

**Universidades Lusíada**

Moreira, Raquel Sónia Ferreira Rocha

**Indústria 4.0 : evolução, impacto e  
constrangimentos com base em estudos de caso**

<http://hdl.handle.net/11067/5980>

**Metadados**

<b>Data de Publicação</b>	2020
<b>Resumo</b>	<p>Atualmente, a indústria mundial depara-se com uma crise paradigmática. A inovação tecnológica bastante acelerada no século XXI, juntamente com a globalização crescente no mundo em que vivemos permitiu que as necessidades das sociedades se alterassem e os seus padrões de vida fossem mais exigentes. A indústria como alicerce do desenvolvimento está em constante mudança. O boom da tecnologia de ponta associado à robótica, à inteligência artificial e à conectividade permanente em tempo real possibili...</p> <p>Currently, the world industry is facing a paradigmatic crisis. Technological innovation that has been accelerated in the 21st century, together with the growing globalization in the world we live in, has allowed societies' needs to change and their living standards to be more demanding. The industry as a foundation for development is constantly changing. The boom in technology associated with robotics, artificial intelligence and permanent real-time connectivity enabled the existence of a fourth...</p>
<b>Palavras Chave</b>	Gestão industrial, Automação, Sociedade, Revolução, Indústria
<b>Tipo</b>	masterThesis
<b>Revisão de Pares</b>	no
<b>Coleções</b>	[ULF-FET] Dissertações

Esta página foi gerada automaticamente em 2024-11-15T06:13:39Z com informação proveniente do Repositório



**Universidade Lusíada – Norte, *Campus* de Vila Nova de Famalicão**

**Indústria 4.0 – Evolução, Impacto e  
Constrangimentos com Base em Estudos de Caso**

**Raquel Sónia Ferreira Rocha Moreira**

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

Vila Nova de Famalicão, 2020





**Universidade Lusíada – Norte, *Campus* de Vila Nova de Famalicão**

**Indústria 4.0 – Evolução, Impacto e  
Constrangimentos com Base em Estudos de Caso**

**Raquel Sónia Ferreira Rocha Moreira**

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

**Orientador: Professor Doutor Rui Silva**

**Orientador: Professor Doutor Filipe Palhares Chaves**



“A mudança é a lei da vida. E aqueles que olham apenas para o passado e para o presente irão certamente perder o futuro.”

John F. Kennedy



## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Doutor Filipe Palhares Chaves pelo excelente apoio, por toda a atenção, paciência e dedicação.

Um grande agradecimento ao Professor Doutor Rui Silva pela sua prontidão e disponibilidade excepcional, que demonstrou ao ajudar-me a superar as dificuldades do caminho.

À minha família, especialmente ao meu excelente marido Paulo e à minha filha Maria João por todo o carinho, apoio, valor e motivação que sempre me deram para atingir este objetivo.

Ao meu sobrinho, Carlos Moreira, que me acompanhou desde sempre, sendo uma fonte de inspiração e elevada cultura, encorajando-me sempre a seguir em frente.





# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABELAS .....	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS .....	XV
RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	3
1. INTRODUÇÃO .....	5
1.1 .Enquadramento .....	5
1.2 .Objetivos e questões de investigação .....	5
1.3 .Metodologia .....	6
1.4 .Organização da Dissertação .....	6
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	9
2.1 . Contextualização Histórica.....	9
2.2 . A Indústria 4.0 na Atualidade .....	17
2.2.1 Portugal.....	17
2.2.2 Alemanha .....	18
2.3 . Pilares da Indústria 4.0 .....	19
2.4 . Servitização.....	27
2.5 . Políticas e Legislação para a Indústria 4.0 .....	29
2.6 Dimensão Técnico-produtiva da Indústria 4.0.....	31
2.6.1 . Indicadores industriais .....	34
2.7 Impacto Socioeconómico da Indústria 4.0 .....	39
2.7.1 . Impacto Económico em Portugal e na Alemanha .....	42
2.7.2 Previsões Futuras .....	48
3. . IMPACTO SOCIAL – DESENVOLVIMENTO DE ESTUDO .....	51

3.1	Previsões Futuras.....	57
3.2	. Impacto Ambiental e Sustentabilidade da I4.0 .....	59
4.	CASOS DE ESTUDO .....	61
4.1	. Análise Específica dos Casos de Estudo.....	62
4.1.1	Caso de Estudo 1 - <i>Developing augmented reality capabilities for industry 4.0 small enterprises: Lessons learnt from a content authoring case study</i> .....	62
4.1.2	Caso de Estudo 2 - <i>Moving from Industry 2.0 to Industry 4.0: A case study from India on leapfrogging in smart manufacturing</i> .....	63
4.1.3	Caso de Estudo 3 - <i>Dynamic Predictive Maintenance in industry 4.0 based on real time information: Case study in automotive industries</i> .....	64
4.1.4	Caso de Estudo 4 - <i>Supply chain risks in times of Industry 4.0: Insights from German cases</i> 64	
4.1.5	Caso de Estudo 5 - <i>An Industry 4.0 case study in fashion manufacturing</i> .....	65
4.2	. Análise Geral e Recomendações de Implementação.....	66
5.	CONCLUSÕES .....	69
5.1	. Trabalhos futuros .....	70
	BIBLIOGRAFIA.....	71
	ANEXO I – ESTUDO SOBRE A PERSPETIVA DO CONSUMIDOR ENTRE PRODUTOS PORTUGUESES E ESTRANGEIROS.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Gráfico Memória vs Potência (valores à escala logarítmica de base 10).....	13
<b>Figura 2.</b> Gráfico Potência vs Custos (valores à escala logarítmica de base 10).....	14
<b>Figura 3.</b> Evolução do porte do computador (B).....	14
<b>Figura 4.</b> Teia de ideias sobre a interligação entre os agentes das empresas .....	32
<b>Figura 5.</b> Roadmap (C) .....	33
<b>Figura 6.</b> Ideologia SMART (D) .....	35
<b>Figura 7.</b> Gráfico da produtividade por hora trabalhada (E) .....	36
<b>Figura 8.</b> Gráfico Balança Corrente 2009-2019 (PT, DE, UE28, ZE19) (F).....	43
<b>Figura 9.</b> Gráfico PIB per capita (PT, DE, UE28, ZE19) (G) .....	44
<b>Figura 10.</b> Gráfico Indicador de Confiança da Indústria (H).....	45
<b>Figura 11.</b> Gráfico Indicador de Confiança dos Consumidores (I) .....	45
<b>Figura 12.</b> Gráfico de resposta à pergunta 1 do estudo.....	52
<b>Figura 14.</b> Gráfico de resposta à pergunta 3 do estudo.....	53
<b>Figura 13.</b> Gráfico de resposta à pergunta 2 do estudo.....	53
<b>Figura 15.</b> Gráfico população desempregada por faixa etária em 2019 (L).....	55
<b>Figura 16.</b> Gráfico da escolaridade da pop. Portuguesa (M) .....	56
<b>Figura 17.</b> Imagem de caixas self-service (N).....	56
<b>Figura 18.</b> Gráfico das dotações orçamentais públicas para I&D (O) .....	58
<b>Figura 19.</b> Gráfico da evolução do Dia da Sobrecarga da Terra (P).....	60
<b>Figura 20.</b> Visualização dos óculos de realidade aumentada (Q) .....	62



## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Evolução das características nas diferentes gerações da computação (A) .....	13
<b>Tabela 2.</b> Taxa de desemprego, dos 15 aos 74 anos: total e por nível de escolaridade (J) .....	46
<b>Tabela 3.</b> Investimento: Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) em percentagem do PIB (K) .....	47
<b>Tabela 4.</b> Casos de Estudo Abordados .....	61



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
4RI	Quarta Revolução Industrial
ANN	Artificial Neural Networks
ARSG	Sistema de Gestão de Realidade Aumentada
AUTOCAD	Computer Aided Design
BD	Big Data
CMg	Custo Marginal
CMMS	Sistema Computorizado de Manutenção
CNC	Controlo Numérico Computorizado
CVMe	Custo Variável Médio
DA	Data Analytics
DE	Alemanha
Eng	Engenheiro
ENIAC	Eletronic Numeral Integrator and Computer
EU	União Europeia
FBCF	Formação Bruta de Capital Fixo
FEUP	Faculdade Engenharia Universidade do Porto
GDPR	General Data Protection Regulation
I&D	Investigação e Desenvolvimento
I4.0	Indústria 4.0
ICC	Índice de Confiança dos Consumidores
ICI	Índice de Confiança da Indústria
INE	Instituto Nacional de Estatística
ISQ	Instituto de Soldadura e Qualidade
KPI	Key Performance Indicator
MLP	Multi Perceptron Layer
MTBF	Mean Time Between Failure
MTTR	Mean Time To Repair
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OEE	Overall Equipment Effectiveness



ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PMe	Produtividade Média
PMES	Pequenas e Médias Empresas
PMgL	Produtividade Marginal
POP	Standard Operating Procedure
PT	Portugal
Q4.0	Qualidade 4.0
RA	Realidade Aumentada
RI	Revolução Industrial
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SMART	Specific Measurable Achievable Realistic Timely
UE28/27	União Europeia a 28/27 estados membros
WWW	Word Wide Web
ZE	Zona Euro
ZE19	Zona euro a 19 países

## RESUMO

Atualmente, a indústria mundial depara-se com uma crise paradigmática. A inovação tecnológica bastante acelerada no século XXI, juntamente com a globalização crescente no mundo em que vivemos permitiu que as necessidades das sociedades se alterassem e os seus padrões de vida fossem mais exigentes. A indústria como alicerce do desenvolvimento está em constante mudança. O *boom* da tecnologia de ponta associado à robótica, à inteligência artificial e à conectividade permanente em tempo real possibilitou a existência de uma quarta revolução industrial.

