização da das ferramentas integradas nos Pilares da Indústria 4.0

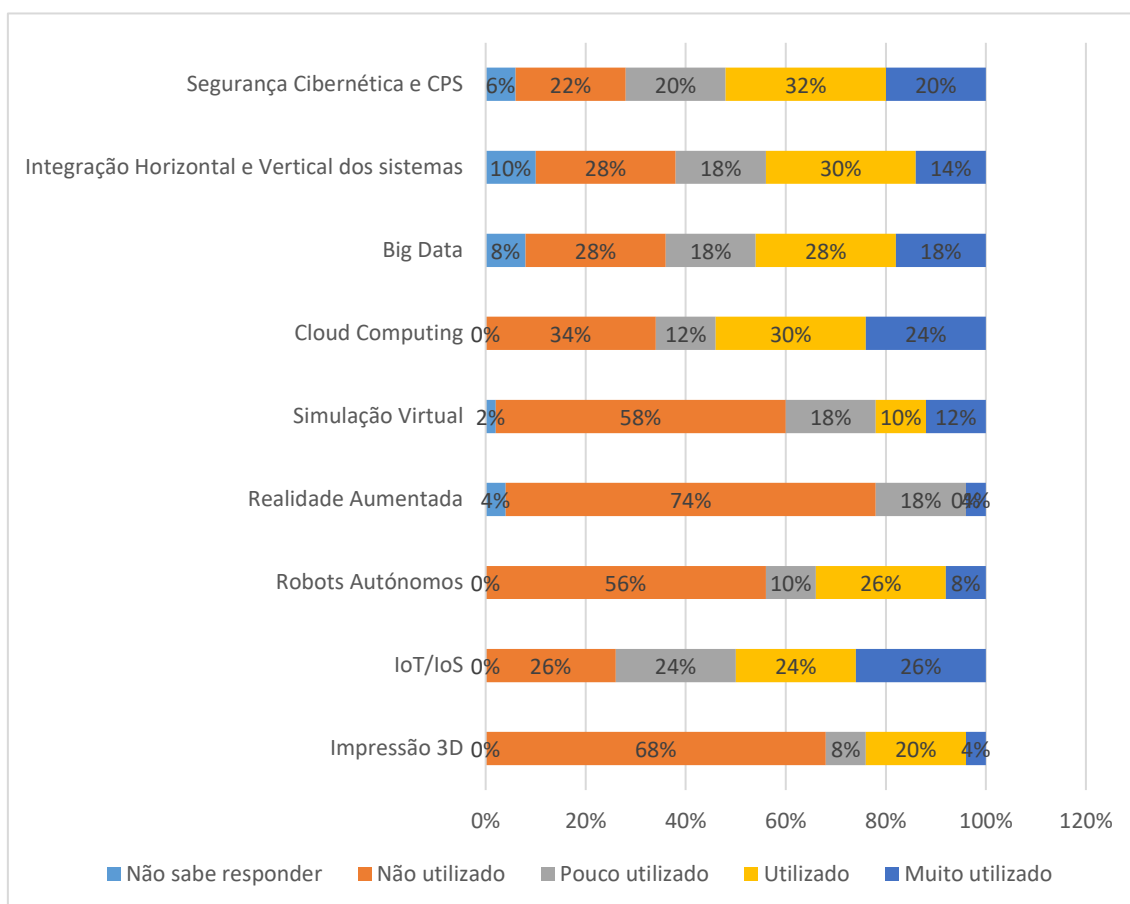


Figura 16 - Nível de utilização das ferramentas dos Pilares da Indústria 4.0

Analisando o gráfico acima é possível observar os pilares Realidade Aumentada, Impressão 3D, Robots Autónomos e Simulação Virtual, são os menos utilizados nas empresas participantes do estudo, com percentagens de não utilização de 74%, 68%, 58% e 56% respetivamente.

No sentido inverso é observável que a IoT/loS (26%), o Cloud Computing (24%), a Segurança Cibernética (20%) têm as maiores percentagens de utilização elevada. Tendo a IoT/loS e a Segurança Cibernética taxas de utilização superiores a 72%.

No mesmo está patente também que a Integração Horizontal e vertical de sistemas é o pilar que os inquiridos mais desconhecem.

### 3.3.2.7 NÍVEL DE PERCEÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Quando convidadas a autoavaliar o seu nível de perceção acerca do tema deste trabalho é de notar que mais de 50% das empresas inquiridas assume ter um nível Médio/Acima da Média. Sendo que apenas uma empresa considera ter um nível elevado. (Figura 17)

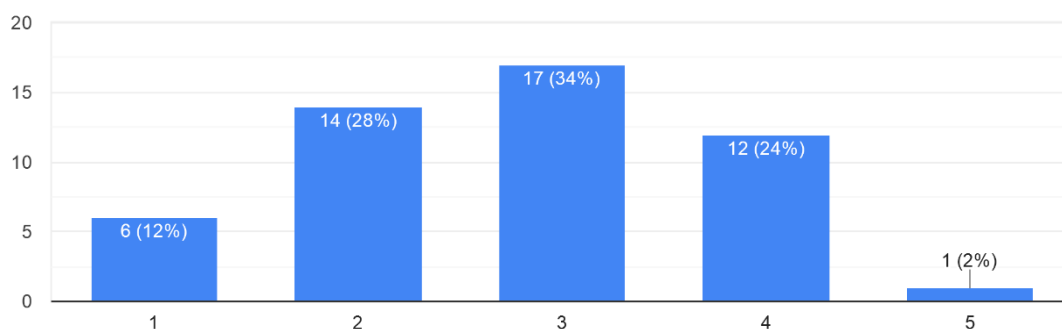


Figura 17 - Nível de Perceção da Indústria 4.0

Estes resultados serão parte fulcral do estudo a realizar na discussão de resultados.

### 3.3.3 ESTRATÉGIA E LIDERANÇA

De forma a determinar o nível de comprometimento da gestão com a implementação de novas ferramentas e metodologias foram elaboradas as questões presentes na Figura 18.

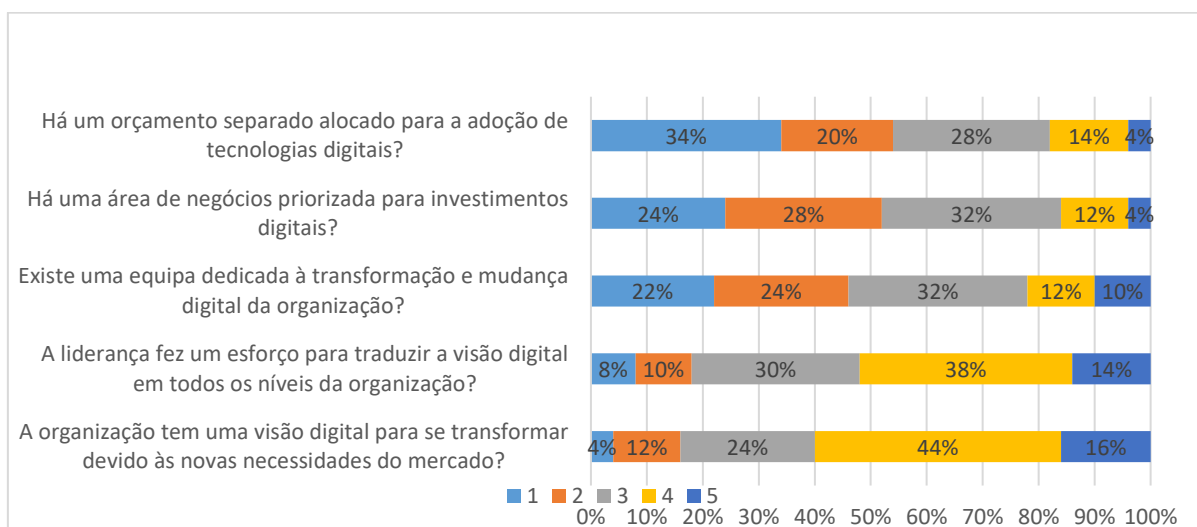


Figura 18 – Resumo da Estratégia e liderança

Na mesma é possível observar que a alocação orçamental e a priorização nos investimentos digitais possuem os níveis mais baixos (34% e 24% respetivamente) nas empresas participantes seguidas pela alocação de recursos humanos (22%).

A visão digital e o esforço para a implementar são as categorias onde a liderança das empresas estudadas estão com um nível mais elevado, estando as duas componentes com um nível acima da média em mais de 52% dos casos observados.

### 3.3.4 EXPERIÊNCIA DO CLIENTE

Auscultámos também as organizações acerca da Experiência do Cliente. Os resultados dessa análise estão presentes na Figura 19.

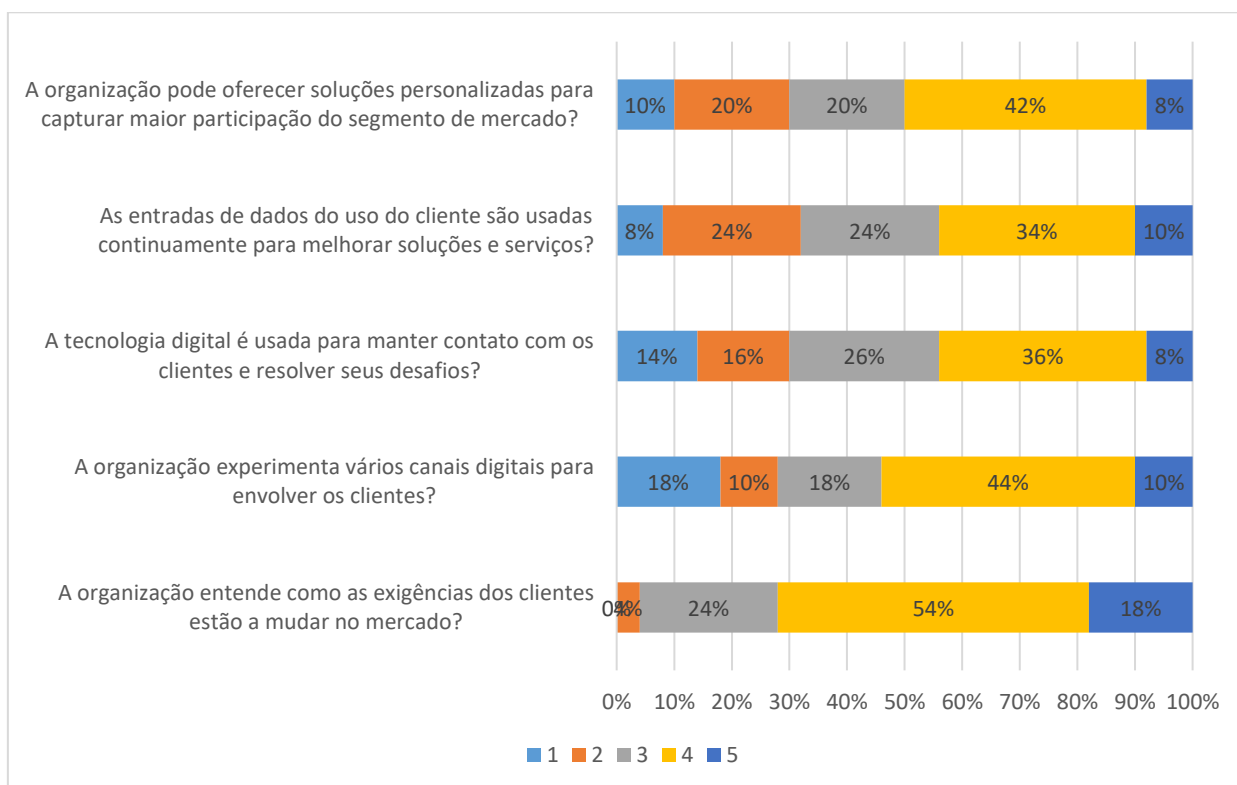


Figura 19 – Resumo da Experiência do Cliente

Analisando o gráfico acima é patente que as empresas estudadas têm uma preocupação com a experiência do cliente acima da média, sendo o impacto das exigências do cliente no mercado o ponto mais valorizado pelas mesmas, tendo sido assim valorizados num nível alto e muito alto por 72% das empresas.

Em sentido contrário é possível observar que cerca de 32% das empresas ainda atinge um nível baixo na utilização dos dados fornecidos pelos clientes para melhorar os seus processos.

### 3.3.5 OPERAÇÕES

Quanto às operações as empresas participantes foram questionadas acerca dos seus níveis de automação e digitalização das mesmas, sobre os seus KPIs (*Key Performance Indicators*) e as suas plataformas digitais.

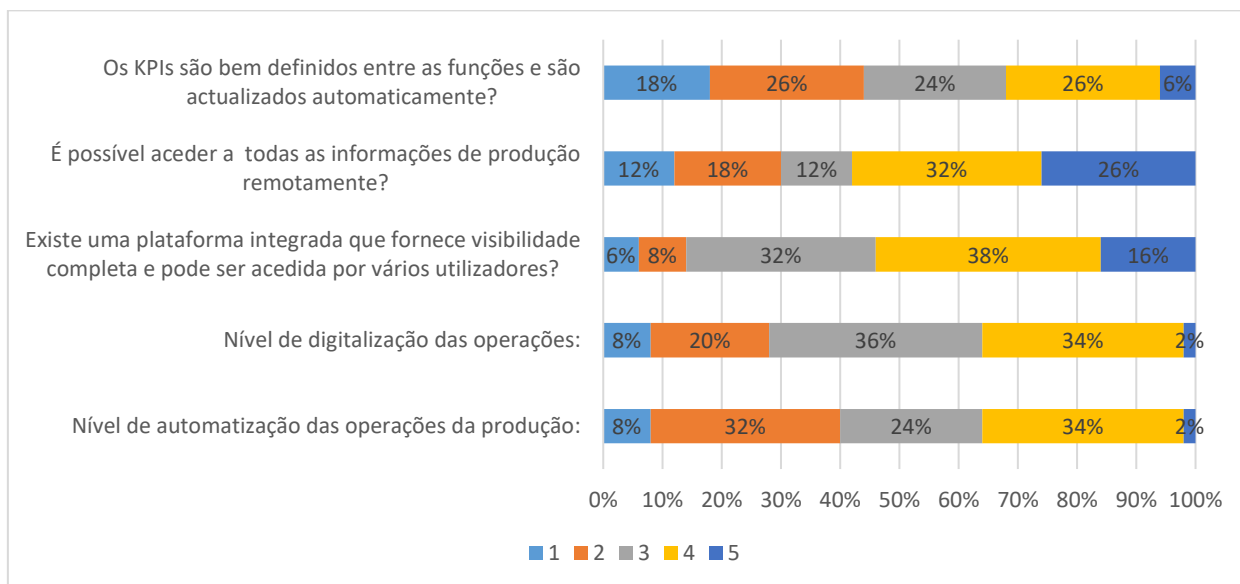


Figura 20 – Resumo de Operações

Analisando a Figura 20, é patente que a maioria das empresas inquiridas possui um nível de automação e digitalização Médio/Alto.

Onde as empresas encontram maior dificuldade é na definição e atualização dos KPIs.

É patente também que a grande maioria das empresas auscultadas possui uma plataforma integrada. Essa questão será ainda mais visível no ponto seguinte.

#### 3.3.5.1 FERRAMENTAS IT

Auscultamos também as organizações acerca dos Sistemas de Informação Organizacionais que disponham atualmente. A grande maioria possui um sistema de gestão empresarial (ERP), como também um controlo de gestão de relações (CRM), de aquisição de dados de produção (RFID) e gestão de armazéns (WMS) Sendo que 2 das empresas também possuem um software da gestão de transportes (TMS). As restantes respostas foram agrupadas na categoria Outros.

A Figura 21 representa graficamente a utilização dos software pelas empresas participantes nesta investigação descritas acima.

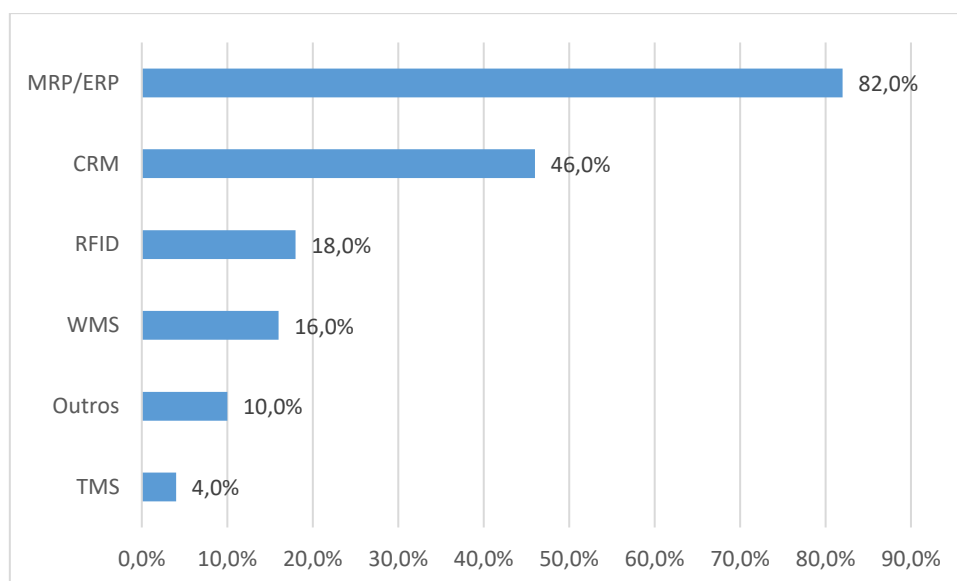


Figura 21 - Ferramentas IT utilizadas

Com base nos resultados obtidos acima foi possível determinar o número de software utilizados pelas empresas participantes. Como se pode observar na Figura 22, 80% das empresas apenas usa um ou dois software diferentes, sendo que apenas 3 das empresas inquiridas usa 4 software diferentes ao longo da sua cadeia de valor.

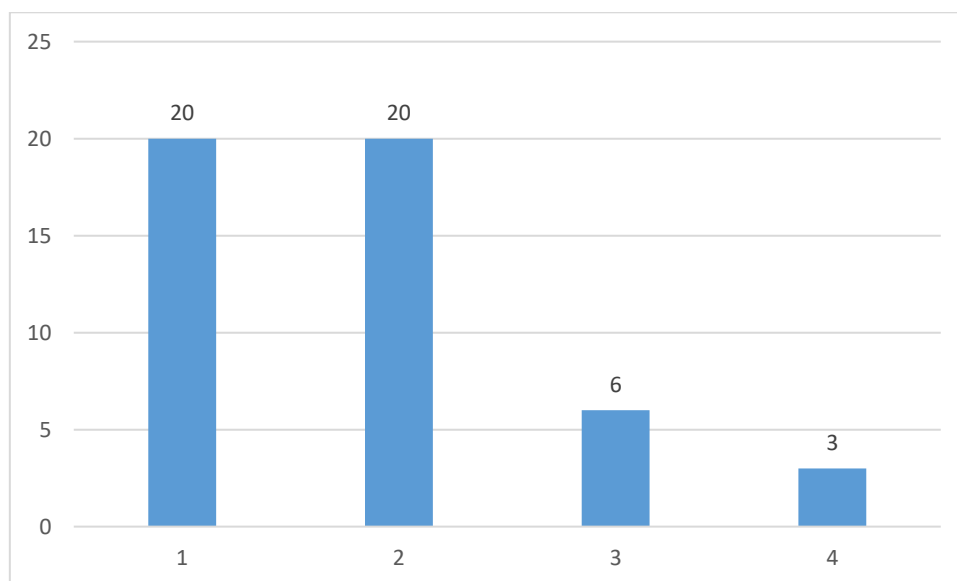


Figura 22 – Número de software utilizados

### 3.3.6 PRODUTOS E INOVAÇÕES

De forma a avaliar o nível comprometimento com o desenvolvimento e inovação de produtos foram desenvolvidas as questões apresentadas na Figura 23.

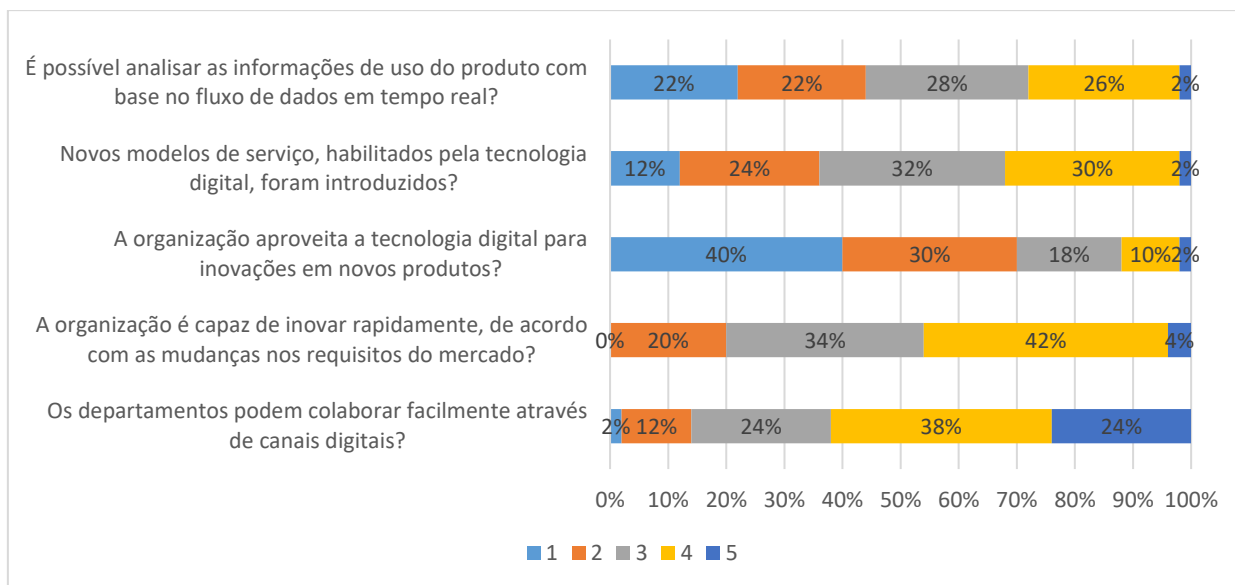


Figura 23 – Resumo de Produtos e Inovações

Na mesma, é observável que apesar de uma grande percentagem das organizações participantes conseguirem colaborar facilmente entre departamentos, essa colaboração não se traduz em aproveitamento das tecnologias para inovar os produtos.

Apesar disso as organizações têm um nível Médio/Alto de análise e inovação de acordo com as mudanças do mercado. Sendo que o nível de implementação de novos modelos de serviço também possui um nível semelhante.

### 3.3.7 RECURSOS HUMANOS

Por fim as empresas foram convidadas a responder a questões sobre a digitalização dos seus processos de gestão de Recursos Humanos. Essas questões são visíveis abaixo na Figura 24.

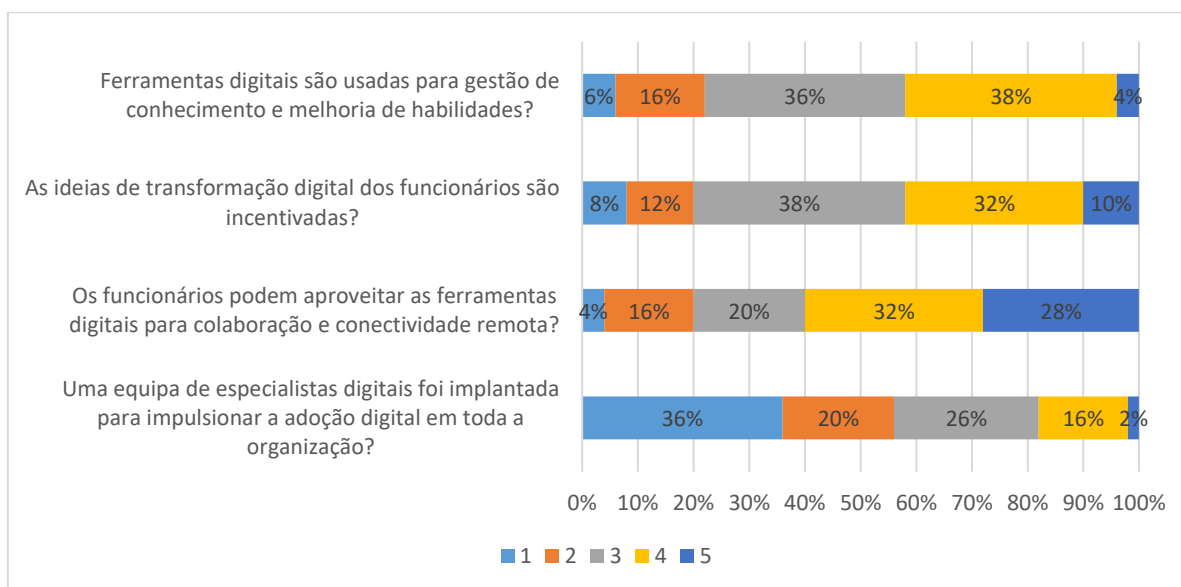


Figura 24 – Resumo de Recursos Humanos

Após análise dos dados acima é possível determinar que apesar a grande maioria das empresas não possuir uma equipa dedicada para fomentar a digitalização da organização, esse facto é colmatado com um nível Médio/Alto de incentivo à partilha de ideias por parte dos seus colaboradores. Incentivos esses que apoiados de forma Média/Alta por ferramentas de gestão de habilidades e conectividade remota.

### 3.4 DISCUSSÃO DOS DADOS OBTIDOS

Procederemos então à análise e discussão dos resultados obtidos após a conclusão do inquérito.

#### 3.4.1 GRAU DE MATURIDADE

O grau de conhecimento de uma entidade relativamente ao conceito I4.0 significa, em termos práticos, verificar se determinada entidade está bem ou menos bem preparada para o impacto da 4ª revolução industrial. A avaliação desse mesmo grau será calculada com base em indicadores obtidos dos resultados acima. Assim, será possível com maior facilidade e linearidade proceder a uma análise comparativa dos resultados. O conceito da implementação da I4.0 será medido de acordo com 5 dimensões vistas anteriormente: 1 – Estratégia e Liderança; 2 – Experiência do Cliente; 3 – Operações; 4 – Produtos e desenvolvimento, e; 5 – Recursos Humanos;

Para o cálculo do grau de conhecimento, de acordo com as 5 dimensões acima identificadas, procedeu-se a categorização das respetivas questões.

Analisando os dados obtidos anteriormente, onde é fornecida uma visão agregada das respostas de cada uma das organizações por cada uma das 5 dimensões pretendidas de ser estudadas no conceito I4.0. A agregação dos resultados, procurando fornecer um valor possível de enquadrar o grau de maturidade médio da amostra face a cada uma das dimensões estudadas ao fenómeno da digitalização industrial. Deste modo, e segundo Christian Leyh (Ranjan et al., 2010), a avaliação da maturidade na indústria 4.0 vai até cinco níveis desde o básico até à integração completa e otimizada da digitalização das organizações.

O resultado do cálculo da maturidade de conhecimento e implementação variou nas opções de um até cinco.

Foi então determinada a média ponderada com base no somatório das respostas de cada questão por dimensões, posteriormente foi calculada a média de todas as questões para cada dimensão estudada e finalmente foi feita a média de todas as dimensões. Para aumentar a precisão da classificação dos níveis de maturidade, foram adotadas faixas de valores com precisão de 2 casas decimais de forma a determinar os respetivos níveis, tornando assim mais clara a avaliação do seu nível de maturidade.

Após determinar a média para cada dimensão e a média total, é possível classificar individualmente cada dimensão, e fazer uma classificação geral. Por exemplo, supondo que a média de uma determinada dimensão teria como resultado 3.33, esta estaria no nível de digitalização implementada (entre 2 e 3) como podemos ver na Tabela 5. Os cálculos deste estudo podem ser analisados no Anexo 2.

Tabela 5 - Avaliação de níveis de Percepção/maturidade (Freitas, 2019)

Valor da maturidade	Níveis
Menor que 2	1 Inicial
Maior que 2 e menor que 3	2 Integral
Maior que 3 e menor que 4	3 Digitalização implementada
Maior que 4 e menor que 5	4 Digitalização completa
Igual a 5	5 Digitalização otimizada

Resumindo, como o questionário foi adotado uma análise maioritariamente quantitativa e representado a análise de forma qualitativa, com esta abordagem é possível especificar a maturidade de cada dimensão dos conceitos estudados.

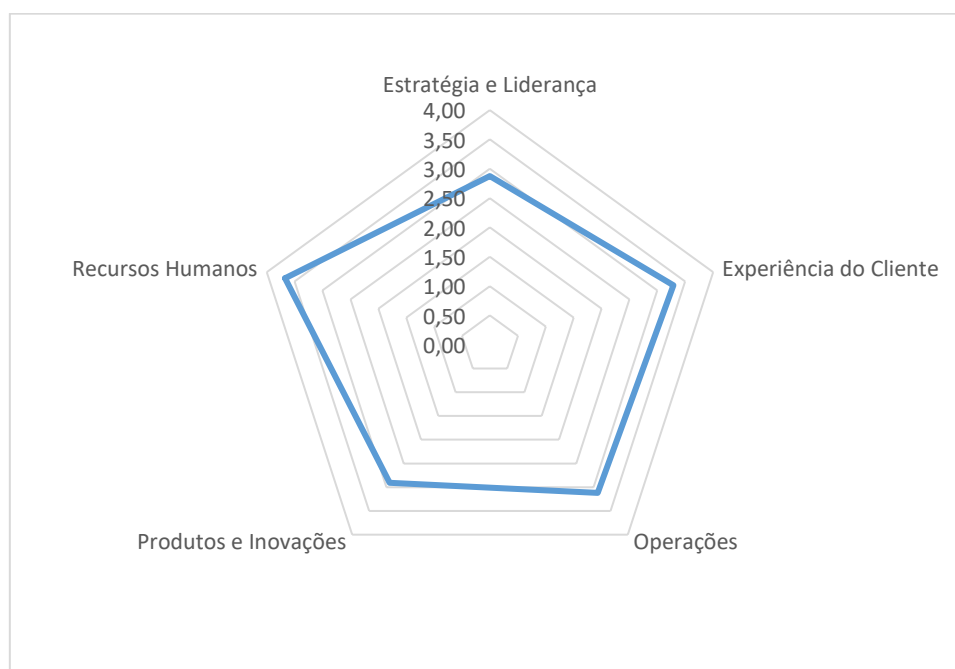


Figura 25 – Média final em cada dimensão

Na Figura 25 é visível a distribuição das dimensões estudadas pela sua maturidade. É observável que nas empresas inquiridas o foco nos Recursos Humanos seguido por perto pela Experiência do cliente, tendo atingido o valor mais elevado no nível da digitalização implementada onde também se encontra a dimensão Operações.

No nível integral podemos então encontrar as dimensões focadas nos Produtos e Inovações e Estratégia e Liderança.

É de notar que o valor médio da questão onde as empresas autoavaliavam a sua perceção colocaria as mesmas no nível de integração (2,76) mas após a análise anterior é possível ver que na realidade a amostra encontra-se no nível de digitalização implementada (3,15) mesmo quando acrescentada à média das dimensões anteriores a média dos valores de conhecimento sobre os Pilares 4.0. Esses cálculos estão visíveis no Anexo 2.

### 3.4.2 FATORES IMPORTANTES PARA A DETERMINAÇÃO DA PERCEÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Nesta secção será analisado se existem diferenças entre os vários fatores determinantes para a determinação do nível de maturidade da Indústria 4.0 dentro dos níveis autoavaliados pelas empresas inquiridas.

#### 3.4.2.1 ÍNDICE DE PERCEÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Como visto anteriormente na questão 15 foi solicitado aos participantes que avaliassem o seu nível de perceção sobre a Indústria 4.0, com a seguinte escala de importância:

- 1 – Muito baixo;
- 2 – Baixo;
- 3 – Médio;
- 4 – Alto;
- 5 – Muito alto.

Obtendo os resultados na Tabela 6 abaixo.

Tabela 6 - Frequência da questão 15

	Frequência	Percentagem	Percentagem Valida
Valido	1	6	12,0
	2	14	28,0
	3	17	34,0
	4	12	24,0
	5	1	2,0
	Total	50	100,0

Para efeitos do tratamento estatístico e conveniência de escalonamento, segundo a Tabela 7 agregou-se as classificações anteriores em apenas três classes, onde a classe 1 representa as empresas que possuem um nível baixo de perceção, a classe 2 as empresas participantes com um num nível médio e a classe 3 as de nível alto. Assim

sendo foram obtidas novas frequências para as classes criadas. As mesmas estão patentes na Tabela 8

Tabela 7 - Classificação da importância

Classe de Importância		Descrição
1	Média $\leq 2$	Baixo
2	Média =3	Médio
3	Média $\geq 4$	Alto

Tabela 8 - Índice de percepção de maturidade da Indústria 4.0

		Frequência	Percentagem	Percentagem Valida
Valido	Baixo	20	40,0	40,0
	Médio	17	34,0	34,0
	Alto	13	26,0	26,0
	Total	50	100,0	100,0

Este índice será usado como o fator de comparação de médias da ANOVA unidirecional a realizar na análise seguinte.

### 3.4.2.2 ANÁLISE FATORIAL

Na Tabela 9, estão patentes as questões a analisar neste estudo, divididas pelos seus blocos com a sequencia apresentada no questionário. Na mesma é possível observar:

- Bloco 3 - Estratégia e Liderança (5 questões)
- Bloco 4 - Experiência do Cliente (5 questões)
- Bloco 5 – Operações (5 questões)
- Bloco 6 - Produtos e Inovações (5 questões)
- Bloco 7 - Recursos humanos (4 questões)

Tabela 9 - Blocos de Questões a analisar

<b>Bloco 3 - Estratégia e Liderança</b>	
Q16	A organização tem uma visão digital para se transformar devido às novas necessidades do mercado?
Q17	A liderança fez um esforço para traduzir a visão digital em todos os níveis da organização?
Q18	Existe uma equipa dedicada à transformação e mudança digital da organização?
Q19	Há uma área de negócios prioritizada para investimentos digitais?

---

Q20 Há um orçamento separado alocado para a adoção de tecnologias digitais?

---

#### **Bloco 4 - Experiência do Cliente**

---

Q21 A organização entende como as exigências dos clientes estão a mudar no mercado?

---

Q22 A organização experimenta vários canais digitais para envolver os clientes?

---

Q23 A tecnologia digital é usada para manter contato com os clientes e resolver seus desafios?

---

Q24 As entradas de dados do uso do cliente são usadas continuamente para melhorar soluções e serviços?

---

Q25 A organização pode oferecer soluções personalizadas para capturar maior participação do segmento de mercado?

---

#### **Bloco 5 - Operações**

---

Q26 Nível de automatização das operações da produção:

---

Q27 Nível de digitalização das operações:

---

Q29 Existe uma plataforma integrada que fornece visibilidade completa e pode ser acessada por vários utilizadores?

---

Q30 É possível aceder a todas as informações de produção remotamente?

---

Q31 Os KPIs são bem definidos entre as funções e são atualizados automaticamente?

---

#### **Bloco 6 - Produtos e Inovações**

---

Q32 Os departamentos podem colaborar facilmente através de canais digitais?

---

Q33 A organização é capaz de inovar rapidamente, de acordo com as mudanças nos requisitos do mercado?

---

Q34 A organização aproveita a tecnologia digital para inovações em novos produtos (impressão 3D, Realidade Aumentada)?

---

Q35 Novos modelos de serviço, habilitados pela tecnologia digital, foram introduzidos?

---

Q36 É possível analisar as informações de uso do produto com base no fluxo de dados em tempo real?

---

#### **Bloco 7 - Recursos humanos**

---

Q37 Uma equipa de especialistas digitais foi implantada para impulsionar a adoção digital em toda a organização?

---

Q38 Os funcionários podem aproveitar as ferramentas digitais para colaboração e conectividade remota?

---

Q39 As ideias de transformação digital dos funcionários são incentivadas?

---

Q40 Ferramentas digitais são usadas para gestão de conhecimento e melhoria de habilidades?

---

Para poder determinar os fatores mais importantes de cada bloco de questão teremos de proceder à Análise Fatorial, sendo que o seu procedimento assume que as variáveis medidas são quantitativas o que não é o caso das variáveis dos itens de tipo

Likert de 5 pontos (escala ordinal), onde se aplicaria coeficiente de Spearman. Estudos mostram que para escalas de mais de 5 pontos as diferenças observadas são muito pequenas. No entanto, para escalas menores do que 5 pontos, vários autores questionam a validade dos resultados obtidos quando usada uma escala ordinal. Assim sendo, como os 5 pontos estão no limite, a AF deverá ser feita às ordens das variáveis e não nas variáveis originais, transformando as variáveis ordinais em quantitativas, podendo então ser possível realizar as correlações de Pearson. Para isso foi feita a transformação das variáveis ordinais em variáveis quantitativas. Com estas variáveis faremos então a análise fatorial.

### 3.4.2.2.1 ANÁLISE FATORIAL DO BLOCO 3 – ESTRATÉGIA E LIDERANÇA

Como visto anteriormente, este Bloco possui 5 perguntas e pretende analisar Estratégia e Liderança das empresas no que toca a que toca à visão para a implementação de novas ferramentas e alocação de recursos para as mesmas.

Baseada na classificação média de cada uma das 5 questões, foi gerada a tabela das estatísticas descritivas, disponível na Tabela 10.

Tabela 10 - Estatística descritiva das questões sobre Estratégia e Liderança

		Q16	Q17	Q18	Q19	Q20
N	Validos	50	50	50	50	50
	Missing	0	0	0	0	0
Média		3,56	3,40	2,64	2,44	2,34
Desvio Padrão		1,033	1,107	1,241	1,110	1,206

Após proceder à transformação das variáveis em variáveis quantitativas podemos observar na Tabela 10, a matriz de correlações entre as cinco variáveis. A matriz de correlações mede a associação linear entre variáveis, através do coeficiente de correlação de Pearson. Para a aplicação do modelo fatorial é necessária a existência de correlação entre as diferentes variáveis. Segundo Pestana e Gageiro (2008), as correlações significativas com um nível de significância de 5%, devem ter uma probabilidade inferior a  $(0,05 / n.^{\circ} \text{ correlações})$ . As cinco variáveis geraram um total de 10 correlações  $[(5 \times 5 - 5) / 2]$ , onde  $5 \times 5$  dá o número de elementos da matriz das correlações, reduzindo os 5 elementos da diagonal (variâncias) e dividindo o total anterior por 2, uma vez que a matriz é simétrica. Deste modo as correlações significativas tem associada uma probabilidade inferior a  $0,05 / 10 = 0,005$ , devendo ser rejeitadas todas as correlações com um valor superior. Conforme é possível ver na matriz de correlações, todas as variáveis têm uma correlação significativa entre si, uma vez que, segundo a Tabela 11, todas elas apresentam um nível de significância inferior a 0,005.