A motivação para trabalhar sobre este tema depreende-se exatamente na criação de um estudo de apoio ao planeamento nacional estratégico que promova o crescimento das indústrias portuguesas.

O objetivo desta dissertação consiste em, primeiramente, uma análise teórica sobre os modelos de inovação e transição das indústrias, passando por uma avaliação teórica sobre a sustentabilidade socioeconómica da revolução e análise dos impactos ambientais e também analisar *in loco* a aplicação das novas tecnologias nas indústrias.

A metodologia utilizada consistiu numa pesquisa elaborada através de variadas fontes, e permitiu obter informações pertinentes em relação ao tema abordado e compreender como diferentes países se encontram em relação a esta revolução tecnológica, seja em dados industriais, económicos e sociais.

A dissertação permitiu concluir que há uma grande oportunidade para Portugal em investir na indústria portuguesa e no desenvolvimento económico e social, porém é necessário um plano coordenado com as instituições públicas e privadas a nível nacional.

Neste trabalho verificaram-se algumas limitações, nomeadamente a dificuldade em realizar uma análise prática numa empresa, optando-se por uma coletânea de estudos de caso.

Palavras-Chave: Indústria 4.0, Automação, Revolução, Economia, Sociedade



## ABSTRACT

Currently, the world industry is facing a paradigmatic crisis. Technological innovation that has been accelerated in the 21st century, together with the growing globalization in the world we live in, has allowed societies' needs to change and their living standards to be more demanding. The industry as a foundation for development is constantly changing. The boom in technology associated with robotics, artificial intelligence and permanent real-time connectivity enabled the existence of a fourth industrial revolution. The motivation of working about this subject is related to the creation of a support study to the strategic planning in a national level that promotes the growth of the Portuguese industries.

The objective of this dissertation is based, primarily on a theoretical analysis of innovation and transition of industries, passing through a theoretical evaluation on the socio-economic sustainability of the revolution and analysis of environmental impacts and also analyse *in loco* the real applications of new technologies in the industries.

The methodology used consists of research drawn up from various sources, and obtaining relevant information regarding the topic addressed and understanding how different countries identified themselves in relation to this technological revolution, whether in industrial, economic and social data.

The dissertation allowed us to conclude that there is a great opportunity for Portugal to invest in Portuguese industry and in economic and social development, however it is necessary to have a coordinated plan with public and private institutions at national level.

In this paper there were some limitations, namely the difficulty in performing an practice analysis in a company, opting for a collection of case studies.

Keywords: Industry, Automation, Revolution, Economy, Society



# 1. INTRODUÇÃO

A indústria 4.0 é uma temática do contemporânea, desafiando cientistas, engenheiros, economistas, políticos entre outros agentes a ver o mundo de uma forma diferente pelas questões que esta se propõe a modificar. A I4.0 é considerado um dos mais importantes assuntos da atualidade pois no lado da ciência, investigação e desenvolvimento engloba e retira partido da maior tecnologia de ponta e suporta-se no desenvolvimento tecnológico e de inteligência artificial. Por outro lado, é uma revolução industrial que vivemos que certamente impactará o modo de viver, e trará a nível económico grandes mudanças.

## 1.1. Enquadramento

Esta análise não poderia ser feita sem enquadrarmos economicamente a indústria em Portugal. O Estado é um agente económico de grande relevo, pois este interfere na economia, na sociedade e por consequência nas empresas. Para abordarmos este tema é necessário ter *a priori* a ideia de que o Estado estabelece algumas regras no mercado, principalmente financeiro, o que implica a sua interferência nos investimentos feitos pelas instituições financeiras. Por outro lado, a nível de impostos e subsídios/benefícios às empresas são decididos pelo governo português, sem esquecermos o enquadramento a que este está aliado, isto é, a União Europeia.

O mercado na União Europeia e em Portugal não é independente dos meios estatais, tendo em base o apoio social e garantias de direitos na sociedade. Pelo que foi acima referido não podemos esquecer que para uma inovação da tecnologia e desenvolvimento do projeto I4.0 é necessário que o Estado trabalhe ao lado das empresas, permitindo dentro dos regimes legais um investimento no país, na sociedade e na economia, o que poderia revolucionar a visão integral que existe hoje em dia sobre a indústria, porque a tecnologia permite mobilidade.

## 1.2. Objetivos e questões de investigação

Um dos objetivos deste trabalho passa por providenciar uma compreensão aprofundada da quarta revolução industrial e os seus impactos nas empresas, nos países e no mundo. Para uma análise de excelência, e após algumas pesquisas, foi compreendido que a Alemanha é um dos países pioneiros na

Indústria 4.0 bem como das potências mundiais que mais investe na indústria e neste ramo de aposta de tecnologia de ponta para o desenvolvimento industrial(Sommer, L.,2015)

Os objetivos iniciais da dissertação baseavam-se na perceção do que é a Indústria 4.0, o que vem antes dela e o que se espera que ela modifique. Segundamente, os objetivos eram compreender a forma como a I4.0 impacta financeiramente as empresas e consequentemente a economia global, bem como as mutações que pode provocar em jeito de consequência na sociedade, nas condições de vida e no meio ambiente. O último objetivo a cumprir foi perceber na realidade através de casos de estudo práticos as alterações fabris que existiram ao revolucionar e aplicar os pilares da I4.0 nas empresas, percebendo as melhorias, falhas, e os processos de implementação.

O trabalho proposto consiste na resposta a questões de como se organiza uma empresa para implementar este processo de revolução tecnológica, isto é, as alterações na tecnologia que a empresa aplica e que alterações aos seus fatores produtivos resulta dessa aplicação. É prioridade do trabalho abordar, não só o lado da empresa, mas também o lado da sociedade, como a revolução afeta a sociedade e a economia mundial e aquilo que se prevê que aconteça em Portugal no plano do desenvolvimento industrial e na economia nacional.

### **1.3. Metodologia**

A metodologia desta dissertação foi, em primeiro lugar, uma pesquisa profunda sobre a Indústria 4.0, que originou a grande e importante revisão bibliográfica desta dissertação. O uso do *Google Scholar* e o site *sciencedirect* foram as principais fontes de livros, artigos e outras fontes de informação.

O acesso a gráficos da PORDATA e do INE, foram imensamente relevantes para poder retirar gráficos, tabelas e informações que complementam os estudos desenvolvidos e de forma a sustentar factualmente as conclusões chegadas.

Por outro lado, o tratamento de dados em EXCEL relativamente ao inquérito desenvolvido também fez parte dos métodos de análise e compreensão dos dados para retirar conclusões relevantes para o estudo.

### **1.4. Organização da Dissertação**

O trabalho é estruturado em 6 capítulos. No primeiro capítulo tem-se a introdução ao tema abordado, a metodologia abordada na elaboração da dissertação, os objetivos e questões de investigação. O segundo capítulo contempla uma revisão bibliográfica, com uma contextualização histórica, abordagens da

atualidade da indústria 4.0, os seus pilares e as políticas e legislações que alicerçam o desenvolvimento tecnológico. No terceiro capítulo é abordada a dimensão técnico-produtiva da indústria 4.0, com referência aos indicadores industriais e todos os métodos de aplicação e interligação dentro da indústria. No capítulo 4 temos a análise do impacto socioeconómico e previsões para o futuro em Portugal sobre o desenvolvimento e sustentabilidade da indústria 4.0. No quinto capítulo temos uma coletânea de casos de estudo para abordar as questões teóricas anteriores e verificar o comportamento real da aplicação da inovação em chão de fábrica. No sexto capítulo são descritas as conclusões do estudo a que a dissertação responde.





## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O objetivo deste capítulo, como o nome indica, é a criação de um espaço onde se reúna toda a informação atual e sustentada com referências que permitam a compreensão de alguns conceitos relevantes para a compreensão da matéria específica abordada na dissertação. Desse modo encontram-se dividida em 5 partes, contextualização histórica, a atualidade da indústria 4.0, os pilares, servitização e as políticas e legislação para a I4.0.

### 2.1. Contextualização Histórica

As Revoluções Industriais funcionam, efetivamente, como marcos delineadores de fases económicas e de transformações no seio do processo produtivo que têm repercussões na economia nacional e global, bem como na afetação dos recursos disponíveis, que acabam por influenciar e determinar os modos e condições de vida da população. Os *booms* provocados pelas RI impulsionam a atividade económica e normalmente provocam um grande aumento da produtividade. Em consequência, podemos refletir que as RI internacionalizaram cada vez mais as trocas comerciais, devido à acumulação de excedentes e permitiram assim um custo unitário de produção mais reduzido.

Durante o período da Idade Média (séculos V a XV), a organização política, económica, social e jurídica, dos países ocidentais, baseava-se no feudalismo, onde a atividade económica predominante era a agricultura e as técnicas de produção eram artesanais, de fraca “tecnologia” e qualidade. [Chengdan, Q. (2010)].

Com a primeira fase da globalização, isto é, os Descobrimentos, onde Portugal e Espanha foram pioneiros, marca-se o início da Idade Moderna. Desde então, um novo grupo social, denominado Burguesia, começa a sobressair, perdendo cada vez mais força o “uso da terra”, e consequentemente dá-se a expansão do comércio nos Burgos (primeiras cidades).