A parte superior da matriz de correlações apresenta os coeficientes de correlação de *Pearson* entre as variáveis e a parte inferior apresenta os *p-value* para as hipóteses  $H_0: p = 0$  vs.  $H_1: p > 0$ .

Tabela 11 - Matriz de correlações das questões de Estratégia e Liderança

	Rank of Q16	Rank of Q17	Rank of Q18	Rank of Q19	Rank of Q20
Correlação	Rank of Q16				
	Rank of Q17	,766			
	Rank of Q18	,517	,556		
	Rank of Q19	,427	,503	,667	
	Rank of Q20	,412	,465	,560	,451
Sig. (1-tailed)	Rank of Q16		,000	,000	,001
	Rank of Q17	,000		,000	,000
	Rank of Q18	,000	,000		,000
	Rank of Q19	,001	,000	,000	
	Rank of Q20	,001	,000	,000	,001

Segundo Pestana e Gageiro (2008) é possível a utilização do indicador da força da relação das variáveis recorrendo-se aos coeficientes de correlação parciais. A medida Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) compara as correlações simples com as parciais observadas entre as variáveis. Um KMO próximo de 1 indica coeficientes de correlação parciais pequenos, enquanto próximo de zero indica que a análise fatorial não é a indicada, uma vez que a correlação entre as variáveis é fraca (Pestana & Gageiro, 2008). Segundo a Tabela 13 a medida KMO apresenta um valor de 0,779 (Média), colocando em evidência a adequação da amostragem à aplicação da técnica de análise fatorial de componentes principais.

Tabela 12 - Teste de KMO e Bartlett Estratégia e Liderança

KMO and Bartlett's Test		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem	,779	
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	109,490
	df	10
	Sig.	,000

A Tabela 12 indica que o teste de esfericidade de Bartlett tem associado um nível de significância inferior a 0,05 demonstrando deste modo, a correlação existente. O teste de esfericidade de Bartlett forneceu um resultado muito significativo ( $\chi^2 \approx 109,490$   $df=10$ , sig.  $<.000$ ), apresentando um p-value  $< 0.001$ , valor pelo qual rejeitamos  $H_0$ , concluindo que as variáveis estão correlacionadas significativamente. Os resultados obtidos concederam legitimidade à utilização do método para tratamento das correlações entre variáveis, ao mostrar que a matriz comporta correlações significativas entre as cinco variáveis.

Tabela 13 - Tabela KMO (Pestana &amp; Gageiro, 2008)

KMO	Análise fatorial
1 - 0,9	Muito boa
0,8 - 0,9	Boa
0,7 - 0,8	Média
0,6 - 0,7	Razoável
0,5 - 0,6	Má
< 0,5	Inaceitável

Segundo Pestana e Gageiro (2008) a proporção da variância de cada variável explicada pelas componentes principais designa-se por cumunalidade. As comunalidades são apresentadas antes e depois da extração do número desejado de fatores. A Tabela 14 apresenta as comunalidades, sendo está representada pela variância total explicada pelos fatores em cada variável. As comunalidades iniciais são iguais a 1 e, após a extração, variam entre 0 e 1, sendo mais próximas de 0 quando os fatores comuns explicam baixa ou nenhuma variância da variável, e 1 quando toda variância é explicada por todos os fatores (Pestana & Gageiro, 2008). É assim possível observar que as variáveis Q17, Q18 e Q19 possuem forte correlação com os fatores retidos, e a variável Q20 demonstra ser uma variável com menor importância, uma vez que explica perto de 0,50 da variância total, conforme demonstra a coluna Extração.

Tabela 14 - Comunalidades Estratégia e Liderança

	Comunalidades	
	Inicial	Extração
Rank of Q16	1,000	,631
Rank of Q17	1,000	,703
Rank of Q18	1,000	,701
Rank of Q19	1,000	,590
Rank of Q20	1,000	,514
Método de Extração: Análise de componente Principal.		

Dos vários critérios apresentados na literatura, o cálculo do índice de consistência interna, por meio do Alfa de Cronbach ( $\alpha$ ), é o método mais utilizado em estudos transversais - quando as medições são realizadas em apenas um único momento (Sijtsma, 2009). Segundo Maroco o índice  $\alpha$  estima quão uniformemente os itens contribuem para a soma não ponderada do instrumento, variando numa escala de 0 a 1. Esta propriedade é conhecida por consistência interna da escala, e assim, o Alfa de Cronbach pode ser interpretado como coeficiente médio de todas as estimativas de consistência interna que se obteriam se todas as divisões possíveis da escala fossem feitas (Maroco, 2007). Na Tabela 15 podemos observar que o valor de  $\alpha$  (0.851) é considerado bom segundo a Tabela 16.

Tabela 15 - Alfa de Cronbach Estratégia e Liderança

Estatísticas de confiabilidade	
Alfa de Cronbach	N of Itens
,851	5

Tabela 16 - Valores do Alfa de Cronbach (Pestana &amp; Gageiro, 2008)

Valor de Alfa	Consistência interna
≥0,91	Excelente
0,81 a 0,9	Boa
0,71 a 0,81	Aceitável
0,61 a 0,71	Questionável
0,51 a 0,61	Pobre
≤0,51	Inaceitável

A medida anti-imagem é uma medida da adequação amostral de cada variável para uso da análise fatorial, onde pequenos valores na diagonal levam a considerar a eliminação da variável (Pestana & Gageiro, 2008). Na diagonal da matriz anti-imagem, é possível encontrarem-se as medidas da adequação da amostra (MSA) e quanto maiores forem os seus valores, melhor é o resultado da análise fatorial. As medidas de adequação da amostragem, recolhidas na matriz Anti-imagem, mostram ainda que todas as variáveis devem ser incluídas na análise, situando-se acima de 0.5 e considerando a correlação adequada. Os valores fora da diagonal representam o simétrico da matriz das correlações e deverão ser pequenos para a aplicação do método das componentes principais (Pestana & Gageiro, 2008). Todos os valores da diagonal são superiores 0.5, tal como a Tabela 17 demonstra, não resultando a eliminação de qualquer variável da análise.

Tabela 17 - Matriz Anti-imagem Estratégia e Liderança

		Rank of Q16	Rank of Q17	Rank of Q18	Rank of Q19	Rank of Q20
Covariância Anti-imagem	Rank of Q16	,401	-,249	-,057	,011	-,017
	Rank of Q17	-,249	,361	-,039	-,070	-,063
	Rank of Q18	-,057	-,039	,432	-,230	-,164
	Rank of Q19	,011	-,070	-,230	,526	-,048
	Rank of Q20	-,017	-,063	-,164	-,048	,647
Correlação Anti-imagem	Rank of Q16	,728 <sup>a</sup>	-,655	-,137	,023	-,034
	Rank of Q17	-,655	,739 <sup>a</sup>	-,100	-,160	-,131
	Rank of Q18	-,137	-,100	,789 <sup>a</sup>	-,482	-,311
	Rank of Q19	,023	-,160	-,482	,803 <sup>a</sup>	-,082
	Rank of Q20	-,034	-,131	-,311	-,082	,881 <sup>a</sup>

a. Measures of Sampling Adequacy (MSA)

O critério de Kaiser escolhe o número de fatores a reter, tendo em conta o número de valores próprios superiores ao valor 1. Os valores próprios (*eigenvalues*) para cada fator, bem como os respetivos percentuais da variância explicada, são apresentados na Tabela 18. A tabela da variância total explicada mostra ainda, as estatísticas para cada fator antes e depois de ter sido efetuada a extração das componentes pelo método ACP. Estas estatísticas são iguais quando se usa o método de extração das componentes principais, conforme é possível ser verificado na tabela.

Tabela 18 -Variância total explicada Estratégia e Liderança

<b>Variância Total Explicada</b>						
Componentes	Eigenvalues Iniciais			Extração Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variância	Cumulativa %	Total	% of Variância	Cumulativa %
1	3,139	62,780	62,780	3,139	62,780	62,780
2	,759	15,173	77,953			
3	,563	11,261	89,213			
4	,313	6,269	95,482			
5	,226	4,518	100,000			

Método de Extração: Análise de componentes Principal

Tendo em conta a regra de retenção de fatores com valores superior a 1, foi retido 1 fator que explica 62,78% da variância dos dados originais. Uma vez que apenas 1 fator foi retido, não é possível efetuar-se a rotação dos dados. De acordo com o verificado pela Figura 26 é possível constatar-se que o *scree plot* corrobora igualmente a retenção de apenas um fator. Neste gráfico os valores próprios são representados em relação ao número de fatores a reter, correspondentes à maior inclinação da reta (maior afastamento entre os elevados e os pequenos valores próprios (Pestana & Gageiro, 2008).

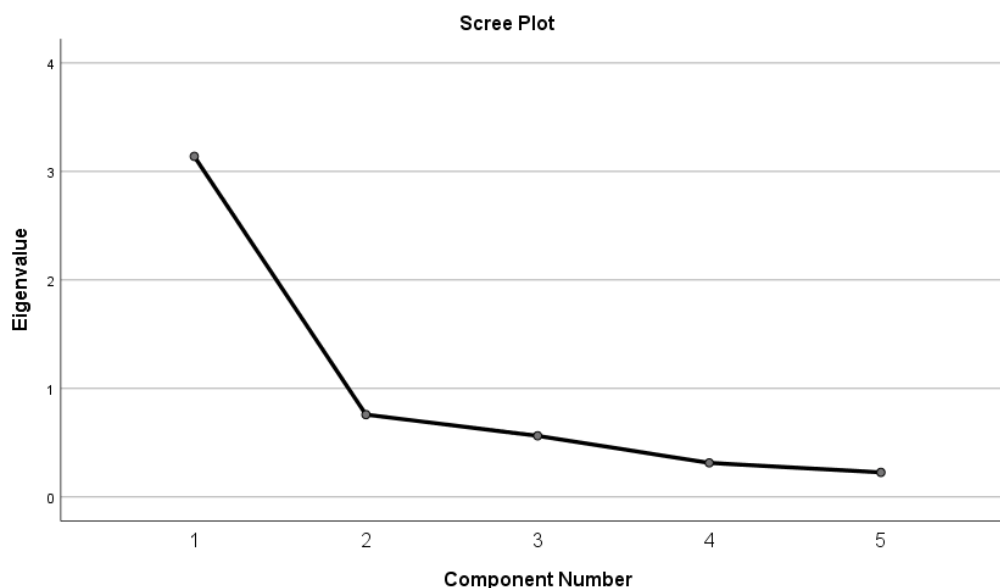


Figura 26 - Gráfico scree plot Estratégia e Liderança

A matriz de componentes, que poderá ser encontrada na Tabela 19, apresenta os coeficientes (*loadings* ou pesos) que correlacionam as variáveis com os fatores antes da rotação, ou seja, permite verificar qual fator melhor explica cada uma das variáveis. Estes coeficientes são a correlação entre as variáveis e os fatores (Pestana & Gageiro, 2008). Deste modo, a correlação entre Q17 E Q18 são as que maior correlação têm com o único fator retido, com um valor superior a 0,8.

Tabela 19 - Matriz componentes Estratégia e Liderança

	componente
	1
Rank of Q17	,839
Rank of Q18	,837
Rank of Q16	,794
Rank of Q19	,768
Rank of Q20	,717
Método de Extração: Análise de componentes	
a. 1 componentes extraídos.	

Note-se que a soma dos quadrados dos coeficientes das variáveis para cada fator (soma em coluna) é o valor próprio das componentes, já observados na Tabela 17:  
 Fator 1 =  $0,839^2 + 0,837^2 + 0,794^2 + 0,768^2 + 0,717^2 = 3,138839 \approx 3,139$ .

Deste modo, a composição do fator principal é a seguinte:

$$\text{Fator 1} = 0,839 \text{ Q17} + 0,837 \text{ Q18} + 0,794 \text{ Q16} + 0,768 \text{ Q19} + 0,717 \text{ Q20}$$

De forma genérica podemos afirmar que facto de as organizações inquiridas possuírem uma equipa dedicada à digitalização e fazer um esforço transversal para traduzir essa digitalização a todos os níveis aumenta o seu nível de maturidade I4.0.

O passo seguinte será então verificar se dentro dos 3 grupos diferentes níveis de perceção da Indústria 4.0 agregados anteriormente, existem diferenças significativas e para o fazer será aplicada a técnica de ANOVA unidirecional. A Análise de Variância (ANOVA) é a técnica estatística que permite avaliar afirmações sobre as médias de populações. Esta análise visa, fundamentalmente, verificar a existência de uma diferença significativa entre as médias e se os fatores exercem influência em alguma das variáveis dependentes. Assim, essa técnica permite que vários grupos sejam comparados a um só tempo (MILONE, 2009). Um dos objetivos da aplicação da ANOVA é realizar o teste estatístico para verificar se há diferença entre distribuição de uma medida entre três ou mais grupos. No presente estudo, podemos definir as hipóteses do teste como:

- **H<sub>0</sub>**: Não existem diferenças entre o fator de maturidade do bloco Estratégia e Liderança nas três classes de perceção.
- **H<sub>1</sub>**: Há pelo menos um nível com uma perceção diferente.

Procedendo ao cálculo da ANOVA é obtida a Tabela 20 abaixo. Visto o  $p=0.000$  ser inferior a 0,05 a hipótese nula ( $H_0$ ) é rejeitada, demonstrando assim que existem diferenças entre os níveis analisados.

Tabela 20 - ANOVA do Índice de percepção no bloco Estratégia e Liderança

ANOVA					
Fator Estratégia e Liderança					
	Soma de quadrados	df	Média Quadrada	F	Sig.
Entre Grupos	16,278	2	8,139	11,690	,000
Dentro de Grupos	32,722	47	,696		
Total	49,000	49			

Para determinar entre que grupos existem diferenças significativas, é executado um teste post-hoc Tukey, uma vez que os grupos possuem uma distribuição homogénea, cujos resultados estão patentes na Tabela 21.

Tabela 21 - Comparação entre grupos Estratégia e Liderança

Comparações Múltiplas						
Variável Dependente: Fator Estratégia e Liderança						
Tukey HSD						
(I)	(J)	Diferença de Médias (I-J)	Desvio Padrão	Sig.	95% Intervalo de Confiança	
					Limite Inferior	Limite Superior
Baixo	Médio	-,88707998*	,27525355	,006	-1,5532271	-,2209329
	Alto	-1,37733012*	,29726366	,000	-2,0967443	-,6579159
Médio	Baixo	,88707998*	,27525355	,006	,2209329	1,5532271
	Alto	-,49025014	,30742276	,258	-1,2342506	,2537503
Alto	Baixo	1,37733012*	,29726366	,000	,6579159	2,0967443
	Médio	,49025014	,30742276	,258	-,2537503	1,2342506

\*. A diferença de médias é significativa a 0.05

O teste post-hoc de Tukey revelou que as empresas com um nível de percepção Baixo possuem um nível de maturidade de Estratégia e Liderança estatisticamente significativamente menor que as organizações com níveis Médio ( $p = 0,006$ ) e Alto ( $p = 0,034$ ). Não existindo diferença estatisticamente significativa entre os grupos Médio e Alto ( $p = 0,258$ ).

Assim sendo, é patente que as organizações com um com um nível de maturidade de Estratégia e Liderança Médio/Alto possuem um nível de percepção

superior baseado principalmente no esforço da gestão de topo em implantar uma equipa, que traduza a digitalização em toda a sua cadeia de valor.

### 3.4.2.2.2 ANÁLISE FATORIAL DO BLOCO 4 – EXPERIÊNCIA DO CLIENTE

Será replicado o estudo anterior para o Bloco 4 - Experiência do Cliente. As 5 perguntas analisadas no mesmo pretendem determinar até que ponto a empresa tem a capacidade de analisar os dados dos clientes para personalização das suas ofertas, se consegue satisfazer as exigências e tempo previsto e se usa os canais de digitais.

Baseada na classificação média de cada uma das 5 questões, foi gerada a tabela das estatísticas descritivas, disponível na Tabela 22.

Tabela 22 - Estatística descritiva das questões sobre Experiência do Cliente

<b>Estatística descritiva</b>			
	N	Média	D. Padrão
Q21	50	3,86	,756
Q22	50	3,18	1,289
Q23	50	3,08	1,192
Q24	50	3,14	1,143
Q25	50	3,18	1,155

Segundo a Tabela 23 a medida KMO apresenta um valor de 0,740 (Médio), colocando em evidência a adequação da amostragem à aplicação da técnica de análise fatorial de componentes principais.

Tabela 23 Primeiro Teste de KMO e Bartlett Experiência do Cliente

<b>KMO and Bartlett's Test</b>		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem		,740
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	97,365
	df	10
	Sig.	,000

Mas devido ao facto da Q21 “A organização entende como as exigências dos clientes estão a mudar no mercado?” apresentar um valor muito inferior ao mínimo visto anteriormente (0,5), a mesma deverá ser considerada uma variável com menor importância e retirada, procedendo a um novo cálculo da correlação. Apesar da

pergunta Q25 também apresentar um valor inferior a 0,5 a mesma não será retirada desta nova correlação pois as boas praticas sugerem a remoção de variáveis uma a uma. Estes e os restantes valores estão patentes na Tabela 24.

Tabela 24 - Primeiras Comunalidades Experiência do Cliente

Comunalidades		
	Inicial	Extração
Rank of Q21	1,000	,182
Rank of Q22	1,000	,817
Rank of Q23	1,000	,787
Rank of Q24	1,000	,566
Rank of Q25	1,000	,468
Método de Extração: Análise de componentes Principal.		

Repetindo o cálculo removendo a variável Q21 tal como na secção anterior, podemos observar na Tabela 25, a matriz de correlações entre as quatro variáveis. As quatro variáveis geraram um total de 6 correlações  $[(4 \times 4 - 4) / 2]$ , onde  $4 \times 4$  dá o número de elementos da matriz das correlações, reduzindo os 4 elementos da diagonal (variâncias) e dividindo o total anterior por 2, uma vez que a matriz é simétrica. Deste modo as correlações significativas tem associada uma probabilidade inferior a  $0,05 / 6 = 0,008$ , devendo ser rejeitadas todas as correlações com um valor superior. Conforme é possível ver na matriz de correlações, todas as variáveis têm uma correlação significativa entre si, uma vez que, segundo a Tabela 25, todas elas apresentam um nível de significância inferior a 0,008.

A parte superior da matriz de correlações apresenta os coeficientes de correlação de *Pearson* entre as variáveis e a parte inferior apresenta os *p-value* para as hipóteses  $H_0: p = 0$  vs.  $H_1: p > 0$ .

Tabela 25 - Matriz de correlações das questões de Experiência do Cliente

	Rank of Q22	Rank of Q23	Rank of Q24	Rank of Q25
Correlação	Rank of Q22			
	Rank of Q23	,822		
	Rank of Q24	,538	,567	
	Rank of Q25	,579	,456	,383
Sig. (1-tailed)	Rank of Q22		,000	,000
	Rank of Q23	,000		,000
	Rank of Q24	,000	,000	
	Rank of Q25	,000	,000	,003

Segundo a Tabela 13 a medida KMO apresenta um valor de 0,723 (Médio), colocando em evidência a adequação da amostragem à aplicação da técnica de análise fatorial de componentes principais.

Tabela 26 - Segundo Teste de KMO e Bartlett Experiência do Cliente

<b>KMO and Bartlett's Test</b>		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem		,723
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	91,780
	df	6
	Sig.	,000

A Tabela 26 indica que o teste de esfericidade de Bartlett tem associado um nível de significância inferior a 0,05 demonstrando deste modo, a correlação existente. O teste de esfericidade de Bartlett forneceu um resultado muito significativo ( $\chi^2 \approx 91,780$   $df=6$ , sig.  $<.000$ ), apresentando um p-value  $< 0.001$ , valor pelo qual rejeitamos  $H_0$ , concluindo que as variáveis estão correlacionadas significativamente. Os resultados obtidos concederam legitimidade à utilização do método para tratamento das correlações entre variáveis, ao mostrar que a matriz comporta correlações significativas entre as cinco variáveis.

A Tabela 27 apresenta as comunalidades recalculadas, sendo está representada pela variância total explicada pelos fatores em cada variável. É assim possível observar que as variáveis Q22, Q23 possuem forte correlação com os fatores retidos, e as restantes variáveis demonstram possuir uma menor importância, uma vez que explica perto de 0,50 da variância total, conforme demonstra a coluna Extração.

Tabela 27 - Comunalidades Experiência do Cliente

<b>Comunalidades</b>		
	Inicial	Extração
Rank of Q22	1,000	,833
Rank of Q23	1,000	,785
Rank of Q24	1,000	,560
Rank of Q25	1,000	,517

Método de Extração: Análise de componentes Principal.

Em relação à consistência interna desta na análise, a Tabela 28 podemos observar que o valor de  $\alpha$  (0.834) é considerado bom como visto anteriormente na Tabela 15.

Tabela 28 - Alfa de Cronbach Experiência do Cliente

<b>Estatísticas de confiabilidade</b>	
Alfa de Cronbach	N de Itens
,834	4

Relativamente à medida anti-imagem podemos mais uma vez observar que todos os valores da diagonal são superiores 0.5, tal como a Tabela 29 demonstra, considerando a correlação adequada e não resultando a eliminação de qualquer variável da análise.

Tabela 29 - Matriz Anti-imagem Experiência do Cliente

<b>Matriz Anti-Imagem</b>					
		Rank of Q22	Rank of Q23	Rank of Q24	Rank of Q25
Covariância Anti-Imagem	Rank of Q22	,270	-,203	-,040	-,162
	Rank of Q23	-,203	,301	-,118	,032
	Rank of Q24	-,040	-,118	,654	-,078
	Rank of Q25	-,162	,032	-,078	,655
Correlação Anti-imagem	Rank of Q22	,661 <sup>a</sup>	-,712	-,095	-,386
	Rank of Q23	-,712	,674 <sup>a</sup>	-,265	,072
	Rank of Q24	-,095	-,265	,890 <sup>a</sup>	-,119
	Rank of Q25	-,386	,072	-,119	,803 <sup>a</sup>

a. Measures of Sampling Adequacy (MSA)

Usando o critério de Kaiser para escolher o número de fatores a reter, tendo em conta o número de valores próprios superiores ao valor 1, é observável na Tabela 30 que foi retido 1 fator que explica 67,37% da variância dos dados originais. Uma vez que apenas 1 fator foi retido, não é possível efetuar-se a rotação dos dados. De acordo com o verificado pela Figura 27 é possível constatar-se que o *scree plot* corrobora igualmente a retenção de apenas um fator.

Tabela 30 - Variância total explicada Experiência do Cliente

<b>Variância Total Explicada</b>						
compon entes	Eigenvalues Iniciais			Extração Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variância	Cumulativa %	Total	% of Variância	Cumulativa %
1	2,695	67,368	67,368	2,695	67,368	67,368
2	,636	15,905	83,272			
3	,507	12,675	95,947			
4	,162	4,053	100,000			

Método de Extração: Análise de componentes Principal.

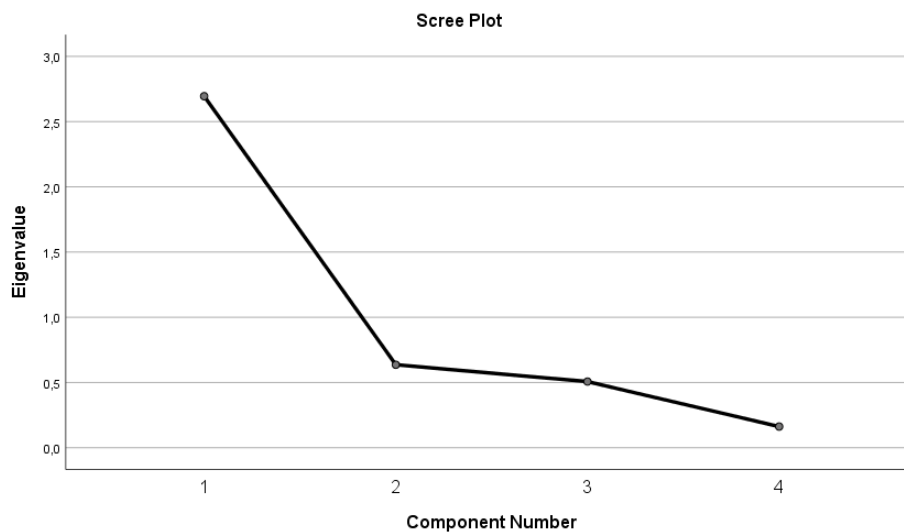


Figura 27 - Gráfico scree plot Experiência do Cliente

A matriz de componentes, que poderá ser encontrada na Tabela 31 apresenta os coeficientes) que correlacionam as variáveis com os fatores antes da rotação, ou seja, permite verificar qual fator melhor explica cada uma das variáveis. Deste modo, a correlação entre Q22 "A organização experimenta vários canais digitais para envolver os clientes?" E Q23 "A tecnologia digital é usada para manter contato com os clientes e resolver seus desafios?" são as que maior correlação têm com o único fator retido, com um valor superior a 0,8.

Tabela 31 - Matriz componentes Experiência do Cliente

	componente
	1
Rank of Q22	,913
Rank of Q23	,886
Rank of Q24	,748
Rank of Q25	,719
Método de Extração: Análise de componentes Principal.	

Note-se que a soma dos quadrados dos coeficientes das variáveis para cada fator (soma em coluna) é o valor próprio das componentes, já observados na Tabela 29:

Fator 1 =  $0,913^2 + 0,886^2 + 0,748^2 + 0,719^2 \approx 2.695$ .

Deste modo, a composição do fator principal é a seguinte:

**Fator 1** =  $0,913 Q22 + 0,886 Q23 + 0,748 Q24 + 0,719 Q25$

Analisando os resultados obtidos atrás possível afirmar que apesar de as empresas entenderem o impacto das exigências dos clientes (Q21), esse ponto não influência diretamente o nível de maturidade da Experiência do Cliente. Contrariamente

às organizações que usam vários canais digitais, melhorando os produtos e serviços aumentam o seu nível de maturidade I4.0

Como anteriormente, o passo seguinte será então verificar se dentro dos 3 grupos diferentes níveis de percepção da Indústria 4.0 agregados anteriormente, existem diferenças significativas e para o fazer será aplicada a técnica de ANOVA unidirecional, definindo as hipóteses do teste como:

- **H<sub>0</sub>**: Não existem diferenças entre o fator de maturidade do bloco Experiência do Cliente nas três classes de percepção.
- **H<sub>1</sub>**: Há pelo menos um nível com uma percepção diferente.

Procedendo ao cálculo da ANOVA é obtida a Tabela 32 abaixo. Visto o  $p=0.001$  ser inferior a 0,05 a hipótese nula (**H<sub>0</sub>**) é rejeitada, demonstrando assim que existem diferenças entre os níveis analisados.

Tabela 32 - ANOVA do Índice de percepção no bloco Experiência do Cliente

ANOVA					
Fator Experiência do Cliente					
	Soma de quadrados	df	Média quadrada	F	Sig.
Entre Grupos	12,109	2	6,054	7,713	,001
Dentro de Grupos	36,891	47	,785		
Total	49,000	49			

Para determinar entre que grupos existem diferenças significativas, é executado um teste post-hoc Tukey cujos resultados estão patentes na Tabela 33.

Tabela 33 - Comparação entre grupos Experiência do Cliente

Comparações Múltiplas						
Variável Dependente: fator Experiência do Cliente						
Tukey HSD						
(I)	(J)	Diferença de média (I-J)	Desvio padrão	Sig.	Intervalo de confiança 95%	
					Limite Inferior	Limite Superior
Baixo	Médio	-,91841280*	,29226266	,008	-1,6257240	-,2111016
	Alto	-1,09503498*	,31563287	,003	-1,8589049	-,3311650
Médio	Baixo	,91841280*	,29226266	,008	,2111016	1,6257240
	Alto	-,17662218	,32641975	,851	-,9665977	,6133533
Alto	Baixo	1,09503498*	,31563287	,003	,3311650	1,8589049
	Médio	,17662218	,32641975	,851	-,6133533	,9665977

\*. A diferença de médias é significativa ao nível 0.05

Tal como no bloco anterior, o teste post-hoc de Tukey revelou que as empresas com um nível de perceção Baixo possuem um nível de maturidade de Experiência do Cliente estatisticamente significativamente menor que as organizações com níveis Médio ( $p = 0,008$ ) e Alto ( $p = 0,03$ ). Não existindo diferença estatisticamente significativa entre os grupos Médio e Alto ( $p = 0,258$ ).

Assim sendo, é patente que as organizações com um com um nível de maturidade de Experiência do Cliente Médio/Alto possuem um nível de perceção superior baseado na interação com os clientes em vários canais digitais, recolhendo informações de forma a continuamente melhorar produtos e serviços.

### 3.4.2.2.3 ANÁLISE FATORIAL DO BLOCO 5 – OPERAÇÕES

Será executado o estudo anterior para o Bloco 5 – Operações, usando 5 questões para avaliar a sua automação e digitalização, se existe interação, monitorização e controlo entre máquinas e pessoas de forma fácil e intuitiva e se os dados indicadores das diversas operações estão definidos e são automaticamente integrados no(s) software de gestão.

Baseada na classificação média de cada uma das 5 questões, foi gerada a tabela das estatísticas descritivas, disponível na Tabela 34.

Tabela 34 - Estatística descritiva das questões sobre Operações

<b>Estatística Descritiva</b>			
	N	Média	Desvio Padrão
Q26	50	2,90	1,035
Q27	50	3,02	,979
Q29	50	3,50	1,055
Q30	50	3,42	1,372
Q31	50	2,76	1,205

Segundo a Tabela 35 a medida KMO apresenta um valor de 0,703 (Médio), colocando em evidência a adequação da amostragem à aplicação da técnica de análise fatorial de componentes principais.

Tabela 35 – Primeiro Teste de KMO e Bartlett Operações

<b>KMO and Bartlett's Test</b>		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem		,703
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	56,708
	df	10
	Sig.	,000

Mas devido ao facto da Q26 “Nível de automatização das operações da produção” apresentar um valor muito inferior ao mínimo visto anteriormente (0,5), a mesma deverá ser considerada uma variável com menor importância e retirada, procedendo a um novo cálculo da correlação. Apesar da pergunta Q31 “Os KPIs são bem definidos entre as funções e são atualizados automaticamente?” também apresentar um valor inferior a 0,5 a mesma não será retirada desta nova correlação pois as boas praticas sugerem a remoção de variáveis uma a uma. Estes e os restantes valores estão patentes na Tabela 36.

Tabela 36 – Primeiras Comunalidades das Operações

<b>Comunalidades</b>		
	Inicial	Extração
Rank of Q26	1,000	,336
Rank of Q27	1,000	,617
Rank of Q29	1,000	,655
Rank of Q30	1,000	,504
Rank of Q31	1,000	,376
Método de Extração: Análise de componentes Principal.		

Após recalcular a correlação de fatores é visível na Tabela 37 a medida KMO mantém um valor Médio (0,724), mantendo assim também a adequação da amostragem à aplicação da técnica de análise fatorial de componentes principais.

Tabela 37 - Segundo Teste de KMO e Bartlett Operações

<b>KMO and Bartlett's Test</b>		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem		,724
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	42,656
	df	6
	Sig.	,000

Na Tabela 38 é observável que mesmo após o cálculo da correlação excluindo a Q26, a Q31 mantém um valor inferior ao mínimo exigível para manter na correlação. Assim sendo também ela deverá ser retirada a mesma deverá ser considerada uma variável com menor importância e retirada, procedendo a um novo cálculo da correlação com as 3 variáveis restantes.

Tabela 38 – Segundas Comunalidades das Operações

Comunalidades		
	Inicial	Extração
Rank of Q27	1,000	,545
Rank of Q29	1,000	,700
Rank of Q30	1,000	,575
Rank of Q31	1,000	,442

Método de Extração: Análise de componentes Principal.

Repetindo, então, o cálculo removendo a variável Q26 e Q31 tal como na secção anterior, podemos observar na Tabela 39, a matriz de correlações entre as três variáveis. As mesmas geraram um total de 3 correlações  $[(3 \times 3 - 3) / 2]$ , onde  $3 \times 3$  dá o número de elementos da matriz das correlações, reduzindo os 3 elementos da diagonal (variâncias) e dividindo o total anterior por 2, uma vez que a matriz é simétrica. Deste modo as correlações significativas tem associada uma probabilidade inferior a  $0,05 / 3 = 0,0167$ , devendo ser rejeitadas todas as correlações com um valor superior. Conforme é possível ver na matriz de correlações, todas as variáveis têm uma correlação significativa entre si, uma vez que, segundo a Tabela 36, todas elas apresentam um nível de significância inferior a 0,0167.

A parte superior da matriz de correlações apresenta os coeficientes de correlação de *Pearson* entre as variáveis e a parte inferior apresenta os *p-value* para as hipóteses  $H_0: p = 0$  vs.  $H_1: p > 0$ .

Tabela 39 - Matriz de correlações das questões de Operações

Matriz de Correlação				
	Rank of Q27	Rank of Q29	Rank of Q30	
Correlação	Rank of Q27	1,000	,456	,430
	Rank of Q29	,456	1,000	,547
	Rank of Q30	,430	,547	1,000
Sig. (1-tailed)	Rank of Q27		,000	,001
	Rank of Q29	,000		,000
	Rank of Q30	,001	,000	

Segundo a Tabela 40, com a remoção de duas variáveis a medida KMO apresenta um valor de 0,674 (Razoável), colocando em evidência a adequação da amostragem à aplicação da técnica de análise fatorial de componentes principais apesar de ter descido em comparação com as análises anteriores.

Tabela 40 - Terceiro Teste de KMO e Bartlett Operações

<b>KMO and Bartlett's Test</b>		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem		,674
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	30,604
	df	3
	Sig.	,000

A Tabela 40 indica também, que o teste de esfericidade de Bartlett tem associado um nível de significância inferior a 0,05 demonstrando deste modo, a correlação existente. O teste de esfericidade de Bartlett forneceu um resultado significativo ( $\chi^2 \approx 30,604$  df=3, sig. <.000), apresentando um p-value < 0.001, valor pelo qual rejeitamos  $H_0$ , concluindo que as variáveis estão correlacionadas significativamente. Os resultados obtidos concederam legitimidade à utilização do método para tratamento das correlações entre variáveis, ao mostrar que a matriz comporta correlações significativas entre as três variáveis.

A Tabela 41 apresenta as comunalidades recalculadas, sendo está representada pela variância total explicada pelos fatores em cada variável. É assim possível observar que as três variáveis possuem uma boa correlação com os fatores retidos, não sendo necessário remover mais nenhuma.

Tabela 41 - Comunalidades Operações

<b>Comunalidades</b>		
	Inicial	Extração
Rank of Q27	1,000	,587
Rank of Q29	1,000	,696
Rank of Q30	1,000	,674
Método de Extração: Análise de componentes Principal.		

Em relação à consistência interna desta na análise, a Tabela 42 podemos observar que o valor de  $\alpha$  (0.733), sendo assim considera aceitável como visto anteriormente na Tabela 15.

Tabela 42 - Alfa de Cronbach Operações

<b>Estatísticas de confiabilidade</b>	
Alfa de Cronbach	N of Itens
,733	3

Relativamente à medida anti-imagem podemos mais uma vez observar que todos os valores da diagonal são superiores 0.5, tal como a Tabela 43 demonstra, considerando a correlação adequada e não resultando a eliminação de qualquer variável da análise.

Tabela 43 - Matriz Anti-imagem Operações

<b>Matriz Anti-Imagem</b>				
		Rank of Q27	Rank of Q29	Rank of Q30
Covariância Anti-Imagem	Rank of Q27	,746	-,202	-,170
	Rank of Q29	-,202	,641	-,284
	Rank of Q30	-,170	-,284	,660
Correlação Anti-Imagem	Rank of Q27	,732 <sup>a</sup>	-,292	-,242
	Rank of Q29	-,292	,647 <sup>a</sup>	-,437
	Rank of Q30	-,242	-,437	,660 <sup>a</sup>

a. Measures of Sampling Adequacy (MSA)

Usando o critério de Kaiser para escolher o número de fatores a reter, tendo em conta o número de valores próprios superiores ao valor 1, é observável na Tabela 44 que foi retido 1 fator que explica 65,230 % da variância dos dados originais. Uma vez que apenas 1 fator foi retido, não é possível efetuar-se a rotação dos dados. De acordo com o verificado pela Figura 28 é possível constatar-se que o *scree plot* corrobora igualmente a retenção de apenas um fator.

Tabela 44 - Variância total explicada Operações

<b>Variância Total Explicada</b>						
Componente	Inicial Eigenvalues			Extração Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variância	Cumulativa %	Total	% of Variância	Cumulativa %
1	1,957	65,230	65,230	1,957	65,230	65,230
2	,592	19,726	84,956			
3	,451	15,044	100,000			

Método de extração: Análise de Componentes Principais.