Com o seu fim, em 1789, data da Revolução Francesa, cujos valores de “Liberdade”, “Igualdade” e “Fraternidade”, foram dispersos da França para o Mundo, podemos marcar o início da Idade Contemporânea, pois até à atualidade, os mesmos são promovidos pelo aparelho de Estado. [Langer, M., Vasilopoulos, P., McAvay, H., & Jost, J. T. (2020)].

Com efeito, na transição destes dois últimos períodos históricos supracitados, em Inglaterra ocorre a primeira Revolução Industrial (RI), observando-se principalmente, uma permuta da manufatura para a

maquinofatura. Exemplificando, a criação e utilização nos processos produtivos da máquina a vapor, bem como a introdução do carvão como matéria prima que servira como mote ao aumento da produção e da produtividade. Ademais, verifica-se uma expansão das trocas comerciais, que permitiu uma mais rápida intercomunicação internacional, que promoveu desde então uma aproximação cultural e social dos povos. A nível económico, ocorreu um *boom* na produção (empregando-se cada vez mais operários), que promoveu a dinamização e a emergência de potências que escoavam os seus excedentes para os outros países (primeiro passo da mundialização do comércio).

Relativamente à Segunda RI (iniciada na segunda metade do século XIX, com o seu fim durante a Segunda Guerra Mundial), o seu desenvolvimento focou-se na indústria Química, Elétrica, Petrolífera e do Aço, não obstante continua com os progressos iniciados na primeira RI, com a máquina a vapor e o carvão. Quanto às técnicas de produção, foram aplicadas as teorias de produção em massa do *Taylorismo e Fordismo*

A teoria do engenheiro norte-americano Frederick Taylor (1856-1915) afirma de uma forma geral a racionalização do trabalho e a especialização e divisão das tarefas do operário ao longo do processo produtivo, com uma linha de montagem, em que cada trabalhador tem uma única função, verificando-se a automação do trabalho fabril, a fim de aumentar em larga escala a produção. [Uddin, N., & Hossain, F. (2015)]

Quanto ao aclamado *Fordismo*, este consiste na aplicação da teoria de Frederick Taylor à linha de montagem dos carros Ford, marca criada por Henry Ford (1863-1947).

“No sistema fordista, a potencialidade produtiva do trabalho parcelado é levada ao limite, com a solução encontrada por Ford para o problema do abastecimento dos homens para a realização do trabalho parcelado: a esteira. Dessa forma, o ‘trabalho’ (as peças ou componentes necessários à produção) era levado até o operário e esse não mais necessitaria se deslocar pela fábrica para buscar peças ou matérias-primas utilizadas durante o processo de trabalho, ‘gastando’ tempo nesses deslocamentos. Assim, uma importante inovação do Fordismo com relação ao Taylorismo foi a reinvenção da correlação manufatureira entre a divisão do trabalho e a produtividade através da introdução do que o próprio Ford denominou de ‘o serviço de transporte’ [...]” [Botelho, A. (2000)]

“Ford, por sua vez, não se limitou a aperfeiçoar a peça intercambiável, como também aperfeiçoou o operário intercambiável. Tais inovações teriam levado ao extremo o desenvolvimento da divisão do trabalho no interior da fábrica, ao possibilitar a padronização das peças e, conseqüentemente, aumentar a especialização da mão-de-obra. Assim, cada trabalhador, em seu posto de trabalho fixo, realizaria apenas uma tarefa específica.” [Botelho, A. (2000)]

Em síntese, a teoria da produção massiva de Taylor foi modificada e aplicada à linha de montagem dos carros Ford, permitindo a maximização do lucro, quer a tempo de trabalho, quer no aumento exponencial da produtividade, uma vez que Henry Ford, com as alterações que aplicou à primeira teoria supracitada, possibilitou que a sua fábrica e marca redefinissem por completo o conceito da economia da época permitindo um rápido desenvolvimento quer a nível das transações económicas com as políticas postas em prática, como o *five-dollar day*, que duplica o seu salário, bem como as mudanças provocadas a nível social que impulsionam uma nova forma de vida e um grande desenvolvimento social.

Durante este período, sucedeu-se em algumas cidades um crescimento nunca antes visto. As atividades de lazer começam a tornar-se populares entre as massas (surgimento de cafés, bares, teatros, cinemas, entre outros). A nível tecnológico ocorre um avanço profundo, que acaba por alterar todos os modos de vida da população mundial. Exemplificando, o surgimento de máquinas, que realizam parte das tarefas domésticas, permitiu à sociedade feminina o aumento do tempo livre e a possibilidade de ingressar ativamente numa atividade económica, desenvolvendo-se/alterando-se as mentalidades e a independência desta mesma camada social. Contudo, o desenvolvimento tecnológico também permitiu o aumento da qualidade e da potência dos meios bélicos, que resultaram em confrontos diretos nas primeira e segunda guerras mundiais. No setor económico, as crescentes internacionalizações das trocas comerciais permitiram um avanço das empresas a uma dimensão mundial, das instituições financeiras, como bancos e bolsas, que ganham poderio económico e conseqüentemente social nunca antes visto. Por fim, a terceira RI, que teve o seu início após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) e continuou até ao século XXI, onde alterações profundas nas tecnologias da informação e comunicação formaram e permitiram uma mudança radical nos meios de processo produtivos, que por sua vez influenciam os modos e condições de vida da população. Esta nova etapa na indústria mundial é denominada de quarta Revolução Industrial ou, por outras palavras, Indústria 4.0. Neste período pós-guerra a situação política mundial encontrava-se, resumidamente, numa divisão de dois blocos ideológicos e armados. A necessidade que cada um tinha de superar o outro, em todas as áreas, era enorme, o que levou a uma escalada competitiva para se colocarem na vanguarda da inovação tecnológica, quer a nível da conquista espacial no uso variado da energia atómica, no desenvolvimento profundo da biotecnologia e da engenharia genética, bem como do crucial progresso da eletrónica, que permitiu o aparecimento da computação e da automação do processo produtivo, que se têm vindo a desenvolver até à quarta RI. O aumento da utilização da tecnologia para o seu próprio desenvolvimento e também para o uso trivial do quotidiano permitiu cada vez mais a introdução do sistema informático na produção industrial, que aliada à robótica impulsionou um aumento da produção com menores custos associados, existindo assim uma

aceleração da economia que gerou um aumento de empregabilidade (interligado com a terciarização da atividade económica). Este desenvolvimento foi significativo para a alteração das mentalidades das camadas sociais (ocidentais), quer no aumento da consciência ambiental, quer no aprofundamento da sociedade equitativa, democrática e justa, a qual ainda hoje em dia se debate para atingir essa plenitude. Foi, precisamente, no período de Guerra Fria (1947-1991) que surge uma das maiores chaves para o desenvolvimento tecnológico, para a transformação no processo produtivo e responsável pela reestruturação completa dos modos de vida das sociedades: o computador.

O computador tal como conhecemos hoje sofreu ao longo dos tempos vários aperfeiçoamentos associados ao desenvolvimento da matemática, da eletrónica como também da engenharia, não podendo apontar especificamente um inventor. Porém, podemos delimitar fases de desenvolvimento, chamadas de gerações. A primeira geração de computadores constitui-se como uma máquina de grandes dimensões que funcionava através de circuitos elétricos e válvulas eletrónicas, estes gastavam muita energia e eram raríssimos. O primeiro a obedecer a estas características foi o ENIAC – *Electronic Numerical Integrator and Computer*. Esta primeira geração percorre toda a década de cinquenta.

A segunda geração de computadores (perdura até metade da década de sessenta) foi marcada pela substituição das válvulas por transístores, que permitia uma maior rapidez no processamento. Esta geração foi marcada pela introdução comercial do computador, no entanto com grandes dimensões face ao que temos hoje em dia.

A terceira geração que dura até cerca de 1975 foi marcada pelo uso de circuitos integrados em substituição dos transístores, a criação dos chips e a sua utilização como computador pessoal, uma vez que tinham uma maior capacidade de processamento e eram de menores dimensões.

A quarta geração da computação dura até aos dias de hoje, no entanto é marcada com grandes mudanças no software e no hardware do computador. Este diminui substancialmente de tamanho e é difundida a utilização do *mouse* (rato) de computador. A sua velocidade aumentou em grande escala até aos dias de hoje, bem como a capacidade de processamento de dados. A inclusão de microprocessadores permitiu um menor gasto de energia. Deu-se na década de noventa uma proliferação no uso pessoal do computador. Nos anos 2000 a introdução de softwares integrados permitiu um desenvolvimento muito grande e impulsionou o aparecimento dos computadores portáteis (*Laptop*), bem como dos *tablets* e mais tarde dos *smartphones*. Estes últimos são bastante autónomos em termos de energia, têm capacidades de processamento muito grandes e são de elevada rapidez.