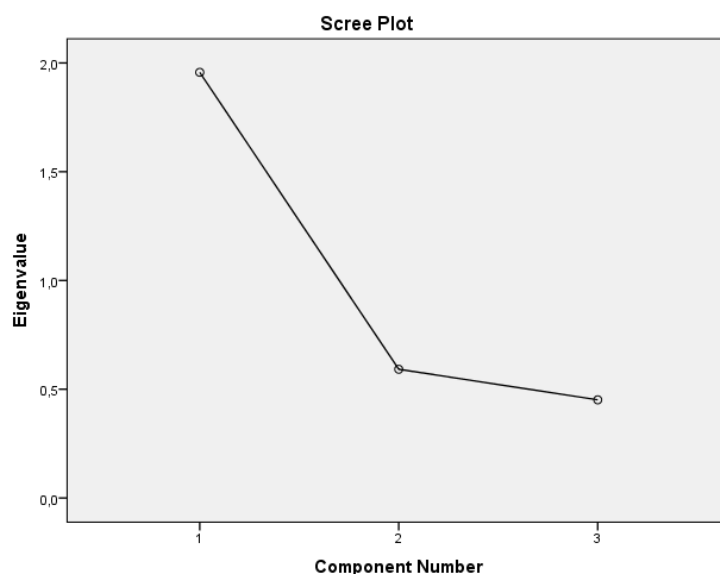


Figura 28 - Gráfico scree plot Operações

A matriz de componentes, que poderá ser encontrada na Tabela 45. Na mesma está patente que as três variáveis Q29 “Existe uma plataforma integrada que fornece visibilidade completa e pode ser acedida por vários utilizadores”, Q30 “É possível aceder a todas as informações de produção remotamente?” e Q27 “Nível de digitalização das operações” possuem uma boa correlação (cerca de 0,8) entre elas e o único fator retido.

Tabela 45 - Matriz Componentes Operações

Matriz de Componentes <sup>a</sup>	
	Componente
	1
Rank of Q29	,834
Rank of Q30	,821
Rank of Q27	,766
Método de Extração: Análise de Componentes Principal.	
a. 1 Componentes extraídos.	

Note-se que a soma dos quadrados dos coeficientes das variáveis para cada fator (soma em coluna) é o valor próprio das componentes, já observados na Tabela 42:

Fator 1 =  $0,834^2 + 0,821^2 + 0,766^2 \approx 1,957$ .

Deste modo, a composição do fator principal é a seguinte:

**Fator 1** =  $0,834 Q29 + 0,821 Q30 + 0,766 Q27$

Em função dos resultados observados é possível afirmar que facto de as organizações inquiridas possuírem ao nível das Operações, software integrados de gestão para monitorização e controlo de processos, podendo acedê-los remotamente aumenta o seu nível de maturidade I4.0 nesse fator.

Como anteriormente, o passo seguinte será então verificar se dentro dos 3 grupos diferentes níveis de perceção da Indústria 4.0 agregados anteriormente, existem

diferenças significativas e para o fazer será aplicada a técnica de ANOVA unidirecional, definindo as hipóteses do teste como:

- **H<sub>0</sub>**: Não existem diferenças entre o fator de maturidade do bloco Operações nas três classes de percepção.
- **H<sub>1</sub>**: Há pelo menos um nível com uma percepção diferente.

Procedendo ao cálculo da ANOVA é obtida a Tabela 46 abaixo. Visto o  $p=0.002$  ser inferior a 0,05 a hipótese nula (**H<sub>0</sub>**) é rejeitada, demonstrando assim que existem diferenças entre os níveis analisados.

Tabela 46 - ANOVA do Índice de percepção no bloco Operações

ANOVA					
REGR factor score 1 for analysis 3					
	Soma de Quadrados	df	Média Quadrada	F	Sig.
Entre Grupos	11,060	2	5,530	6,851	,002
Dentro de Grupos	37,940	47	,807		
Total	49,000	49			

Para determinar entre que grupos existem diferenças significativas, é executado um teste post-hoc Tukey cujos resultados estão patentes na Tabela 47.

Tabela 47 - Comparação entre grupos Operações

Comparações Múltiplas						
Variável Dependente: Fator Operações						
Tukey HSD						
(I)	(J)	Diferença de Médias(I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de confiança 95%	
					Limite Inferior	Limite Superior
Baixo	Médio	-,46393494	,29638716	,271	-1,1812279	,2533580
	Alto	-1,18481926*	,32008718	,002	-1,9594692	-,4101693
Médio	Baixo	,46393494	,29638716	,271	-,2533580	1,1812279
	Alto	-,72088432	,33102628	,086	-1,5220082	,0802396
Alto	Baixo	1,18481926*	,32008718	,002	,4101693	1,9594692
	Médio	,72088432	,33102628	,086	-,0802396	1,5220082

\*. A diferença de médias é significativa ao nível 0.05

O teste post-hoc de Tukey revelou que as empresas com um nível de percepção Baixo possuem um nível de maturidade das Operações estatisticamente significativamente menor que as organizações com o nível Alto ( $p = 0,034$ ). Não existindo diferença estatisticamente significativa entre os grupos Médio e Alto ( $p = 0,086$ ) e o grupo Baixo e Médio ( $p = 0,271$ ).

A diferença significativa entre as empresas com maturidade Alta e as de Baixa poder-se-á explicar devido às primeiras possuírem ao nível das Operações, software integrados de gestão para monitorização e controlo de pessoas e máquinas, podendo acedê-los remotamente.

#### 3.4.2.2.4 ANÁLISE FATORIAL DO BLOCO 6 – PRODUTOS E INOVAÇÕES

Será replicado o estudo anterior para o Bloco 6 - Produtos e Inovações, no qual as 5 perguntas elaboradas visam estudar a capacidade da empresa se ajustar aos requisitos de mercado, a utilização ferramentas digitais para se inovar os seus produtos e a forma como desenvolve atividades de desenvolvimento.

Baseada na classificação média de cada uma das 5 questões, foi gerada a tabela das estatísticas descritivas, disponível na Tabela 48.

Tabela 48 - Estatística descritiva das questões sobre Produtos e Inovações

	N	Média	Desvio Padrão
Q32	50	3,70	1,035
Q33	50	3,30	,839
Q34	50	2,04	1,087
Q35	50	2,86	1,050
Q36	50	2,64	1,156

Segundo a Tabela 49 a medida KMO apresenta um valor de 0,758 (Médio), colocando em evidência a adequação da amostragem à aplicação da técnica de análise fatorial de componentes principais.

Tabela 49 - Primeiro Teste de KMO e Bartlett Produtos e Inovações

<b>KMO and Bartlett's Test</b>		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem		,758
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	49,673
	df	10
	Sig.	,000

Mas devido ao facto da Q34 “A organização aproveita a tecnologia digital para inovações em novos produtos (impressão 3D, Realidade Aumentada)?” apresentar um valor muito baixo (0,215) e bastante ao mínimo visto anteriormente (0,5), a mesma deverá ser considerada uma variável com menor importância e retirada, procedendo a um novo cálculo da correlação. Estes e os restantes valores estão patentes na Tabela 50.

Tabela 50 – Primeiras Comunalidades Produtos e Inovações

Comunalidades		
	Inicial	Extração
Rank of Q32	1,000	,580
Rank of Q33	1,000	,500
Rank of Q34	1,000	,215
Rank of Q35	1,000	,576
Rank of Q36	1,000	,587

Método de Extração: Análise de Componentes Principal.

Repetindo o cálculo removendo a variável Q34 tal como na secção anterior, podemos observar na Tabela 51, a matriz de correlações entre as quatro variáveis. As quatro variáveis geraram um total de 6 correlações  $[(4 \times 4 - 4) / 2]$ , onde  $4 \times 4$  dá o número de elementos da matriz das correlações, reduzindo os 4 elementos da diagonal (variâncias) e dividindo o total anterior por 2, uma vez que a matriz é simétrica. Deste modo as correlações significativas tem associada uma probabilidade inferior a  $0,05 / 6 = 0,008$ , devendo ser rejeitadas todas as correlações com um valor superior. Conforme é possível ver na matriz de correlações, todas as variáveis têm uma correlação significativa entre si, uma vez que, segundo a Tabela 47, todas elas apresentam um nível de significância inferior a 0,008.

A parte superior da matriz de correlações apresenta os coeficientes de correlação de *Pearson* entre as variáveis e a parte inferior apresenta os *p-value* para as hipóteses  $H_0: p = 0$  vs.  $H_1: p > 0$ .

Tabela 51 - Matriz de correlações das questões de Produtos e Inovações

Matriz de Correlação				
	Rank of Q32	Rank of Q33	Rank of Q35	Rank of Q36
Correlação	Rank of Q32			
	Rank of Q33	,495		
	Rank of Q35	,435	,329	
	Rank of Q36	,447	,414	,513
Sig. (1-tailed)	Rank of Q32		,000	,001
	Rank of Q33	,000		,006
	Rank of Q35	,001	,006	
	Rank of Q36	,001	,001	,000

Segundo a Tabela 13 a medida KMO apresenta um valor de 0,744 (Médio), colocando em evidência a adequação da amostragem à aplicação da técnica de análise fatorial de Componentes principais.

Tabela 52 – Segundo Teste de KMO e Bartlett Produtos e Inovações

<b>KMO and Bartlett's Test</b>		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem		,744
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	44,478
	df	6
	Sig.	,000

A Tabela 52 indica que o teste de esfericidade de Bartlett tem associado um nível de significância inferior a 0,05 demonstrando deste modo, a correlação existente. O teste de esfericidade de Bartlett forneceu um resultado muito significativo ( $\chi^2 \approx 44,478$   $df=6$ , sig.  $<.000$ ), apresentando um p-value  $< 0.001$ , valor pelo qual rejeitamos  $H_0$ , concluindo que as variáveis estão correlacionadas significativamente. Os resultados obtidos concederam legitimidade à utilização do método para tratamento das correlações entre variáveis, ao mostrar que a matriz comporta correlações significativas entre as cinco variáveis.

A Tabela 53 apresenta as comunalidades recalculadas, sendo está representada pela variância total explicada pelos fatores em cada variável. É assim possível observar que as quatro variáveis possuem uma correlação aceitável com os fatores retidos.

Tabela 53 - Comunalidades Produtos e Inovações

<b>Comunalidades</b>		
	Inicial	Extração
Rank of Q32	1,000	,616
Rank of Q33	1,000	,530
Rank of Q35	1,000	,557
Rank of Q36	1,000	,616

Método de Extração: Análise de Componentes Principal.

Em relação à consistência interna desta na análise, na Tabela 54 podemos observar que o valor de  $\alpha$  (0.758) é considerado aceitável como visto anteriormente na Tabela 16.

Tabela 54 - Alfa de Cronbach Produtos e Inovações

<b>Estatísticas de confiabilidade</b>	
Alfa de Cronbach	N of Itens
,758	4

Relativamente à medida anti-imagem podemos mais uma vez observar que todos os valores da diagonal são superiores 0.5, tal como a Tabela 55 demonstra, considerando a correlação adequada e não resultando a eliminação de qualquer variável da análise.

Tabela 55 - Matriz Anti-imagem Produtos e Inovações

<b>Matriz Anti-Imagem</b>					
		Rank of Q32	Rank of Q33	Rank of Q35	Rank of Q36
Covariância Anti-Imagem	Rank of Q32	,648	-,242	-,153	-,122
	Rank of Q33	-,242	,706	-,037	-,142
	Rank of Q35	-,153	-,037	,682	-,249
	Rank of Q36	-,122	-,142	-,249	,645
Correlação anti-imagem	Rank of Q32	,745 <sup>a</sup>	-,357	-,231	-,189
	Rank of Q33	-,357	,750 <sup>a</sup>	-,054	-,210
	Rank of Q35	-,231	-,054	,740 <sup>a</sup>	-,375
	Rank of Q36	-,189	-,210	-,375	,742 <sup>a</sup>

a. Measures of Sampling Adequacy (MSA)

Usando o critério de Kaiser para escolher o número de fatores a reter, tendo em conta o número de valores próprios superiores ao valor 1, é observável na Tabela 56 que foi retido 1 fator que explica 57,961% da variância dos dados originais. Uma vez que apenas 1 fator foi retido, não é possível efetuar-se a rotação dos dados. De acordo com o verificado pela Figura 29 é possível constatar-se que o *scree plot* corrobora igualmente a retenção de apenas um fator.

Tabela 56 - Variância total explicada Produtos e Inovações

<b>Variância Total Explicada</b>						
Componente	Inicial Eigenvalues			Extração Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variância	Cumulativa %	Total	% of Variância	Cumulativa %
1	2,318	57,961	57,961	2,318	57,961	57,961
2	,711	17,774	75,735			
3	,514	12,848	88,583			
4	,457	11,417	100,000			

Método de Extração: Análise de Componentes Principal.

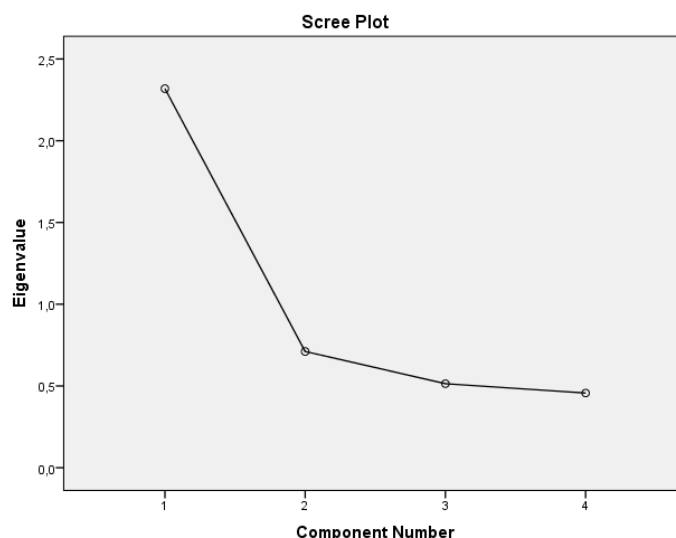


Figura 29 - Gráfico scree plot Produtos e Inovações

A matriz de Componentes, que poderá ser encontrada na Tabela 57 apresenta os coeficientes) que correlacionam as variáveis com os fatores antes da rotação, ou seja, permite verificar qual fator melhor explica cada uma das variáveis. Deste modo, é possível verificar que todas as quatro variáveis têm um contributo semelhante na determinação deste fator.

Tabela 57 - Matriz componentes Produtos e Inovações

<b>Matriz de Componentes</b>	
	Componente
	1
Rank of Q32	,785
Rank of Q36	,785
Rank of Q35	,746
Rank of Q33	,728
Método de Extração: Análise de componentes Principal.	
a. 1 Componentes extraídos.	

Note-se que a soma dos quadrados dos coeficientes das variáveis para cada fator (soma em coluna) é o valor próprio das componentes, já observados na Tabela 56:

$$\text{Fator 1} = 0,785^2 + 0,785^2 + 0,746^2 + 0,728^2 \approx 2.318.$$

Deste modo, a composição do fator principal é a seguinte:

$$\text{Fator 1} = 0,785 Q32 + 0,785 Q36 + 0,746 Q35 + 0,728 Q33$$

É então possível que apesar de ainda não usarem alguns conceitos Pilares da Indústria 4.0 como o Fabrico Aditivo e Realidade Aumentada, as organizações inquiridas começam a ser capazes de inovar os seus produtos usando modelos de colaboração entre os seus departamentos usando canais digitais a aumenta o seu nível de maturidade I4.0

Seguidamente será verificado se dentro dos 3 grupos diferentes níveis de percepção da Indústria 4.0 agregados anteriormente, existem diferenças significativas e para o fazer será aplicada a técnica de ANOVA unidirecional, definindo as hipóteses do teste como:

- **H<sub>0</sub>**: Não existem diferenças entre o fator de maturidade do bloco Produtos e Inovações nas três classes de percepção.
- **H<sub>1</sub>**: Há pelo menos um nível com uma percepção diferente.

Procedendo ao cálculo da ANOVA é obtida a Tabela 58 abaixo. Visto o  $p=0.001$  ser inferior a 0,05 a hipótese nula (**H<sub>0</sub>**) é rejeitada, demonstrando assim que existem diferenças entre os níveis analisados.

Tabela 58 - ANOVA do Índice de percepção no bloco Produtos e Inovações

ANOVA					
Fator Produtos e Inovações					
	Soma de Quadrados	df	Média Quadrada	F	Sig.
Entre Grupos	13,225	2	6,613	8,687	,001
Dentro de Grupos	35,775	47	,761		
Total	49,000	49			

Para determinar entre que grupos existem diferenças significativas, é executado um teste post-hoc Tukey cujos resultados estão patentes na Tabela 59.

Tabela 59 - Comparação entre grupos Produtos e Inovações

Comparações Múltiplas						
Variável Dependente: Fator Produtos e Inovações						
Tukey HSD						
(I)	(J)	Diferença de Médias(I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de confiança 95%	
					Limite Inferior	Limite Superior
Baixo	Médio	-,75231084*	,28780731	,032	-1,4488395	-,0557822
	Alto	-1,25895944*	,31082125	,001	-2,0111847	-,5067342
Médio	Baixo	,75231084*	,28780731	,032	,0557822	1,4488395
	Alto	-,50664860	,32144369	,266	-1,2845814	,2712842
Alto	Baixo	1,25895944*	,31082125	,001	,5067342	2,0111847
	Médio	,50664860	,32144369	,266	-,2712842	1,2845814

\*. A diferença de médias é significante ao nível 0.05

O teste post-hoc de Tukey revelou que as empresas com um nível de percepção Baixo possuem um nível de maturidade dos Produtos e Inovações estatisticamente significativamente menor que as organizações com níveis Médio ( $p = 0,032$ ) e Alto ( $p = 0,001$ ). Não existindo diferença estatisticamente significativa entre os grupos Médio e Alto ( $p = 0,266$ ).

Assim sendo, é patente que as organizações com um com um nível de maturidade de Produtos e Inovações Médio/Alto possuem um nível de percepção superior baseado na sua capacidade de inovação, suportada por novos modelos e ferramentas digitais.

#### 3.4.2.2.5 ANÁLISE FATORIAL DO BLOCO 7 – RECURSOS HUMANOS

Por último será replicado o estudo anterior para o Bloco 7 - Recursos Humanos onde se pretende analisar se as ferramentas da Indústria 4.0 são utilizadas na gestão de conhecimentos e habilidades, se as inovações são incentivadas e se as empresas possuem equipas afetadas ao desenvolvimento digital.

Baseada na classificação média de cada uma das 4 questões, foi gerada a tabela das estatísticas descritivas, disponível na Tabela 60.

Tabela 60 - Estatística descritiva das questões sobre Recursos Humanos

<b>Estatística Descritiva</b>			
	N	Média	Desvio Padrão
Q37	50	2,28	1,179
Q38	50	3,64	1,174
Q39	50	3,24	1,061
Q40	50	3,18	,962

Segundo a Tabela 61 a medida KMO apresenta um valor de 0,651 (razoável), colocando em evidência a adequação da amostragem à aplicação da técnica de análise fatorial de componentes principais.

Tabela 61 - Primeiro Teste de KMO e Bartlett Recursos Humanos

<b>KMO and Bartlett's Test</b>		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem		,651
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	49,888
	df	6
	Sig.	,000

Contudo devido ao facto da Q37 “Uma equipa de especialistas digitais foi implantada para impulsionar a adoção digital em toda a organização?” apresentar um valor muito inferior ao mínimo visto anteriormente (0,5), a mesma deverá ser considerada uma variável com menor importância e retirada, procedendo a um novo cálculo da correlação. Este e os restantes valores estão patentes na Tabela 62.

Tabela 62 – Primeiras Comunalidades Recursos Humanos

<b>Comunalidades</b>		
	Inicial	Extração
Rank of Q37	1,000	,261
Rank of Q38	1,000	,640
Rank of Q39	1,000	,637
Rank of Q40	1,000	,700

Método de Extração: Análise de componentes Principal.

Refazendo o cálculo anterior removendo a variável Q37, podemos observar na Tabela 63, a matriz de correlações entre as três variáveis. As mesmas geraram um total de 3 correlações  $[(3 \times 3 - 3) / 2]$ , onde  $3 \times 3$  dá o número de elementos da matriz das correlações, reduzindo os 3 elementos da diagonal (variâncias) e dividindo o total anterior por 2, uma vez que a matriz é simétrica. Deste modo as correlações significativas tem associada uma probabilidade inferior a  $0,05 / 3 = 0,0167$ , devendo ser rejeitadas todas as correlações com um valor superior. Conforme é possível ver na matriz de correlações, todas as variáveis têm uma correlação significativa entre si, uma vez que, segundo a Tabela 63, todas elas apresentam um nível de significância inferior a 0,0167.

A parte superior da matriz de correlações apresenta os coeficientes de correlação de *Pearson* entre as variáveis e a parte inferior apresenta os *p-value* para as hipóteses  $H_0: p = 0$  vs.  $H_1: p > 0$ .

Tabela 63 - Matriz de correlações das questões de Recursos Humanos

<b>Matriz de Correlação</b>			
	Rank of Q38	Rank of Q39	Rank of Q40
Correlação	Rank of Q38		
	Rank of Q39	,495	
	Rank of Q40	,480	,636
Sig. (1-tailed)	Rank of Q38		,000
	Rank of Q39	,000	
	Rank of Q40	,000	,000

Segundo os valores da Tabela 13 a medida KMO apresenta um valor de 0,681 (Aceitável), colocando em evidência a adequação da amostragem à aplicação da técnica de análise fatorial de componentes principais.

Tabela 64 Teste de KMO e Bartlett Recursos Humanos

<b>KMO and Bartlett's Test</b>		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem		,681
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	40,683
	df	3
	Sig.	,000

A Tabela 64 indica que o teste de esfericidade de Bartlett tem associado um nível de significância inferior a 0,05 demonstrando deste modo, a correlação existente. O teste de esfericidade de Bartlett forneceu um resultado muito significativo ( $\chi^2 \approx 40,683$   $df=3$ , sig.  $<.000$ ), apresentando um p-value  $< 0.001$ , valor pelo qual rejeitamos  $H_0$ , concluindo que as variáveis estão correlacionadas significativamente. Os resultados obtidos concederam legitimidade à utilização do método para tratamento das correlações entre variáveis, ao mostrar que a matriz comporta correlações significativas entre as três variáveis.

A Tabela 65 apresenta as comunalidades recalculadas, sendo está representada pela variância total explicada pelos fatores em cada variável. É assim possível observar que as variáveis Q39 “As ideias de transformação digital dos funcionários são incentivadas?” e Q40 “Ferramentas digitais são usadas para gestão de conhecimento e melhoria de habilidades?” possuem uma boa correlação com o fator retido, e a Q38 “Os funcionários podem aproveitar as ferramentas digitais para colaboração e conectividade remota?” demonstra possuir uma menor importância, uma vez que explica perto de 0,50 da variância total, conforme demonstra a coluna Extração.

Tabela 65 - Comunalidades Recursos Humanos

<b>Comunalidades</b>		
	Inicial	Extração
Rank of Q38	1,000	,604
Rank of Q39	1,000	,743
Rank of Q40	1,000	,731

Método de Extração: Análise de componentes Principal.

Em relação à consistência interna desta na análise, na Tabela 66 podemos observar que o valor de  $\alpha$  (0.776) é considerado estatisticamente aceitável como visto anteriormente.

Tabela 66 - Alfa de Cronbach Recursos Humanos

Estatísticas de confiabilidade	
Alfa de Cronbach	N of Itens
776	3

Relativamente à medida anti-imagem podemos mais uma vez observar que todos os valores da diagonal são superiores 0,5, tal como a Tabela 67 demonstra, considerando a correlação adequada e não resultando a eliminação de qualquer variável da análise.

Tabela 67 - Matriz Anti-imagem Recursos Humanos

Matriz Anti-Imagem				
		Rank of Q38	Rank of Q39	Rank of Q40
Covariância Anti-Imagem	Rank of Q38	,709	-,175	-,155
	Rank of Q39	-,175	,549	-,290
	Rank of Q40	-,155	-,290	,559
Correlação Anti-imagem	Rank of Q38	,774 <sup>a</sup>	-,280	-,246
	Rank of Q39	-,280	,649 <sup>a</sup>	-,523
	Rank of Q40	-,246	-,523	,655 <sup>a</sup>

a. Measures of Sampling Adequacy (MSA)

Usando o critério de Kaiser para escolher o número de fatores a reter, tendo em conta o número de valores próprios superiores ao valor 1, é observável na Tabela 68 que foi retido 1 fator que explica 69,25% da variância dos dados originais. Uma vez que apenas 1 fator foi retido, não é possível efetuar-se a rotação dos dados. De acordo com o verificado pela Figura 30 é possível constatar-se que o *scree plot* corrobora igualmente a retenção de apenas um fator.

Tabela 68 - Variância total explicada Recursos Humanos

Variância Total Explicada						
Componente	Inicial Eigenvalues			Extração Sums of Squared Loadings		
	Total	% de Variância	Cumulativa %	Total	% de Variância	Cumulativa %
1	2,078	69,252	69,252	2,078	69,252	69,252
2	,559	18,634	87,886			
3	,363	12,114	100,000			

Método de Extração: Análise de componentes Principal.

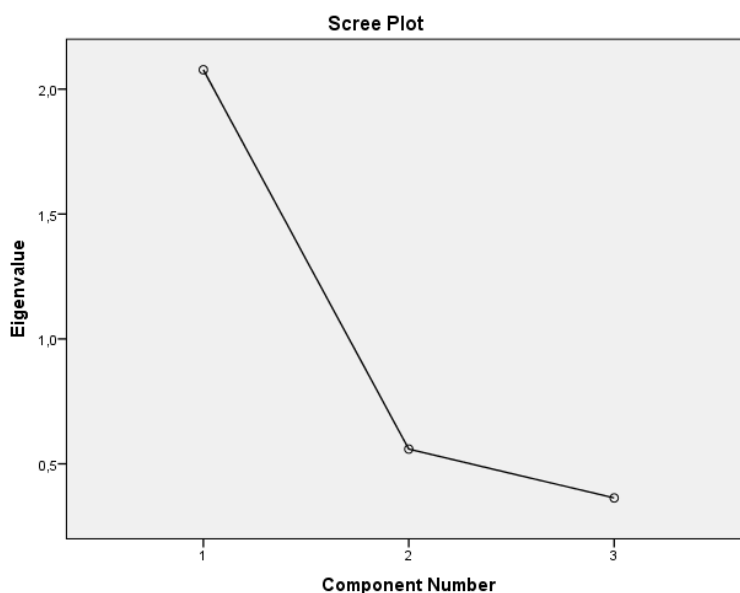


Figura 30 - Gráfico scree plot Recursos Humanos

A matriz de componentes, que poderá ser encontrada na Tabela 69 demonstra que a correlação entre Q39 “As ideias de transformação digital dos funcionários são incentivadas?” E Q40 “Ferramentas digitais são usadas para gestão de conhecimento e melhoria de habilidades?” são as que maior correlação têm com o único fator retido, com um valor superior a 0,8.

Tabela 69 - Matriz componentes Recursos Humanos

Matriz de Componentes <sup>a</sup>	
	Componente
	1
Rank of Q39	,862
Rank of Q40	,855
Rank of Q38	,777
Método de Extração: Análise de componentes Principal.	
a. 1 Componentes extraídos.	

Mais uma vez é constata-se que a soma dos quadrados dos coeficientes das variáveis para cada fator (soma em coluna) é o valor próprio das componentes, já observados na Tabela 68:

$$\text{Fator 1} = 0,862^2 + 0,855^2 + 0,777^2 \approx 2.708.$$

Deste modo, a composição do fator principal é a seguinte:

$$\text{Fator 1} = 0,862 \text{ Q39} + 0,855 \text{ Q40} + 0,777 \text{ Q38}$$

É então patente que a digitalização dos meios de gestão de conhecimentos que auxiliando tanto localmente como remotamente a fomentação de novas ideias de transformação a todos os níveis aumenta o seu nível de maturidade I4.0 do bloco

Recursos Humanos apesar de a grande maioria das empresas não possuir uma equipa dedicada para o fazer.

Por último será analisado se dentro dos 3 grupos diferentes níveis de perceção da Indústria 4.0 agregados anteriormente, existem diferenças significativas e para o fazer será aplicada a técnica de ANOVA unidirecional, definindo as hipóteses do teste como:

- **H<sub>0</sub>**: Não existem diferenças entre o fator de maturidade do bloco Recursos Humanos nas três classes de perceção.
- **H<sub>1</sub>**: Há pelo menos um nível com uma perceção diferente.

Procedendo ao cálculo da ANOVA é obtida a Tabela 70 abaixo. Visto o  $p=0.001$  ser inferior a 0,05 a hipótese nula (**H<sub>0</sub>**) é rejeitada, demonstrando assim que existem diferenças entre os níveis analisados.

Tabela 70 - ANOVA do Índice de perceção no bloco Recursos Humanos

ANOVA					
Fator Recursos Humanos					
	Soma de Quadrados	df	Média Quadrada	F	Sig.
Entre Grupos	13,217	2	6,608	8,680	,001
Dentro de Grupos	35,783	47	,761		
Total	49,000	49			

Para determinar entre que grupos existem diferenças significativas, é executado um teste post-hoc Tukey cujos resultados estão patentes na Tabela 71.

Tabela 71 - Comparação entre grupos Recursos Humanos

Comparações Múltiplas						
Variável Dependente: fator Recursos Humanos						
Tukey HSD						
(I) I	(J)	Diferença de Médias(I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de confiança 95%	
					Limite Inferior	Limite Superior
Baixo	Médio	-,55756714	,28784132	,140	-1,2541781	,1390439
	Alto	-1,29392243*	,31085798	,000	-2,0462366	-,5416083
Médio	Baixo	,55756714	,28784132	,140	-,1390439	1,2541781
	Alto	-,73635529	,32148167	,067	-1,5143800	,0416695
Alto	Baixo	1,29392243*	,31085798	,000	,5416083	2,0462366
	Médio	,73635529	,32148167	,067	-,0416695	1,5143800

\*. A diferença de médias é significativa ao nível 0.05

O teste post-hoc de Tukey revelou que as empresas com um nível de percepção Baixo possuem um nível de maturidade das Operações estatisticamente significativamente menor que as organizações com o nível Alto ( $p = 0,000$ ). Não existindo diferença estatisticamente significativa entre os grupos Médio e Alto ( $p = 0,067$ ) e o grupo Baixo e Médio ( $p = 0,140$ ).

Em relação aos recursos humanos as empresas com nível de maturidade da I4.0 Baixa demonstram diferença significativa em relação às empresas com maturidade Alta mostrando que a digitalização dos meios de gestão de conhecimentos e a fomentação de novas ideias de transformação a todos os níveis aumenta o seu nível de maturidade I4.0.

### 3.4.3 COMPARAÇÃO COM ESTUDOS PRÉVIOS

#### 3.4.3.1 A SURVEY STUDY ON INDUSTRY 4.0 FOR NEW ZEALAND MANUFACTURING

Como foi dito anteriormente 6 questões do inquérito elaborado (as questões 9 a 13 e 15), focadas integralmente na Indústria 4.0 foram adaptadas de um estudo previamente existente “A Survey Study on Industry 4.0 for New Zealand Manufacturing” (Hamzeh et al., 2018) torna-se então pertinente comparar os resultados obtidos.

##### 3.4.3.1.1 CONTRIBUIÇÃO DOS INVESTIMENTOS NAS FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0

Apesar de a questão ter sido colocada de forma diferente, dando hipótese de mais que uma escolha no inquérito realizado, é possível ver na Figura 26 que também a melhoria da Produção é considerada a área onde a Indústria 4.0 terá mais contributos.

É de salientar que em ambos os inquéritos as empresas que consideram que todos os setores serão beneficiados e que não haverá benefícios é semelhante (21% /12% na Nova Zelândia e 18%/10% em Portugal)

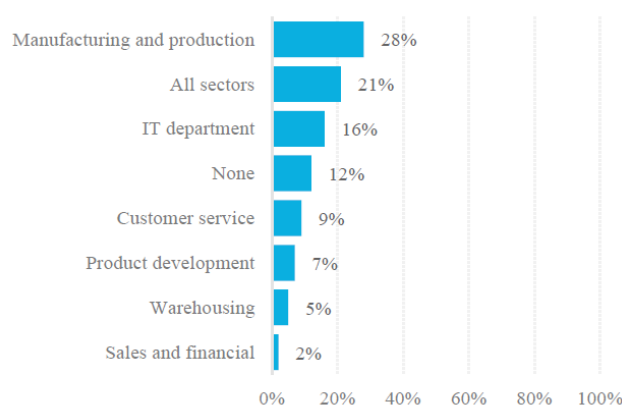


Figura 31 - Contribuição dos investimentos nas ferramentas da Indústria 4.0 (Hamzeh et al., 2018)

### 3.4.3.1.2 APLICAÇÃO DE IT NA GESTÃO DE DIFERENTES PROCESSOS

Na Figura 27 é visível que as empresas neozelandesas têm aplicação de IT ligeiramente superior à obtida em Portugal, que já de si era elevada. Contabilidade e Finanças ultrapassam em 8% as Compras e Gestão de Inventário que tinham a maior taxa de utilização no nosso país. Também aqui os processos onde menos são aplicadas são o Após Venda (28%) e a Gestão Energética (21%).

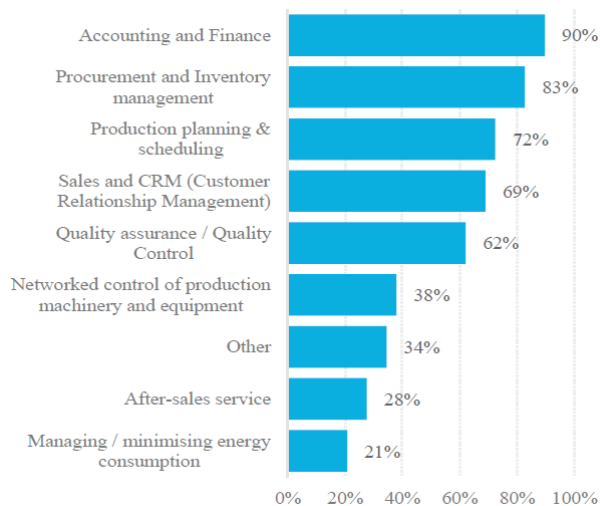


Figura 32 - Aplicação de IT (Hamzeh et al., 2018)

### 3.4.3.1.3 POTENCIAIS BENEFÍCIOS

Mais uma vez, na elaboração do inquérito, nesta questão foi dada a hipótese aos inquiridos de optar pois mais de uma opção ao contrario do inquérito no qual a questão se baseava mas mesmo assim é observável na Figura 28 que Aumento de agilidade Melhoria dos Serviços e a Redução dos Custos como os maiores benefícios. Sendo que no caso neozelandês, esta última é considerada a mais importante por mais de um terço dos inquiridos. É pertinente referir que a percentagem das organizações que uma consideram que a Indústria 4.0 não traria qualquer melhoria para a sua organização é muito próxima dos 3% portugueses.

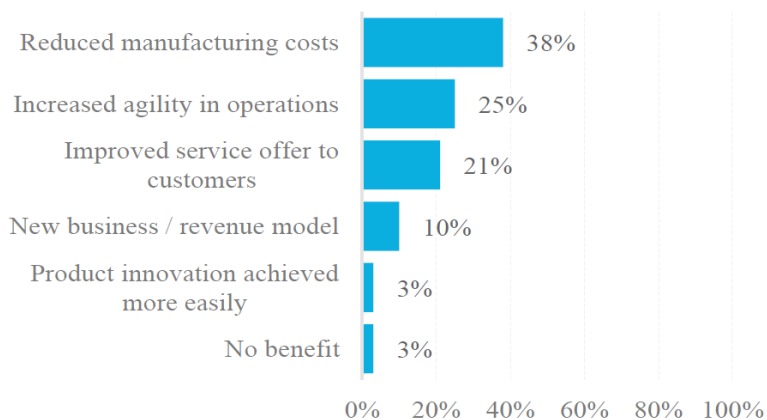


Figura 33 - Potenciais benefícios da indústria 4.0 (Hamzeh et al., 2018)

### 3.4.3.1.4 POSSÍVEIS OBSTÁCULOS

Na Figura 29 está patente que tal como no território nacional, ao questionar as empresas sobre quais os potenciais obstáculos à implementação da Indústria 4.0 podemos observar que o grande foco se encontra nos possíveis elevados investimentos temporais e de fundos, assim como na dificuldade de acesso a colaboradores com os conhecimentos necessários.

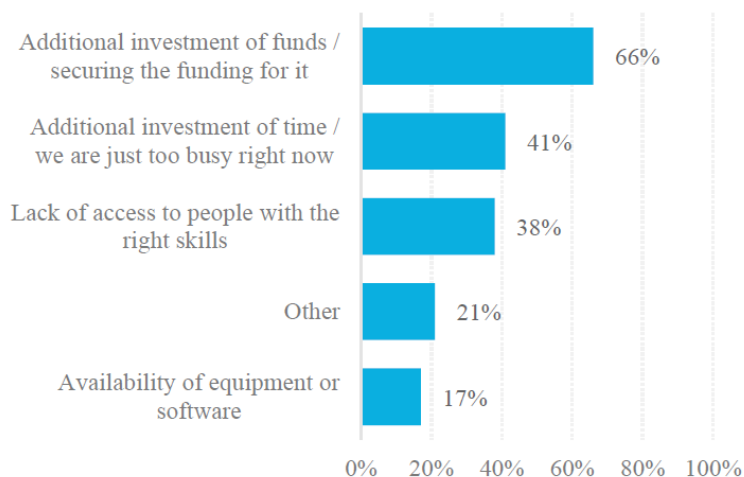


Figura 34 - Potenciais obstáculos da indústria 4.0 (Hamzeh et al., 2018)

### 3.4.3.1.5 JANELA TEMPORAL POSSÍVEL DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Na Figura 30 é possível observar que contrariamente aos resultados nacionais, as empresas inquiridas no estudo em questão estavam mais avançadas no tempo previsto de implementação, onde cerca de 50% previa fazê-lo dentro de um ano após a realização do inquérito e cerca de um terço numa janela temporal entre 13 e 24 meses. O número das empresas sem planos de implementação é bastante inferior às empresas nacionais (10% versus 32%). É de salientar que aquando do estudo nenhuma empresa tinha a Indústria 4.0 implementada enquanto que em Portugal 22% das organizações já o tinham feito.