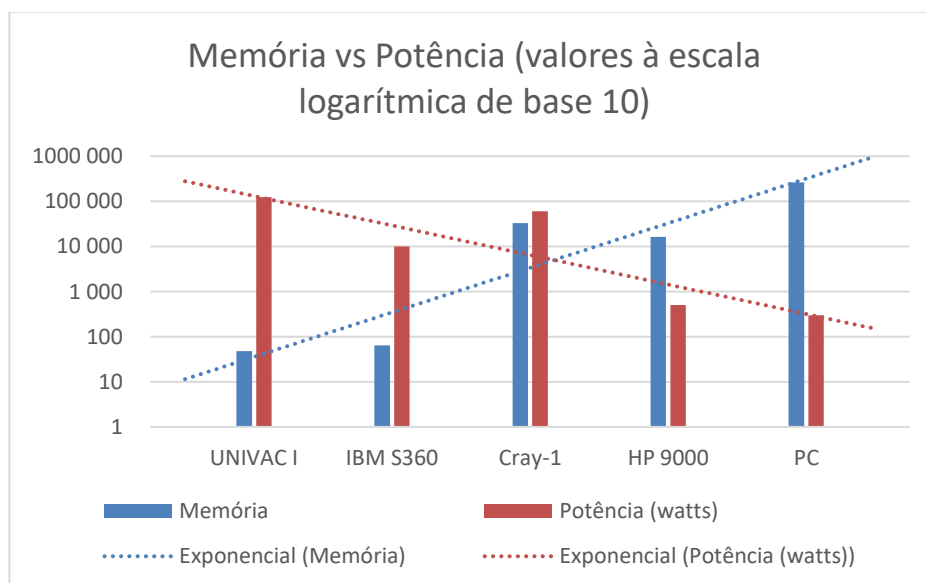
Não obstante, especialistas falam da existência de uma quinta geração da computação, a qual se refere a 'supercomputadores' aliados à robótica e à inteligência artificial, utilizados por grandes empresas como é exemplo a NASA.

Na dimensão industrial a evolução da computação permitiu um grande desenvolvimento nos métodos produtivos e uma globalização económica. A introdução do computador permitiu um maior controlo das máquinas e dos manípulos da produção, possibilitou uma mais rápida produção e um aumento da produtividade, uma melhor gestão dos recursos com um alargamento de base de dados., permitiu uma diminuição das burocracias com o surgimento da WWW - *World Wide Web*. Os computadores também permitiram avanços nas investigações e uma harmonização de conhecimentos por todo o mundo, fazendo alterações estruturais na sociedade e impulsionando as indústrias em grande escala.

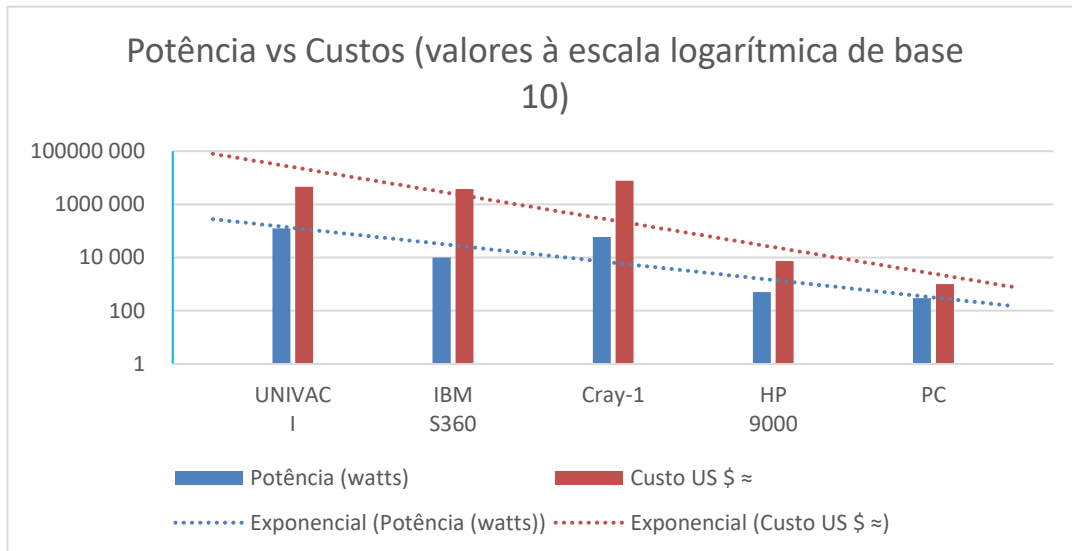
**Tabela 1.** Evolução das características nas diferentes gerações da computação (A)

Ano	Nome	Memória	Potência (watts)	Custo US \$ ≈
1951	UNIVAC I	48	124 500	4 533 607
1964	IBM S360	64	10 000	3 756 502
1976	Cray-1	32 768	60 000	7 675 591
1991	HP 9000	16 384	500	7 400
Hoje em dia ≈	PC	262 144	300	1 000

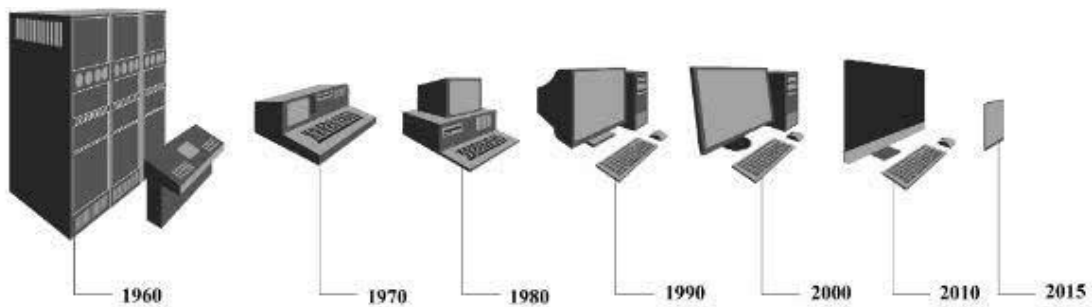
**Figura 1.** Gráfico Memória vs Potência (valores à escala logarítmica de base 10)



**Figura 2.** Gráfico Potência vs Custos (valores à escala logarítmica de base 10)



**Figura 3.** Evolução do porte do computador (B)



Pela análise gráfica (figura 1 e 2) pode-se concluir que o computador na sua evolução o seu porte tornou-se cada vez mais pequeno e registou-se um aumento substancial da memória e uma diminuição da potência necessária para essa mesma memória e para efetuar cada vez mais trabalho, tendo cada vez mais autonomia. Quanto ao custo associado, podemos verificar que a sua tendência é para diminuir provocando uma maior possibilidade de acesso aos meios de telecomunicação, tal como se observa no quotidiano.

Por fim, hoje em dia vivenciamos uma acentuada, constante e rápida inovação tecnológica que permite o desenvolvimento industrial, principalmente com o uso e aprofundamento da inteligência artificial, que por sua vez contribui para um novo passo na indústria robótica e uma grande transformação nos métodos de produção industriais, assim também como a utilização mais comum da nanotecnologia. Esta inovação

tecnológica também possibilita uma melhor comunicação internacional (associada à globalização e aculturação dos povos), bem como um desenvolvimento na área da saúde, que a coloca cada vez mais preventiva e de qualidade.





## 2.2. A Indústria 4.0 na Atualidade

O paradigma da I4.0 engloba várias questões a ter em atenção. Primeiramente, para se fazer cumprir com excelência uma revolução industrial é necessário ter em atenção os objetivos a alcançar a longo prazo, e em seguida estabelecer metas de curto e médio prazo para a sua aplicação nas empresas de modo a permitir a sua adaptação e a sustentabilidade da implementação das novas técnicas de produção, assim também como as consequências socioeconómicas que estas possam provocar. Para que o objetivo desta inovação e desenvolvimento possa ser cumprido é essencial que os meios estatais tenham um plano de prevenção e estejam capacitados de fazer face a este desenvolvimento a fim de promover uma estabilidade socioeconómica no meio social.

### 2.2.1 Portugal

Sílvia Vara, responsável pelo do departamento de Investigação e Desenvolvimento da Direção de Laboratórios do Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ), afirma numa conferência do TechDays sobre Indústria 4.0:

"[A tecnologia] é a parte menos desafiante de um processo de transformação no âmbito da indústria 4.0 porque a tecnologia existe, está lá, é só comprá-la". Completa ainda: "Considero que [Portugal] não está preparado por que efetivamente aquilo que é preciso desenvolver é uma cultura para a transformação digital, não é a cultura de que vamos comprar tecnologia e aí já estamos na era da indústria 4.0. Tem que ser uma cultura dentro das próprias pessoas, dos trabalhadores, das lideranças. E o que sabemos que pela nossa experiência no terreno é que o nível de maturidade para a indústria 4.0 da maior parte das PMES portuguesas é bastante baixo"

Efetivamente, Portugal tem algumas lacunas a preencher para a implementação tecnológica do que se baseia a 4RI. Por um lado, tem de existir uma consciencialização social perto dos trabalhadores de que a sociedade, seguindo o desenvolvimento industrial, tem de se envolver com esta base de conectividade em que se sintetiza a I4.0. Por outro lado, seria necessário, no espectro dos analistas, um investimento avultado por parte do estado, permitindo uma descentralização dos mercados. Esta descentralização seria possível porque com o sistema de ligações automáticas a conectividade era de excelência,

permitindo que as PME's do interior tenham o mesmo acesso a informações que as do litoral, diminuindo a desigualdade de oportunidades e impulsionando o comércio, aumentando a competitividade, que consequentemente diminui os custos de produção e aumenta a produtividade dos produtos.

### 2.2.2 Alemanha

A Alemanha é pioneira na I4.0 e vê-a como uma maneira de se afirmar no mercado concorrencial internacional, de modo a que seja possível uma cooperação internacional na via do desenvolvimento e da sustentabilidade ambiental, permitindo que as sociedades se desenvolvam em todas as áreas, partindo do desenvolvimento industrial e da conectividade interempresarial. Atualmente, são aplicados na Alemanha programas do governo que sustentam este desenvolvimento e investem nesta vertente tecnológica.

Neste país existe uma harmonização dos conhecimentos, permitindo que as PME's se destaquem e ganhem força e autonomia para aplicar tecnologia de ponta, bem como implementar medidas que alteram a estrutura organizacional da empresa, criando novos postos de trabalho.

Aliado a esta força motriz impulsionada por programas governamentais a sociedade organiza-se de modo a construir uma nova sociedade desenvolvida que tem a digitalização como alicerce do quotidiano [Schroeder, W. (2016)]. Desde estabelecimentos de ensino a organizações que trabalham com as empresas e permitem a construção deste novo ideal e consequentemente do desenvolvimento tecnológico e produtivo.

Por sua vez, a questão da segurança também é muito trabalhada, sendo que é um pilar essencial na aplicação de excelência da I4.0. Para tal acontecer, as empresas alemãs trabalham entre si e a nível internacional para implementarem sistemas de cibersegurança.

Um exemplo concreto que temos da cooperação entre nações é da empresa *Trumpf* que apostou em “ajudar as empresas portuguesas a se preparar para a quarta revolução industrial.”

Em suma, podemos compreender que a Alemanha está a apostar numa cooperação internacional para a implementação da indústria 4.0, permitindo que se coloque na vanguarda do desenvolvimento, e seja líder na concorrência face aos EUA, China, Japão, etc.

## 2.3. Pilares da Indústria 4.0

A quarta RI é, manifestamente, uma fusão da tecnologia de ponta com a vanguarda da engenharia, que permite a curto, médio e longo prazo, uma mudança radical no processo produtivo, inserindo sistemas de produção inteligentes, que aceleram a produção, aumentam a produtividade e aumentam a eficiência e a flexibilidade dos processos produtivos. Consequentemente, esta mudança e evolução permite lançamento/melhoramento de produtos de maior qualidade a custos mais reduzidos.

Deste modo, a Indústria 4.0 é classificada como a última geração no que concerne à otimização dos processos produtivos, existindo cada vez mais uma preocupação social e ambiental associada à revolução industrial.

Dessarte, são globalmente aceites nove pilares básicos e fundamentais que alicerçam a Indústria 4.0, e se complementam, indubitavelmente, entre si.

### 2.3.1 Análise de Dados e Big Data

Big Data é um termo que se utiliza, desde o início do século vinte e um quando queremos falar em crescimento exponencial de dados. O conceito é definido como um conjunto de técnicas e metodologias que possibilitam que as instituições ou empresas beneficiar da análise de grande volume de dados que permitem uma qualquer tomada de decisão. Uma vez que o BD está ligado a diferentes áreas e setores a sua definição torna-se variável. A nível tecnológico e de mercado foram criadas diversas possibilidades de oferta através da BD/DA, especialmente para a gestão da cadeia de abastecimento.

Os dados criados e fornecidos são sistematicamente analisados com a finalidade de cada vez mais melhorar o desempenho industrial. Sistemas e dispositivos conectados e inteligentes atuam de forma integrada, possibilitando em tempo real a identificação de falhas e com isto melhorar os processos, podendo assim garantir uma eficiência energética e uma qualidade da produção

### 2.3.2 Robótica

A robótica aparece nos dias de hoje cada vez mais a fazer parte de todo e qualquer processo produtivo uma vez que a quarta revolução industrial, tem como principal objetivo, incluir nos robots que fazem parte da linha de produção, a inteligência artificial para que estes se tornem autónomos, o que vai contribuir para que estes se tornem independentes e coloquem o ser humano num papel secundário. Aliado a este desenvolvimento da robótica, dá-se um grande aumento da produção e a diminuição de

custos de produção, permitindo que as empresas cresçam exponencialmente e possam ter a possibilidade de se internacionalizarem cada vez mais a custos mais baixos.

Não obstante, esta aplicação pode-se entender como um risco socioeconómico, uma vez que a sociedade pode não estar preparada para esta alteração estrutural. Desta forma podem repercutir-se consequências negativas a nível da economia mundial, podendo originar uma grave crise económica e social.

### 2.3.3 Simulação

A simulação, cujo nome se designa Computer Aided Engineering visa garantir a qualidade e eficiência no desenvolvimento de produtos e tem uma importância extrema, pois auxilia as empresas a aperfeiçoarem todo o seu processo e consequentemente a melhorar os seus produtos. Tendo como base de suporte o computador, e é possível a partir deste a realização de vários tipos de análises que vão desde estudos matemáticos, estudos físicos até outros mais complexos. Estas análises tem a grande vantagem de deteção de erros, a diminuição de custos e de tempo de realização de projetos, melhorar a produtividade e permite a determinação de soluções.

A simulação computacional permite a análise de dados no chamado tempo real, o que permite uma ligação entre o mundo físico e o mundo virtual. Chama-se digital Twin a este processo de obtenção de informação pois todo o produto criado no mundo físico vai ter um seu representante no mundo virtual. A mais valia neste processo deve se ao facto de que qualquer produto ser testado e mesmo aperfeiçoado no mundo virtual, assim como a configuração dos equipamentos antes de qualquer alteração real o que contribui para uma otimização de recursos, desempenho permitindo assim uma melhoria economia.

Este processo de simulação, que tem como principal fonte o computador, é uma estratégia empresarial que cada vez mais se tem desenvolvido no sector industrial, principalmente na indústria de transformação. Este método faz uma análise do processo de forma integral e permite simular o comportamento de fatores específicos, que vão desde o stock, a mão de obra ou a equipamento individual, assim como possibilita uma interação entre os mesmos.

Em qualquer projeto de simulação, a estratégia utilizada consiste em definir, testar, avaliar, melhorar, implementar e monitorizar

### 2.3.4 Sistemas de Integração (Horizontal e Vertical)

A integração de dados no sistema industrial, consiste em processos de estruturar a tecnologia industrial e permitir que todas as áreas de uma empresa obtenham todos os mecanismos tecnológicos necessários para a realização das suas tarefas de um modo mais produtivo e com elevada qualidade. Existem duas

formas de integração. A integração vertical consiste na produção integrada da matéria prima até à obtenção do produto final, verificando-se no caso da integração horizontal, na instalação de uma variada rede de distribuição. A integração horizontal, permite acompanhar, automatizar e unir processos em toda a cadeia de produção, desde o contacto com os fornecedores até ao cliente final. Este processo de monitorização linear garante eficiência em toda as áreas da indústria. Apesar de, ter uma linha bem definida e com uma produção de qualidade, nem sempre o negócio pode ser de sucesso, pois existe a necessidade de um controlo que tenha uma hierarquia associada à inteligência que monitorize, recolha dados e os transforme em planos reais de ação que permita melhoria nos processos. A este processo designa-se integração vertical, pois esta que permite a partilha de informações em cadeia desde a base empresa até aos cargos mais executivos.

A integração horizontal é um processo em linha, enquanto a vertical é um processo em pirâmide, onde são obtidos os dados do sistema de produção, permite a sua transformação em relatórios possibilitando um conhecimento muito mais rigoroso sobre os obstáculos e a possibilidade de melhorar o desempenho de todo o processo. Para que a integração possa ser total, há a necessidade de uma estrutura hierárquica dividida em cinco níveis. O nível de campo está associado ao processo de automação onde são utilizados sensores e atuadores, que fazem o controlo da base da empresa. O nível de controlo, que controla toda a automação através de um Controlador Lógico Programável No nível de produção, há a recolha dos dados de produção e é realizada a análise de resultados. O nível de operação, que permite a obtenção de todas as informações relativas à parte do planeamento do processo de produção, da gestão da qualidade e da eficiência de todos os equipamentos. O último nível corresponde ao planeamento ,onde nesta etapa se faz a gestão de todos os níveis com o objetivo de se obter uma visão clara e objetiva de qual a situação da empresa para se escolher qual ou quais os melhores caminhos a seguir. A integração horizontal assim como a vertical são de uma elevada importância na indústria do futuro, no entanto a interação vertical fundamental se a empresa necessita de uma visão geral da sua produtividade e pretende utilizar os dados obtidos em outras estratégias negociais. A integração vertical não é exclusivamente um pilar da Indústria 4.0, mas é o maior suporte, pois permite estruturar toda a inteligência dos negócios das empresas. Esta garante, que a Indústria 4.0 pode colocar a tecnologia industrial no foco de quaisquer estratégias das empresas, sejam estas atuais ou futuras.

### 2.3.5 Cibersegurança

Com o avanço tecnológico que I4.0 provoca e todas as alterações inerentes ao seu impacto socioeconómico impulsionam cada vez mais a competitividade empresarial, a uma escala global. Aliado

a esta tensão concorrencial, temos um mundo de ligações constantes em tempo real que registam milhões de dados por milésimas de segundo. As redes informáticas estão constantemente sobrecarregadas com cada vez mais informação e servidores lotados. Estes mesmos servidores, que qualquer empresa possui hoje em dia, suportam informações cruciais para o desenvolvimento empresarial e para ultrapassar a concorrência. A cibersegurança ajuda na melhor, mais segura e confiável encriptação de dados de forma a impedir ataques informáticos e a promoverem o bom funcionamento da própria empresa, uma vez que todo este é alicerçado em servidores e redes informáticas.

A 4RI utiliza e desenvolve este sistema de cibersegurança, por um lado para promover a segurança dos utilizadores da tecnologia e por outro, através da inteligência artificial promove a alteração constante de algoritmos e passwords de acesso.

Normalmente as empresas internacionais e transacionais são as que investem mais neste tipo de alta tecnologia, bem como as potências mundiais e as suas agências de intervenção terrorista e serviços secretos.