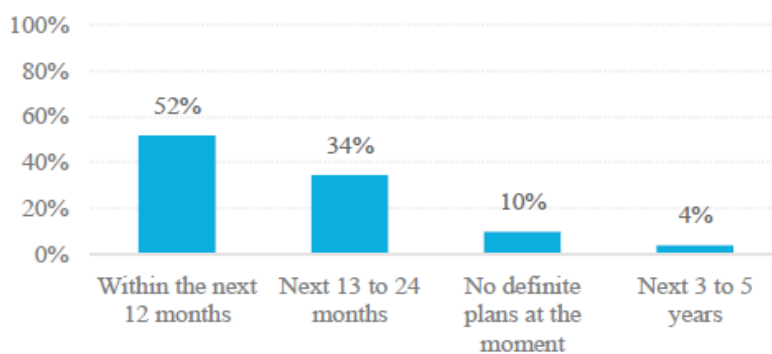


Figura 35 - Janela temporal possível de implementação da Indústria 4.0 (Hamzeh et al., 2018)

### 3.4.3.1.6 NÍVEL DE PERCEÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Como é visível na Figura 31 o nível de percepção observado no estudo neozelandês é bastante superior ao nacional, onde apesar das empresas que possuem um nível Médio/Acima da Média ser semelhante, cerca de 50%. O número das empresas com nível mais elevado é muito inferior, com apenas 2% das empresas nacionais a atingir esse nível enquanto que na Nova Zelândia é atingido por 16%.

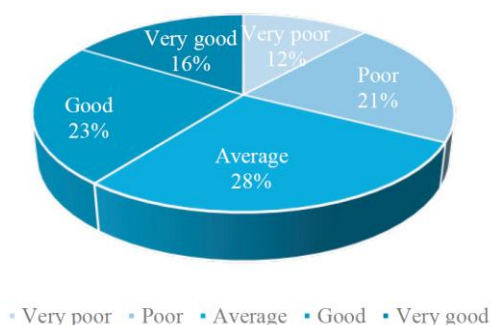


Figura 36 - Nível de Percepção da Indústria 4.0 (Hamzeh et al., 2018)

### 3.4.3.2 PWC 2016 GLOBAL INDUSTRY 4.0

Este estudo “Global Industry 4.0” da PwC foi elaborado tendo por base num questionário, conduzido entre novembro de 2015 e janeiro de 2016 a cerca de 2100 executivos de empresas de 26 países, nos continentes Europeu, Américas, Ásia Pacífico, Médio Oriente e África. Sendo os resultados de Portugal baseados em 56 entrevistas obtidas. Os respondentes foram maioritariamente Chief Digital Officers, ou de outra posição de relevo, responsáveis pela implementação da estratégia e atividades relacionadas com a Indústria 4.0.

Das principais conclusões desse estudo, é possível verificar que as empresas líderes estão a digitalizar as suas funções essenciais nas suas operações internas verticais bem como a nível horizontal, com os seus parceiros ao longo de toda a cadeia de valor. Adicionalmente, já estão a ser desenvolvidos portfólios de produtos com funcionalidades digitais e serviços inovadores de bases de dados.(PWC, 2016)

No mesmo, os inquiridos esperavam, ao nível nacional, que em 2020 estariam com um nível de digitalização nas suas operações de 86%, em face dos 34% aquando da realização do inquérito. Comparando com os resultados obtidos no estudo atual, é visível que essa digitalização ainda não aconteceu aos níveis esperados, tendo apenas 36% dos inquiridos considerado que a digitalização dos seus processos acima da média.

No que toca aos possíveis obstáculos, a falta de cultura digital e formação (58%), benefício económico indefinido (38%), e o elevado investimento financeiro (27%) foram

as maiores dificuldades apontadas. Sendo esta última razão acrescida do investimento temporal adicional os maiores obstáculos encontrados.

### 3.4.3.3 *DELOITTE INDUSTRY 4.0 – AT THE INTERSECTION OF READINESS AND RESPONSABILITY*

Este estudo é baseado num inquérito a 2029 executivos globais e líderes do setor público conduzida pela KS&R Inc., de julho a setembro de 2019. Os participantes da pesquisa representaram 19 países das Américas, Ásia-Pacífico e Europa / África do Sul, sendo maioritariamente, executivos de nível C e líderes seniores do setor público.

O mesmo examina a relação entre o desenvolvimento e a responsabilidade dos líderes empresariais na inserção à Indústria 4.0, focando-se em quatro abordagens essenciais em relação à estratégia, ao impacto social, ao aperfeiçoamento de talentos e à tecnologia. Demonstrando que as empresas que possuem uma estratégia abrangente têm tido um desempenho positivo, enquanto outras enfrentam dificuldades. (Deloitte Insights, 2019)

No mesmo é visível que globalmente dois terços das empresas não têm estratégias formais ou não dispõem de abordagens claras quanto às práticas da Indústria 4.0. Por outro lado, apenas 10% dos CXOs (Chief Experience Officers) disseram ter estratégias de longo prazo que envolvem o uso de tecnologias, permitindo crescimento exponencial. Apenas 17% dos CXOs afirmam que fazem investimentos efetivos em tecnologia para a Indústria 4.0, sendo uma questão prioritária. Quase um terço dos executivos disse que integrar as tecnologias da Indústria 4.0 em suas operações "não era tão importante"; apenas 4 por cento acharam que era "muito importante". O mesmo também é visível no trabalho atual onde mais de um terço dos inquiridos não possui qualquer alocação de fundos para adotar medidas digitais e cerca de 18% fazem uma alocação Alta/Muito Alta. Essa abordagem da estratégia sugere que alguns líderes podem ainda não avaliar as implicações da Indústria 4.0 ou seus benefícios potenciais.

Segundo a Deloitte as organizações continuam a lutar para garantir que sua força de trabalho possua as habilidades necessárias para ter sucesso em um ambiente digital: apenas um quinto dos executivos concorda completamente que suas organizações estão prontas atualmente, e apenas 10 por cento disseram que não fizeram um grande progresso identificando, atraindo e retendo o talento certo. Comparativamente nos resultados obtidos no estudo corrente mais de 50% das empresas consideram que não possui uma equipa capaz de proceder à inserção na Indústria 4.0.. No estudo da Deloitte é possível observar que quatro em cinco das organizações de alto crescimento possuem essas equipas.

A responsabilidade pelo desenvolvimento dessas habilidades parece ter mudado. Um número crescente de líderes agora aceita a responsabilidade pelo desenvolvimento de sua força de trabalho, tendo 80% dos CXOs dito à Deloitte que criaram ou estão a criar uma cultura corporativa de aprendizagem, com outros 17% a planear fazê-lo. Em Portugal podemos observar que quase 80% das 50 empresas

auscultadas usa meios digitais para gestão e melhoria de conhecimentos, sendo as ideias de transformação digital incentivadas por um igual número de organizações.

### 3.4.4 SUGESTÕES PARA UMA IMPLEMENTAÇÃO DE SUCESSO

As organizações que pretendem alterar os seus modelos de negócio para a Indústria 4.0, devem considerar relevantes todas as competências digitais.

Estes processos são morosos e é necessário o comprometimento total por parte da gestão e consideráveis investimentos na implementação das soluções para se obter uma vantagem competitiva face à concorrência.

Assim sendo, a PwC definiu seis principais etapas, para que as empresas se possam diferenciar no ambiente digital (PWC, 2016):



Figura 37 – Etapas para a diferenciação no ambiente digital (PWC, 2016)

#### 1 - Definir a sua estratégia para a Indústria 4.0

As organizações deverão avaliar a sua atual maturidade digital e definir claros objetivos para os próximos cinco anos. As medidas que irão trazer maiores benefícios à sua empresa serão prioritárias e terão de estar alinhadas com a estratégia. Tendo a liderança da sua empresa de estar alinhada e disposta a suportar e defender a abordagem escolhida.

#### 2 - Desenvolver projetos-piloto

Devido à possível dificuldade em financiar os projetos ou obter o compromisso de todos os stakeholders, dada a dificuldade em calcular e demonstrar os benefícios dos

projetos de digitalização, projetos-piloto devem ser utilizados para apresentar os conceitos e demonstrar o valor acrescentado que estes podem trazer à organização. Será importante escolher os melhores projetos tendo consciência de que nem todos vão alcançar o sucesso esperado, mas irão ser bastante úteis na identificação da abordagem que pode resultar na empresa em questão.

### **3 - Definir quais as competências essenciais necessárias**

Com a experiência obtida nos projetos-piloto, o passo seguinte passa por mapear detalhadamente a arquitetura da empresa e saber quais as competências essenciais necessárias, incluindo no processo de mudança, medidas que possam ser eficientes para o desenvolvimento da Indústria 4.0, tais como infraestruturas tecnológicas ágeis. Estratégias de implementação de novas tecnologias terão de ser desenvolvidas, estimulando as pessoas e que possam ser benéficas à operacionalização da empresa. Sendo um dos grandes desafios conseguir recrutar os talentos mais competentes, bem como, formar os já existentes, para que consigam auxiliar a empresa a implementar todos os processos de digitalização.

### **4 - Desenvolver as capacidades de análise de dados**

A melhor forma de organizar uma área de análise de dados terá de ser bem definida, sendo um bom primeiro passo a criação de equipas de especialistas multifuncionais. Posteriormente, estas competências poderão ser integradas na estrutura funcional da sua empresa. É fulcral as empresas aprenderem a obter valor dos dados, desenvolvendo ligações diretas entre o processo de decisão e o desenvolvimento de sistemas inteligentes, utilizando todos os dados para melhorar os seus produtos e processos.

### **5 - Transformar-se numa empresa digital**

A decisão de proceder a uma transformação digital na organização deve ser levada em consideração, com liderança, compromisso e visão por parte da gestão de topo e comunicada com clareza a todos as partes envolvidas. Todos os colaboradores deverão estar alinhados com esse objetivo, na forma como agem e pensam, experimentando as novos conceitos e tecnologias e aprendendo novas formas de executar. Esta mudança para a Indústria 4.0 não será feita apenas de uma só vez, exigindo constante atualização. Para que consiga manter a sua competitividade no mercado, a empresa terá a necessidade de reinventar as suas capacidades e competências a um ritmo mais elevado do que no passado.

## **6 - Planear ativamente uma abordagem ao ecossistema digital**

A Indústria 4.0 terá de estender-se a mais do que a integração vertical ou horizontal, dentro da empresa, sendo o desenvolvimento de soluções de produtos e serviços para os clientes uma ação fundamental. Os maiores avanços na performance ocorrem quando as empresas procuram entender os comportamentos dos clientes, permitindo-lhe definir qual o papel da sua empresa num futuro ecossistema de parceiros, fornecedores e consumidores. A importância de fazer parte de um ecossistema é impulsionada pelo número de parceiros e pelo grau das suas relações. Sendo o maior desafio definir quais os incentivos mais adequados e encontrar os melhores modelos de partilha de benefícios, compensando todos os intervenientes pela sua contribuição.



# CONCLUSÕES

- 4.1 CONCLUSÕES
- 4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS
- 4.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO



## 4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

### 4.1 CONCLUSÕES

Os objetivos definidos inicialmente foram todos cumpridos ao longo do desenvolvimento desta tese de Mestrado. Analisando os resultados obtidos para cada um, conclui-se que:

- Foi possível analisar a percepção e conhecimento sobre a Indústria 4.0 pelas empresas a operar em Portugal;
- Foi possível averiguar o estado de aplicação das suas ferramentas e métodos no panorama nacional;
- Foi possível determinar os fatores mais importantes para a definição do nível de maturidade da implementação da Indústria 4.0.

Observamos então que as organizações terão de se adaptar ao impacto da Quarta Revolução Industrial, na forma como se desenvolvem os seus negócios. Considerando que a revolução industrial se promove com forte base tecnológica, as organizações necessitarão, de alguma forma, entrar na nova realidade da digitalização que surge com as novas tecnologias.

Conceitos e metodologias inerentes à indústria 4.0, é ainda incipiente no território nacional, esse fato é explicável, por um lado, pela despreocupação e/ou desconhecimento do tema.

Sendo este um tema ainda emergente, apresenta diversos desafios a serem vencidos. De uma forma geral, será necessário uma preparação e adaptação à I4.0. Terá de ocorrer uma mudança de estratégia para modelos de maior flexibilidade para as potencialidades da tecnologia, uma maior aproximação com os clientes que deverão ser integrados nesses serviços. Ao nível das operações será necessária uma maior autonomia e descentralização. Além disso, a adoção do paradigma da I4.0, pressupõe ainda, o reposicionamento de produtos e serviços.

Concluimos que apesar de estarem cientes dos potenciais benefícios da sua implementação, as organizações estudadas ainda olham com alguma reticência para esta mudança de paradigma temendo elevados investimentos monetários e de tempo. Temendo também que as suas organizações não possuem recursos humanos com conhecimento suficiente e que os mesmos são difíceis de obter. Assim sendo, os colaboradores terão de desenvolver novas capacidades e qualificações, uma vez que as empresas passarão a exigir um colaborador diferente, muito mais versátil, ágil e conectado.

Concluiu-se que mesmo assim o nível de conhecimento apresentado neste trabalho pelas empresas convidadas é ligeiramente superior ao inicialmente assumido pelas mesmas. Essa constatação deverá estar ligada ao facto de apesar de conhecerem e utilizarem metodologias da Indústria 4.0 não as associam à mesma por desconhecimento dos seus conceitos básicos.

Ao proceder-se à análise fatorial e comparação de médias conclui-se que a nível estratégico o facto de as empresas possuírem uma equipa dedicada à digitalização e fazer um esforço transversal para traduzir essa digitalização a todos os níveis aumenta o seu nível de maturidade I4.0.

Na mesma análise concluiu-se também que as empresas com um nível de maturidade de Experiência do Cliente Médio/Alto possuem um nível de perceção superior baseado na interação com os clientes em vários canais digitais, recolhendo informações de forma a continuamente melhorar produtos e serviços.

Foi possível concluir e afirmar que facto de as organizações inquiridas possuírem ao nível das Operações, software integrados de gestão para monitorização e controlo de processos, podendo acedê-los remotamente aumenta o seu nível de maturidade I4.0 nesse fator. Esse fator causa uma diferença significativa entre as empresas com maturidade Alta e as de Baixa.

Conclui-se também que as organizações com um nível de maturidade de Produtos e Inovações Médio/Alto possuem um nível de perceção superior baseado na sua capacidade de inovação, suportada por novos modelos e ferramentas digitais.

Em relação aos Recursos Humanos, conclui-se então que a digitalização dos meios de gestão dos conhecimentos e a fomentação de novas ideias de transformação aumenta o seu nível de maturidade I4.0 do bloco Recursos Humanos apesar de a grande maioria das empresas não possuir uma equipa dedicada para o fazer. Existindo uma diferença estatisticamente significativa entre as empresas com nível e Alto e as de nível Baixo.

Foi também possível observar que, comparativamente com o estudo do qual foram adaptadas algumas questões deste inquérito, apesar das empresas nacionais

apresentarem uma perceção inferior às neozelandesas sobre o tema do estudo, ambos os países apresentam esperanças e receios bastante semelhantes no que diz respeito à implementação da digitalização.

Por último, ao comparar os resultados com estudos prévios da PWC e da Deloitte foi possível concluir que as empresas nacionais ainda não atingiram os níveis de digitalização esperados para 2020. Apesar da crescente alocação de recursos monetários e humanos para o desenvolvimento digital das empresas.

## 4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

O trabalho de investigação, que culmina com a apresentação da presente dissertação, permite sugerir algumas orientações de trabalho futuro que, dando a continuidade ao aqui apresentado, podendo trazer contributos importantes para o refinamento dos pilares de referencia para a indústria 4.0, tendências abordadas no capítulo 2, apresentam diversos benefícios que a manutenção inteligente baseada na I4.0 pode trazer para indústria.

Para tal seria interessante alargar este estudo a um maior número de participantes podendo comparar os resultados por tipologia, dimensão da empresa, volume de negócios, etc.

## 4.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Embora terem sido respondidas das questões da investigação, interessa salientar algumas limitações do trabalho desenvolvido:

Apesar do cuidado com a dimensão e aspeto do questionário, este pode ter inibido os inquiridos, devido ao seu formato, aumentando assim a probabilidade de um número menos abrangente de respostas consoante a amostra inquirida.

Não obstante de se terem atingido os requisitos mínimos para a realização do tratamento estatístico, uma maior amostra iria fortalecer os resultados das análises.