### 2.3.6 Internet of Things

A Internet das coisas, consiste numa rede informática que permite a ligação de todos os componentes da produção, desde máquinas a otimização de espaços, bem como possibilita a automatização do processo produtivo. Com a internet das coisas na indústria 4.0 é possível conectar conceitos, por via de padrões tecnológicos, fazendo com que exista uma maior interação entre eles, aumentando o conhecimento através da centralização dos controlos.

A internet das coisas faz parte do quotidiano em todas as nossas ações básicas. Numa dimensão ampliada é aplicada às empresas, permitindo aceder a uma elevada quantidade de informação (Big Data) e descobrir os caminhos mais rentáveis de modo a atingir os objetivos propostos. A Internet das Coisas permite um acesso contínuo maior e mais cada vez mais facilitado a uma prestação de serviços, que provoca uma alteração estrutural na dimensão social dentro da sociedade desenvolvida. Esta alteração tem influências a nível da rentabilização do tempo disponível e dos recursos, e quando aplicada ao desenvolvimento da indústria 4.0 permite um aumento exponencial da produtividade.

### 2.3.7 Cloud Computing

A evolução a que os sistemas informáticos estão sujeitos ao longo do tempo, contribui para uma permanente alteração na forma de estruturar e definir os mesmos. Nos dias de hoje o acesso à internet

pode ser feito através de uma gama diversificada de dispositivos em qualquer ponto geográfico com uma velocidade e uma segurança bastante elevada.

A Cloud Computing ou computação em nuvem é a tecnologia que permite o armazenamento, gestão, partilha e disponibilidade de dados, software e outros serviços através da internet. Esta tecnologia permite ao utilizador aceder a diferentes programas e a partir de diferentes dispositivos e em diferentes locais, permitindo a este uma maior mobilidade e uma mais fácil utilização dos recursos informáticos existentes. No dia a dia, este conceito já é utilizado, quando deixamos documentos na rede ou até quando usamos aplicações que não estão instaladas nos próprios computadores.

O termo Cloud Computing, surge pelo desconhecimento da localização específica dos dados ou de aplicações que acedemos ou partilhamos.

A Cloud Computing é a evolução natural das tecnologias e está acessível a consumidores, empresas e a instituições ou fontes estatais.

A principal preocupação dos utilizadores desta tecnologia, reside em que estes visionam o controlo da informação ser feito por pelos fornecedores dos serviços desta área, o que contribui para um crescimento da insegurança e leva a que esta área tecnológica apresente alguns obstáculos que necessitam de ser ultrapassados para que possa ter uma melhor aceitação.

O Cloud Computing é uma opção mais eficiente e sustentável, quando comparada com outros recursos, uma vez que possibilita uma organização que nenhum outro sistema possui e permite armazenar informação de forma diferenciada, sem despender os recursos próprios.

As empresas são quem mais lucra com esta tecnologia, dado a quantidade de dados que permitem acessíveis na rede, assim como estas tem custos só de utilização e não de instalação, o que se torna bastante vantajoso.

### 2.3.8 Manufatura Aditiva

A Manutenção Aditiva, também chamada de impressão 3D é um processo que visa executar objetos de diferentes níveis de complexidade, utilizando um desenho que é realizado através de um computador. Esta tecnologia surgiu há cerca de 30 anos. Inicialmente esta técnica de impressão 3D era mais utilizada para a criação de protótipos. Hoje, com a utilização deste tipo de tecnologia avançada, esta invenção tecnológica tornou se imprescindível em todos os diversos setores da economia, desde a área da saúde, do setor automóvel e na aeronáutica. A produção de uma peça é um processo idêntico à impressão feita a 2D, mas na impressão 3D, é utilizada um gel ou pó de filamento de metal ou plástico. Durante o processamento das peças, a matéria prima é colocada em camadas para possibilitar um melhor



aproveitamento desta. Na Manufatura Aditiva, os projetos são realizados a partir de programas 3D, como AutoCAD, SolidWorks, Sketchup, 3ds Max, Meshmixer, TinkerCAD, entre outros.

Na atualidade a Manufatura Aditiva é uma realidade nos mais diversificados setores da economia mundial. Os Fatores que contribuíram para o sucesso desta metodologia estão relacionados com a facilidade de produzir peças com estruturas bastante mais detalhadas e com um custo bastante inferior em relação a determinados tipos de manufatura. Um exemplo disso acontece na indústria aeronáutica Airbus, na Alemanha, as impressoras 3D são utilizadas para produzir peças em metal para todos os modelos de avião, pois os responsáveis concluíram que os objetos produzidos através da impressão em 3D são mais leves, fortes e tem um custo mais baixo de produção. No setor automóvel, a Manufatura Aditiva permite a obtenção dos mais variados benefícios, pois são produzidas peças de alta qualidade sendo que é possível realizar previamente testes com protótipos em 3D. Algumas empresas conseguiram produzir até mesmo a estrutura de um veículo inteiro mediante a utilização desta tecnologia. A Local Motors é um exemplo disso pois conseguiu produzir um carro denominado como Strati demorando apenas 44 horas. Na área da saúde a Manufatura Aditiva tem cada vez mais benefícios, pois a criação de próteses de baixo custo é um ótimo exemplo. Por meio de modelos impressos em 3D, é possível confeccionar braços biônicos os quais se adaptem a necessidade do paciente a um custo mais baixo do que os existentes no mercado.

### 2.3.9 Realidade Aumentada

A realidade aumentada consiste num conjunto de tecnologias que permitem a visualização de dados digitais sobre o mundo real, apesar de ser uma tecnologia que ainda se encontra numa fase de desenvolvimento. A realidade aumentada está a começar a alterar a forma como as diferentes empresas dos vários sectores de atividade trabalham. Ela afeta a forma como as experiências são vividas, como o conhecimento é adquirido, como são feitas as tomadas de decisão e de um modo geral como as empresas interagem com o mundo que as rodeia, pois permite que a forma como as empresas atendem os seus clientes seja modificada, desde o modo como os produtos são criados e projetados, como os funcionários da empresa são treinados assim como permitem a alteração da cadeia de valor de todo e qualquer processo produtivo. Como o mundo físico é um mundo na sua grande maioria tridimensional, existe a limitação pelo facto de que os dados de um sistema são em 2D. A diferença entre o mundo real e o mundo digital impede que se consiga fazer uso da melhor forma dos volumes de informação existentes. Contudo a realidade aumentada resolve essa situação pois possibilita a sobreposição de imagens e de dados sobre os objetos reais. Este processo é utilizado por variadas empresas pioneiras

que através da realidade aumentada conseguem melhorar a qualidade e conseqüentemente a produtividade. Este processo permite um aumento bastante rápido na produção devido à alteração na relação entre homens e máquinas. Através da realidade aumentada é possível em tempo real que seja feita uma visualização de todo o processo produtivo passo a passo



## 2.4. Servitização

Designa-se por servitização como uma estratégia aplicada por uma empresa para transformar um modelo de negócio focado em produtos num outro modelo de negócio que agrega valor mediante os serviços.

Os serviços que no passado eram considerados um dado a substituir, ou seja, um custo empresarial a ser reduzido, tem nos dias de hoje uma cada vez maior importância, uma vez que são imprescindíveis para atender a necessidades dos clientes, uma vez que além de fornecerem produtos também dão soluções.

Segundo Vandermerwe e Rada [Vandermerwe S., Rada J.(1998)], servitização, corresponde a uma inovação dos negócios, pois estes baseavam se exclusivamente na venda de produtos, para passarem a oferecer uma solução conjunta de produtos e de serviços, permitindo com isso aumentar o valor agregado oferecido ao consumidor e permitir que a empresa possa obter maiores benefícios.

O conceito de servitização teve a sua origem na indústria informática, pois no passado os softwares eram considerados produtos de prateleira com um único preço de venda, mas atualmente estes são vendidos como um serviço web onde se baseia na renovação das licenças de utilização.

A servitização consiste na incorporação de serviços a um produto, oferecido por uma empresa transformadora, que procura que o cliente obtenha satisfação através da combinação de bens, serviços assim como de conhecimento.

As vantagens da combinação dos produtos com os serviços permitem a obtenção de benefícios e lucros bastante superiores.

Os serviços aliados com a produção permitem que as empresas deixem de lado atitudes passivas, pois estas atitudes seriam prejudiciais para interagir com a concorrência de mercado.

São vários os serviços que podem ser prestados, desde manutenção, serviços financeiros, assessoria, serviços pós-venda, treino, instalação, inspeção e reciclagem [Vandermerwe S., Rada J.(1998)].

Uma característica que torna os serviços algo pessoal e com características únicas de cada empresa deve se ao facto de que os serviços são dependentes do fator humano e por isso dificulta a imitação, o que é uma mais valia pois torna as empresas muito mais competitivas

O conceito de servitização permite obter uma nova forma de pensar com a finalidade de criar valor para as empresas e para os clientes.

Face a tudo isto, a servitização, tem crescido expandido em todo o mundo, tendo a sua importância sofrido uma rápida aceleração nas diferentes indústrias, assim como a nível universitário.



## 2.5. Políticas e Legislação para a Indústria 4.0

A história da indústria, como está representado no capítulo 2.1, dita que em todas as revoluções industriais existe sempre algo que é substituído pela introdução de novas invenções e/ou métodos de trabalho. Porém, face ao conhecimento que neste estado da arte está exposto, o que a indústria 4.0 mais facilmente se propõe a eliminar é o capital humano, como podemos observar em estudos, como sugerem os autores no IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO [Espelho, J. A.].

Seguindo os princípios da ética e direitos humanos, sabemos que todo ser humano vale por si pela condição de existir, independentemente de todas externalidades da sua vida social. Deste modo, surge um conflito com a apresentação teórica da indústria 4.0. Caso as instituições aplicassem um desemprego em massa, a vida em sociedade colapsava, a economia ruía e a automatização da indústria seria o maior erro das revoluções industriais da humanidade. Sendo que para a vida económica ser sustentável todos os agentes económicos são necessários, incumbe ao Estado elaborar políticas e legislação para preparar as indústrias para o seu desenvolvimento e estar capaz de atuar financeiramente perante possíveis colapsos no emprego.

“Right now, the human worker who does, say, \$50,000 worth of work in a factory, that income is taxed and you get income tax, social security tax, all those things, [...] If a robot comes in to do the same thing, you'd think that we'd tax the robot at a similar level.”

O cofundador da Microsoft, Bill Gates, é o autor da frase supracitada, sendo que este é da opinião da criação de um imposto para tributar os robôs. Imposto este cobrado às empresas que os possuem como ativos. Gates defende que a criação deste imposto é uma maneira justa de auxiliar o estado a lidar com um grande desemprego tecnológico. Com robôs a gerar receita para o estado, sem ter de representar qualquer custo aos contribuintes, seria nesta teoria uma das políticas legislativas eficaz, uma vez que a despesa pública em subsídios de desemprego também iria aumentar substancialmente.

Todavia, economistas, políticos e grandes líderes industriais se puseram contra esta tese indicando que em todas as revoluções industriais houve sempre desemprego pela substituição do homem em algumas funções por máquinas e para além disso a sociedade sempre deu a volta a esse desemprego surgindo

novos postos de emprego e apostando na inovação e criatividade. A possibilidade da criação de muitos postos de trabalho, que até então não existiam, é sem dúvida uma grande hipótese quando falamos da quarta revolução industrial. Porém, no capítulo 4.2. Impacto social, será abordado melhor o tema do desemprego e impactos que a sociedade pode sofrer e possíveis caminhos a seguir no que concerne ao investimento e desenvolvimento aliado à educação e formação ao longo da vida.

Em síntese, apesar das variadas opiniões no assunto, o Estado deve em primeiro lugar ter uma posição de legislar bases e fundamentos teóricos, para que as empresas possam um alicerce legal sobre as tomadas de decisão no seu desenvolvimento e aposta na automação. Em segundo lugar, considero que devia ser alvo de discussão no hemiciclo, tendo em conta as forças e perspetivas partidárias diferentes, formas de prever um possível desemprego tecnológico em massa e tomar decisões estruturais e conjunturais para diminuir os impactos na economia e na vida em sociedade, no curto, médio e longo prazo. Com uma atitude preventiva, provisória e economicamente equilibrada visando sempre os interesses do país é que é possível evitar crises económicas e ter uma economia equilibrada, sustentável e eficiente na interligação entre todos os agentes económicos.

## 2.6 Dimensão Técnico-produtiva da Indústria 4.0

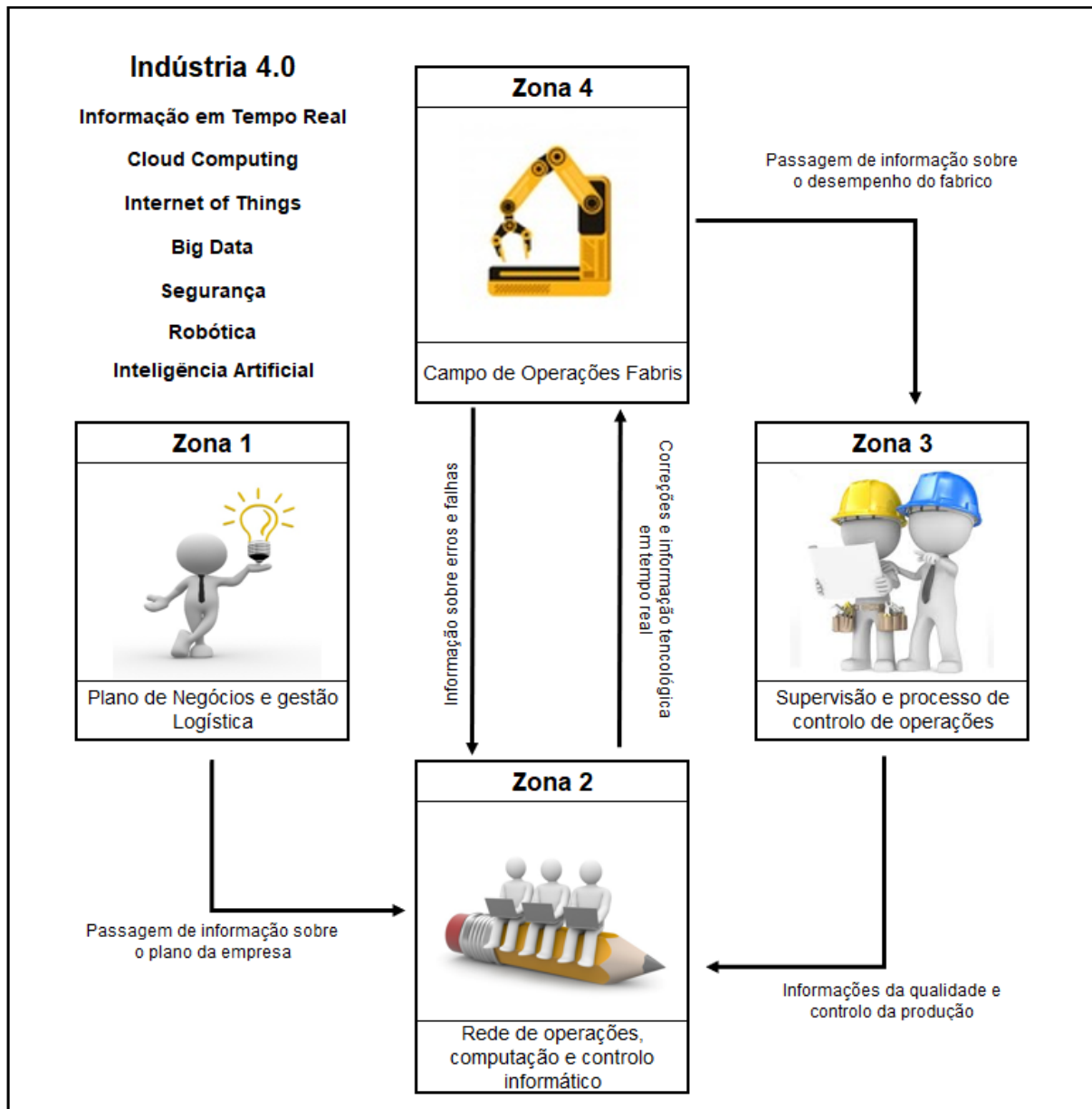
No que concerne à atividade fabril propriamente dita, com a introdução dos modelos teóricos da I4.0, esta muda substancialmente. Com a mudança da organização da fábrica e da transmissão de informações, a forma como se procede o processo produtivo fica muito mais intuitiva.

O objetivo deste capítulo é entender como se procede a produção e a tomada decisão, bem como o mapa de operações efetuadas numa indústria de ponta da revolução industrial. Por outro lado, selecionar indicadores industriais que avaliem a maturidade e desempenho da produção. Por fim, e em síntese, é apresentada uma comparação do estado atual das indústrias portuguesas e alemãs e o caminho mais relevante a seguir, de forma a que a reindustrialização de Portugal esteja a par das potências europeias. Uma empresa de produção industrial deixará de ter uma hierarquia rígida, mas um plano de interligação onde todas as partes cumprem o seu dever em constante ligação com as outras, como podemos observar na figura 4.

Na zona do campo de operações fabris, onde se desenvolve a produção, situam-se máquinas automatizadas, isto é, robôs com inteligência artificial para agirem de forma rápida, sem interrupções no ceio do chão de fábrica. Por outro lado, uma vez que este modelo tem os seus alicerces no desenvolvimento tecnológico é necessária uma rede competente de técnicos informáticos e engenheiros aptos para o desenvolvimento de softwares e manutenção da informação nos centros informáticos, comunicando diretamente com o campo de operações fabris. Numa terceira zona dá-se a supervisão dos processos e controlo de qualidade dos produtos, como podemos observar na figura seguinte na Zona 3. Quanto à Zona 1 da mesma figura, é destinada à elaboração do plano de negócios e a gestão de todas as atividades feitas na empresa.