**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES  
DE INFORMAÇÃO**



## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkaya, E., Bogurcu, M., Ulutas, F., & Demirer, G. N. (2015). Adaptation to Climate Change in Industry: Improving Resource Efficiency through Sustainable Production Applications. *Water Environment Research*.  
<https://doi.org/10.2175/106143014x14062131178952>
- Baena, F., Guarin, A., Mora, J., Sauza, J., & Retat, S. (2017). Learning Factory: The Path to Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 9, 73–80.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.022>
- Bagheri, B., Yang, S., Kao, H. A., & Lee, J. (2015). Cyber-physical systems architecture for self-aware machines in industry 4.0 environment. *IFAC-PapersOnLine*.  
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.318>
- 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*.  
<https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (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*.
- Calero Valdez, A., Brauner, P., Schaar, A. K., Holzinger, A., & Ziefle, M. (2015). Reducing Complexity with Simplicity - Usability Methods for Industry 4.0. *19th Triennial Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2015)*.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4253.6809>
- Caricato, P., & Grieco, A. (2017). An Application of Industry 4.0 to the Production of Packaging Films. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 949–956.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.199>
- Carvalho, A., O' Mahony, N., Krpalkova, L., Campbell, S., Walsh, J., & Doody, P. (2019). At the edge of industry 4.0. *Procedia Computer Science*, 155(2018), 276–281.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.039>
- Carvalho, N., Chaim, O., Cazarini, E., & Gerolamo, M. (2018). Manufacturing in the fourth industrial revolution: A positive prospect in Sustainable Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 21, 671–678.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.170>
- Coelho, P. M. N. (2016). Rumo à Indústria 4.0. *Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade de Coimbra*, 65. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2018.08.019>
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204(December 2017), 383–394.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>

- Dassisti, M., Giovannini, A., Merla, P., Chimienti, M., & Panetto, H. (2018). An approach to support I4.0 adoption in SMEs: a core-metamodel and applications. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.232>
- 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(January), 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.017>
- Deloitte. (2017). 4.0 Industria. *COTEC Portugal*.
- Deloitte Insights. (2018). The Fourth Industrial Revolution is here—are you ready? *Deloitte Insights*. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.10.029>
- Deloitte Insights. (2019). The fourth industrial revolution: At the intersection of readiness and responsibility. In *Deloitte Insights*. <https://doi.org/10.4337/9781786430328.00006>
- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihm, W. (2016). Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production. *Procedia CIRP*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.162>
- European Parliament. (2017). Digitising Industry (Industry 4.0) and Cybersecurity. In *Industry, Research and Energy (Itre)*. <https://doi.org/10.2861/268729>
- Freitas, R. (2019). *A indústria 4.0 no Tâmega e Sousa numa dupla perspetiva: indústria vs empresas tecnológicas*.
- Gkypali, A., Arvanitis, S., & Tsekouras, K. (2018). Absorptive capacity, exporting activities, innovation openness and innovation performance: A SEM approach towards a unifying framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(November 2017), 143–155. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.025>
- Grieco, A., Caricato, P., Gianfreda, D., Pesce, M., Rigon, V., Tregnaghi, L., & Voglino, A. (2017). An Industry 4.0 Case Study in Fashion Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 871–877. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.190>
- Grodner M. , Kokot W. , Kolenda P. , Krejtz K. , Legoń A. , Rytel P., W. R. (2015). *Internet rzeczy w Polsce*. 36. Retrieved from <https://iab.org.pl/wp-content/uploads/2015/09/Raport-Internet-Rzeczy-w-Polsce.pdf>
- Hamzeh, R., Zhong, R., & Xu, X. W. (2018). A Survey Study on Industry 4.0 for New Zealand Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 26, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.007>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Holmström, J., Holweg, M., Khajavi, S. H., & Partanen, J. (2016). The direct digital manufacturing (r)evolution: definition of a research agenda. *Operations Management Research*. <https://doi.org/10.1007/s12063-016-0106-z>
- Hsu, C. L., & Chen, M. C. (2018). How does gamification improve user experience? An empirical investigation on the antecedences and consequences of user experience and its mediating role. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(November 2017), 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.023>

- Ivanov, D., Sokolov, B., & Ivanova, M. (2016). Schedule coordination in cyber-physical supply networks Industry 4.0. *IFAC-PapersOnLine*.  
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.879>
- JosephNg, P. S. (2018). EaaS Optimization: Available yet hidden information technology infrastructure inside medium size enterprise. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(April 2017), 165–173.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.030>
- Kagermann, H. (2014). Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8_31)
- 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 perspective on industry 4.0: From challenges to opportunities in production systems. *IoTBD 2016 - Proceedings of the International Conference on Internet of Things and Big Data*.  
<https://doi.org/10.5220/0005929704410448>
- Kim, J. (2018). Are countries ready for the new meso revolution? Testing the waters for new industrial change in Korea. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(November 2017), 34–39. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.006>
- Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnLine*. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.359>
- Landherr, M., Schneider, U., & Bauernhansl, T. (2016). The Application Center Industrie 4.0 - Industry-driven Manufacturing, Research and Development. *Procedia CIRP*.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.006>
- 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>
- Li, G., Hou, Y., & Wu, A. (2017). Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods. *Chinese Geographical Science*.  
<https://doi.org/10.1007/s11769-017-0890-x>
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*.
- Lopes, A. P. V. B. V., & de Carvalho, M. M. (2018). Evolution of the open innovation paradigm: Towards a contingent conceptual model. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(March), 284–298.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.02.014>
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1–10.  
<https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Luo, J., & Triulzi, G. (2018). Cyclic dependence, vertical integration, and innovation: The case of Japanese electronics sector in the 1990s. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(December 2017), 46–55.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.009>

- Luque, A., Peralta, M. E., de las Heras, A., & Córdoba, A. (2017). State of the Industry 4.0 in the Andalusian food sector. *Procedia Manufacturing*.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.195>
- MACDOUGALL, W. (2014). W. Industrie 4.0 smart manufacturing for the future. *Alemanha*.
- Marilungo, E., Papetti, A., Germani, M., & Peruzzini, M. (2017). From PSS to CPS Design: A Real Industrial Use Case Toward Industry 4.0. *Procedia CIRP*.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.007>
- Maroco, J. (2007). Análise estatística com Utilização do SPSS. 3a edição. *Edições Silabo, Lisboa*.
- MILONE, G. (2009). *Estatística geral e aplicada*. São Paulo: Centage Learning,.
- 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(December 2017), 2–17.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.019>
- Neugebauer, R., Hippmann, S., Leis, M., & Landherr, M. (2016). Industrie 4.0 - From the Perspective of Applied Research. *Procedia CIRP*, 57, 2–7.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.002>
- Pestana, M. H., & Gageiro, J. N. (2008). Análise de Dados para Ciências Sociais. A Complementaridade do SPSS. 6ª Edição Edição revista e aumentada. In *5ª Edição Revista E Corrigida*.
- Portugal2020. (2017). “Qualificação das PME” “Vale Indústria 4.0.” *Concurso Para Apresentação Decandidaturas Aviso N.º 19/SI/2017*.
- Pradhan, R. P., Arvin, M. B., & Bahmani, S. (2018). Are innovation and financial development causative factors in economic growth? Evidence from a panel granger causality test. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(January), 130–142. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.024>
- PWC. (2016). 2016 Global Industry 4.0 Survey. In *PWC Global Industry*.
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond. *Procedia CIRP*.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- Ranjan, R., Zhao, L., Wu, X., Liu, A., Quiroz, A., & Parashar, M. (2010). *Peer-to-Peer Cloud Provisioning: Service Discovery and Load-Balancing*.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-84996-241-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-84996-241-4_12)
- Reischauer, G. (2018). Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(December 2017), 26–33.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.02.012>
- Rennung, F., Luminosu, C. T., & Draghici, A. (2016). Service Provision in the Framework of Industry 4.0. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.127>
- Rüssmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing

- Industries. In *The Boston Consulting Group*. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Santos, B. P., & Alberto, A. (2018). *Indústria 4.0: desafios e oportunidades*. 111–124.
- Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., & Prote, J. P. (2014). Collaboration mechanisms to increase productivity in the context of industrie 4.0. *Procedia CIRP*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.05.016>
- Sijtsma, K. (2009). On the use, the misuse, and the very limited usefulness of cronbach's alpha. *Psychometrika*. <https://doi.org/10.1007/s11336-008-9101-0>
- Simons, S., Abé, P., & Nesper, S. (2017). Learning in the AutFab – The Fully Automated Industrie 4.0 Learning Factory of the University of Applied Sciences Darmstadt. *Procedia Manufacturing*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.023>
- Sipsas, K., Alexopoulos, K., Xanthakis, V., & Chryssolouris, G. (2016). Collaborative Maintenance in flow-line Manufacturing Environments: An Industry 4.0 Approach. *Procedia CIRP*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.09.013>
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40(lcc), 536–541. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(November 2017), 40–45. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005>
- Thoben, K. D., Wiesner, S. A., & Wuest, T. (2017). “Industrie 4.0” and smart manufacturing-a review of research issues and application examples. *International Journal of Automation Technology*. <https://doi.org/10.20965/ijat.2017.p0004>
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). ScienceDirect ScienceDirect ScienceDirect Industry 4 . 0 – A Glimpse Industry 4 . 0 – A Glimpse Costing models for capacity optimization in Industry 4 . 0 : Trade-off between used capacity and operational efficiency. *Procedia Manufacturing*, 20, 233–238. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034>
- von Briel, F. (2018). The future of omnichannel retail: A four-stage Delphi study. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(February), 217–229. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.02.004>
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*. <https://doi.org/10.1155/2016/3159805>
- Witkowski, K. (2017). Internet of Things , Big Data , Industry 4 . 0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.197>
- Xu, L. Da, Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- Yeh, C. C., & Chen, Y. F. (2018). Critical success factors for adoption of 3D printing. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(January), 209–216. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.02.003>

- Zhang, Y., Ren, S., Liu, Y., & Si, S. (2017). A big data analytics architecture for cleaner manufacturing and maintenance processes of complex products. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.123>
- Zheng, X., Martin, P., Brohman, K., & Xu, L. Da. (2014). Cloud service negotiation in internet of things environment: A mixed approach. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2305641>
- Zouaghi, F., Sánchez, M., & Martínez, M. G. (2018). Did the global financial crisis impact firms' innovation performance? The role of internal and external knowledge capabilities in high and low tech industries. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(November 2017), 92–104. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.011>

# ANEXOS

## 6.1 ANEXO 1 - INQUÉRITO



## 6 ANEXOS

### 6.1 ANEXO 1 - INQUÉRITO

#### Estudo da Percepção da Indústria 4.0 em Portugal

Com a Quarta Revolução Industrial a ser implementada em todo mundo torna-se pertinente fazer um ponto de situação sobre o actual conhecimento da mesma no território nacional.

No âmbito da unidade curricular Dissertação do Mestrado em engenharia Mecânica Ramo de De Gestão Industrial no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) do Instituto Politécnico do Porto (P.PORTO), o presente questionário tem como objectivo principal, analisar a percepção e conhecimento sobre a Indústria 4.0 no panorama nacional, por sector de actividade e dimensão das empresas. Apelamos a sua colaboração, a qual é crucial para a obtenção de um trabalho academicamente relevante.

O questionário demora, no máximo, entre 5 a 10 minutos a ser preenchido, sendo constituído por respostas curtas e de escolha múltipla. A qualquer momento, pode interromper o preenchimento do questionário.

Os dados obtidos através deste questionário são estritamente confidenciais, sendo as questões tratadas de forma agregada e apenas serão utilizados no âmbito deste estudo, sendo que o anonimato será mantido em todas as fases do mesmo.

Em agradecimento à sua colaboração desde já me comprometo a enviar o tratamento estatístico resultante deste inquérito após a defesa da tese.

Obrigado pela participação!

**\*Obrigatório**

#### Dados da Empresa

1. Nome da Empresa: \*

---

2. CAE: \*

---

**3. Ramo Industrial \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Automóvel
- Farmaceutica
- IT
- Quimica
- Aeroespacial
- Petrolifera
- Eletrónica
- Serviços
- Textil
- Mobiliaria
- Outra: \_\_\_\_\_

**4. Localização: \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Norte
- Centro
- Sul
- Ilhas

**5. Número de funcionários: \***

*Marcar apenas uma oval.*

- 0-50
- 51-200
- 201-500
- 501-1000
- >1000

**6. Volume de negócios em 2019: \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Inferior a 250.000€
- Entre 250.001€ e 500.000€
- Entre 500.001€ e 1.000.000€
- Entre 1.000.001€ e 2.500.000€
- Entre 2.500.001€ e 5.000.000€
- Superior a 5.000.000€
- Não sabe responder

**7. Cargo ocupado na empresa: \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Proprietário / CEO
- Administrador / Diretor
- Gestor de Operações
- Gestor de Marketing
- Gestor IT
- Gestor I4.0
- Outra: \_\_\_\_\_

**8. Email para eventual dúvidas e envio do posterior do tratamento estatístico agregado de dados a realizar:**

**A**  
**Industria**  
**4.0**

No início do século XXI, com o desenvolvimento da Internet, proliferação de cada vez mais pequenos e potentes sensores, com a redução de preços da tecnologia, sofisticação do software e hardware, a capacidade das máquinas aprenderem e colaborarem criando gigantescas redes de "coisas", iniciou-se uma nova revolução na indústria, cujos impactos na competitividade, na sociedade e na economia irá transformar o mundo tal como o conhecemos. Esta Quarta Revolução Industrial, a Era dos Cyber Physical Systems (CPS), foi apelidada Indústria 4.0.

9. 9 - Contribuição dos investimentos nas ferramentas da Indústria 4.0 nos seus negócios: \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Produção
- IT
- Desenvolvimento
- Armazenamento
- Vendas e Financeiro
- Todos os sectores
- Nenhum sector

Outra:  \_\_\_\_\_

10. Aplicação de IT na gestão de diferentes processos na sua empresa: \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Contabilidade e Finanças
- Planeamento da produção
- Compras e Gestão de inventário
- Gestão/controlo da qualidade
- Após Venda
- Gestão de Energia

Outra:  \_\_\_\_\_

11. Potenciais benefícios da indústria 4.0 para a sua empresa: \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Redução dos custos de produção
- Aumento de agilidade nas operações
- Melhoria dos serviços a oferecer aos clientes
- Novos negócios
- Inovação facilitada dos produtos
- Outros benefícios
- Sem benefícios

Outra:  \_\_\_\_\_

12. Janela temporal possível de implementação da Indústria 4.0 \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Já implementada
- Dentro dos próximos 12 meses
- Entre 13 a 24 meses
- Nos próximos 3 a 5 anos
- Sem planos definitivos

13. Possíveis obstáculos à implementação da Indústria 4.0 \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Investimento adicional de fundos
- Investimento adicional de tempo
- Falta de acesso a colaboradores com os conhecimentos necessários
- Disponibilidade de equipamentos/software

Outra:  \_\_\_\_\_

14. Nível de utilização das ferramentas dos Pilares da Indústria 4.0 \*

Marcar tudo o que for aplicável.

	Não utilizado	Pouco utilizado	Utilizado	Muito utilizado	Não sabe responder
Impressão 3D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Internet of Things (IoT)/Internet of Services (IoS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Robots Autónomos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Realidade Aumentada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Simulação Virtual	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cloud Computing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Big Data	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Integração Horizontal e Vertical dos sistemas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Segurança Cibernética e Cyber Physical Systems	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15. Nível de Percepção da Indústria 4.0 na sua empresa \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

#### Estratégia e Liderança

16. A organização tem uma visão digital para se transformar devido às novas necessidades do mercado? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

17. A liderança fez um esforço para traduzir a visão digital em todos os níveis da organização? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

18. Existe uma equipa dedicada à transformação e mudança digital da organização? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

19. Há uma área de negócios prioritizada para investimentos digitais? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

20. Há um orçamento separado alocado para a adoção de tecnologias digitais? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

#### Experiência do Cliente

21. A organização entende como as exigências dos clientes estão a mudar no mercado? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

22. A organização experimenta vários canais digitais para envolver os clientes? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

23. A tecnologia digital é usada para manter contato com os clientes e resolver seus desafios? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

24. As entradas de dados do uso do cliente são usadas continuamente para melhorar soluções e serviços? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

25. A organização pode oferecer soluções personalizadas para capturar maior participação do segmento de mercado? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

### Operações

26. Nível de automatização das operações da produção: \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

**27. Nível de digitalização das operações: \***

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

**28. Ferramentas IT utilizadas \***

*Marcar tudo o que for aplicável.*

MRP/ERP  
 CRM  
 WMS  
 TMS  
 RFID  
Outra:  \_\_\_\_\_

**29. Existe uma plataforma integrada que fornece visibilidade completa e pode ser acedida por vários utilizadores? \***

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

**30. É possível aceder a todas as informações de produção remotamente? \***

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

31. Os KPIs são bem definidos entre as funções e são actualizados automaticamente? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

32. Os departamentos podem colaborar facilmente através de canais digitais? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

### Produtos e Inovações

33. A organização é capaz de inovar rapidamente, de acordo com as mudanças nos requisitos do mercado? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Sem capacidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Alta capacidade

34. A organização aproveita a tecnologia digital para inovações em novos produtos (impressão 3D, Realidade Aumentada)? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

35. Novos modelos de serviço, habilitados pela tecnologia digital, foram introduzidos? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

36. É possível analisar as informações de uso do produto com base no fluxo de dados em tempo real? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

#### Recursos humanos

37. Uma equipa de especialistas digitais foi implantada para impulsionar a adoção digital em toda a organização? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

38. Os funcionários podem aproveitar as ferramentas digitais para colaboração e conectividade remota? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

39. As ideias de transformação digital dos funcionários são incentivadas? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

40. Ferramentas digitais são usadas para gestão de conhecimento e melhoria de habilidades? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito alto

## 6.2 ANEXO 2 - CÁLCULOS AUXILIARES

		Avaliação					Total	Média ponderada
		1	2	3	4	5		
Estratégia e Liderança	A organização tem uma visão digital para se transformar devido às novas necessidades do mercado?	2	6	12	22	8	50	3,56
	A liderança fez um esforço para traduzir a visão digital em todos os níveis da organização?	4	5	15	19	7	50	3,40
	Existe uma equipa dedicada à transformação e mudança digital da organização?	11	12	16	6	5	50	2,64
	Há uma área de negócios priorizada para investimentos digitais?	12	14	16	6	2	50	2,44
	Há um orçamento separado alocado para a adoção de tecnologias digitais?	17	10	14	7	2	50	2,34
<b>Média</b>							<b>2,88</b>	

Experiência do Cliente	A organização entende como as exigências dos clientes estão a mudar no mercado?	0	2	12	27	9	50	3,86
	A organização experimenta vários canais digitais para envolver os clientes?	9	5	9	22	5	50	3,18
	A tecnologia digital é usada para manter contato com os clientes e resolver seus desafios?	7	8	13	18	4	50	3,08
	As entradas de dados do uso do cliente são usadas continuamente para melhorar soluções e serviços?	4	12	12	17	5	50	3,14
	A organização pode oferecer soluções personalizadas para capturar maior participação do segmento de mercado?	5	10	10	21	4	50	3,18
<b>Média</b>							<b>3,29</b>	

Operações	Nível de automatização das operações da produção:	4	16	12	17	1	50	2,90
	Nível de digitalização das operações:	4	10	18	17	1	50	3,02
	Existe uma plataforma integrada que fornece visibilidade completa e pode ser acessada por vários utilizadores?	3	4	16	19	8	50	3,50
	É possível aceder a todas as informações de produção remotamente?	6	9	6	16	13	50	3,42
	Os KPIs são bem definidos entre as funções e são actualizados automaticamente?	9	13	12	13	3	50	2,76
<b>Média</b>							<b>3,12</b>	

Produtos e Inovações	Os departamentos podem colaborar facilmente através de canais digitais?	1	6	12	19	12	50	3,70
	A organização é capaz de inovar rapidamente, de acordo com as mudanças nos requisitos do mercado?	0	10	17	21	2	50	3,30
	A organização aproveita a tecnologia digital para inovações em novos produtos?	20	15	9	5	1	50	2,04
	Novos modelos de serviço, habilitados pela tecnologia digital, foram introduzidos?	6	12	16	15	1	50	2,86
	É possível analisar as informações de uso do produto com base no fluxo de dados em tempo real?	11	11	14	13	1	50	2,64
<b>Média</b>							<b>2,91</b>	

Recursos Humanos	Uma equipa de especialistas digitais foi implantada para impulsionar a adoção digital em toda a organização?	18	10	13	8	1	50	2,71
	Os funcionários podem aproveitar as ferramentas digitais para colaboração e conectividade remota?	2	8	10	16	14	50	4,33
	As ideias de transformação digital dos funcionários são incentivadas?	4	6	19	16	5	50	3,86
	Ferramentas digitais são usadas para gestão de conhecimento e melhoria de habilidades?	3	8	18	19	2	50	3,79
<b>Média</b>							<b>3,67</b>	

Pilares da Indústria 4.0	Avaliação					Total	Média ponderada
	1	2	3	4	5		
Impressão 3D	0	34	4	10	2	50	3,10
Internet of Things (IoT)/Internet of Services (IoS)	0	13	12	12	13	50	4,17
Robots Autónomos	0	28	5	13	4	50	3,40
Realidade Aumentada	2	37	9	0	2	50	2,69
Simulação Virtual	1	29	9	5	6	50	3,24
Cloud Computing	0	17	6	15	12	50	4,10
Big Data	4	14	9	14	9	50	3,81
Integração Horizontal e Vertical dos sistemas	5	14	9	15	7	50	3,69
Segurança Cibernética e Cyber Physical Systems	3	11	10	16	10	50	4,02
						<b>Média</b>	<b>3,58</b>

## Média Total

Pilares da Indústria 4.0	3,04
Estratégia e Liderança	2,88
Experiência do Cliente	3,29
Operações	3,12
Produtos e Inovações	2,91
Recursos Humanos	3,67
	<b>3,15</b>