Figura 4. Teia de ideias sobre a interligação entre os agentes das empresas



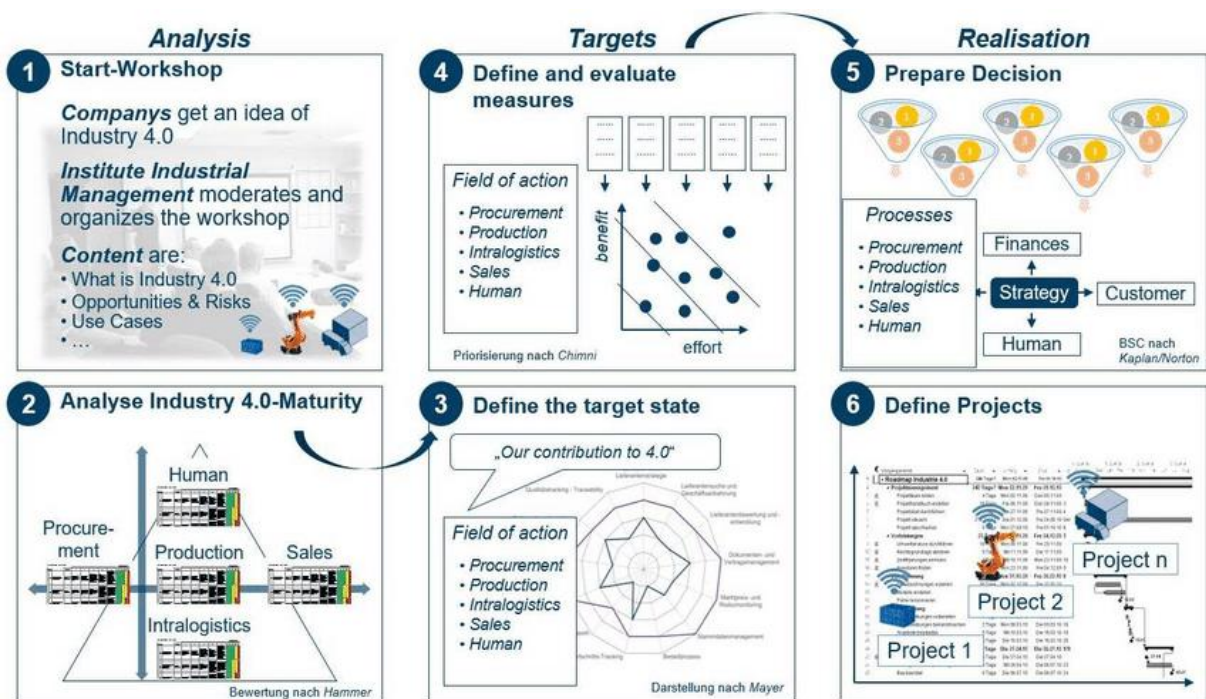
Efetivamente, para uma indústria efetuar mudanças estruturais e conjunturais é necessário um grande investimento. Contudo, para minimizar o custo e conseqüentemente riscos, é necessário que seja criado um mapa ou guia de atuação de forma a se atingir todas etapas desejadas, comumente denominados de *roadmaps*. Porém, este tipo de guia é muito genérico, devendo a empresa adaptá-lo e pormenorizá-lo à sua medida.

O Instituto de Gestão Industrial da FH JOANNEUM Universidade de Ciências Aplicadas desenvolveu com uma empresa um *roadmap* [Pessl, E., Sorko, S. R., & Mayer, B. (2020)] para a implementação da

Indústria 4.0. O modelo desenvolvido tem três fases principais: análise, definição de metas e implementação. É dividido em 6 etapas que serão seguidas sequencialmente. Este garante uma identificação sistemática da atual maturidade de Indústria 4.0 e as competências existentes, bem como a definição de metas, como podemos observar na seguinte figura.

O guia contém uma análise da I4.0, das oportunidades e riscos envolventes como primeira etapa. Numa segunda etapa analisa a estrutura e maturidade d indústria 4.0. Na terceira fase define objetivos a alcançar, definindo um vasto programa e objetivos ao implementar a indústria 4.0. Na quinta fase do *roadmap* é preparada a decisão e como se vai desenvolver o processo de reindustrialização, isto é a estratégia adotada. Por fim, são desenvolvidos projetos e para implementar com a automatização completa da indústria.

Figura 5. Roadmap (C)



### 2.6.1 . Indicadores industriais

Os indicadores industriais recolhem todos os dados que podem ser obtidos numa fábrica e que permitem a obtenção de informação sobre o seu desempenho. Em qualquer linha de produção é necessário recolher informação, fazer análises e principalmente implementar métodos que visam eliminação de falhas, aumento da rentabilidade dos recursos, possibilitando uma diminuição de custo por operação e conseqüentemente uma melhoria na qualidade dos produtos uma vez que dá lugar a uma investigação e inovação tornando a produção eficiente.

Uma vez que o planeamento e a gestão estratégica são cada vez mais importantes no setor produtivo de empresa, os indicadores tornam-se uma prioridade para avaliar sistematicamente a eficácia e eficiência na tomada de decisão. A partir da análise de um ou mais indicadores específicos é possível avaliar diferentes perspetivas de produção e obter um diagnóstico real sobre a empresa.

Uma análise ao funcionamento de uma empresa tem de ter em conta diversos fatores, sendo estes económicos, sociais e políticos. No que diz respeito à produtividade da mesma é fundamental que existam indicadores que possam avaliar o estado da empresa, comparando entre si as diferentes variáveis que condicionam o processo produtivo.

A escolha dos indicadores de industriais não é uma tarefa fácil, contudo para estes serem considerados bons indicadores devem conter algumas características. A ideologia SMART, como podemos observar na figura, é um bom guia de como determinar um bom indicador industrial. Estes indicadores devem ser específicos, mensuráveis, isto é, refletores dos objetivos da empresa como um todo, alcançáveis, realistas e realizáveis num determinado espaço de tempo. O seu caráter é estratégico é fundamental para a tomada de decisão, devendo ser baseados em dados confiáveis e terem um elevado grau de aderência e relevância em todos os patamares da empresa.

Este tipo de indicadores é indispensável para uma empresa, contudo a seleção dos mesmos depende do tipo de empresa e negócio bem como a área de objetivos da empresa, pois consoante as metas a atingir, serão selecionados os mais adequados.

Contudo, a avaliação da indústria analisada neste capítulo, tem por base duas grandes perspetivas de análise. A primeira baseia-se numa avaliação geral da indústria portuguesa e a sua comparação e integração na União Europeia e Zona Euro, criando o balanço de ajuste com a potência alemã. Por outro lado, serão vistos alguns indicadores que analisam *in loco* o processo produtivo e dessa forma possibilitar uma análise detalhada sobre o desempenho e eficiência da indústria.

Figura 6. Ideologia SMART (D)

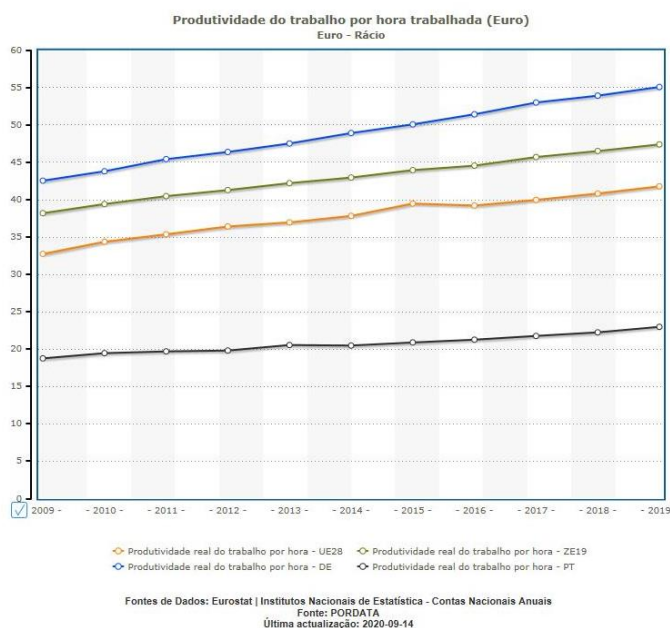


Desta forma, segundo a figura 7, podemos observar que a Alemanha apresenta um maior valor de produtividade do trabalho por hora trabalhada quando comparada com a União Europeia, a Zona Euro e Portugal. Em segundo lugar, encontra-se a zona Euro seguida pela União Europeia, situando-se em último lugar Portugal que apresenta o valor mais baixo de produtividade.

Em relação á Alemanha, verifica-se que entre o ano de 2009 e 2019 o valor aumentou de 42,6€ até ao valor 55,1€.No que se refere á Zona Euro a variação situou-se entre 38,2€ e 47,4€A União Europeia apresenta valores que variam entre 32,8€e 41,8€.A finalizar Portugal teve uma variação entre 18,8€ e 23€.

Como conclusão, apesar da Alemanha ser o país com os maiores valores de produtividade do trabalho por hora trabalhada e Portugal ser o país onde esses valores são inferiores, verifica-se que entre 2009 e 2019 o maior aumento foi da Alemanha com 12,5€ e Portugal foi o menor a crescer com apenas 4.2€ de diferença, como podemos observar na figura 7.

Figura 7. Gráfico da produtividade por hora trabalhada (E)



Apesar de ser apenas um indicador de análise industrial aqui representado podemos concluir que a indústria alemã é muito mais produtiva que a indústria portuguesa, e como poderemos observar mais à frente nos próximos capítulos, a indústria alemã é o coração da potência mundial, impulsionando-a economicamente de forma bastante competitiva no mercado mundial.

Ademais, temos indicadores industriais específicos que permitem uma avaliação que quantifica em chão de fábrica e retira conclusões para o controlo da qualidade e melhoria na tomada de decisão na empresa. Para esse efeito, seguem alguns indicadores relevantes para a avaliação do processo. Apesar de existirem mais indicadores que são importantes para tal avaliação do processo produtivo de uma empresa, estes são quase unilaterais para análise, isto é, aplicáveis a quase todo o tipo de indústrias. O que se pretende com isto é garantir que possa existir uma competitividade nos mercados tendo como base a qualidade e um desenvolvimento económico.

Um dos indicadores utilizados é o Indicador de Performance, o KPI (Key Performance Indicator), que representa a medida do desempenho, permitindo analisar como uma empresa está a direccionar a sua atuação no ponto de vista de planeamento estratégico.

Cada empresa utiliza os indicadores de acordo com o tipo de negócio que gere e de acordo com o que pretende controlar isto significa que cada departamento necessita de medir o seu desempenho e por isso seleccionar os indicadores mais adequados para atingir as metas planeadas.

O indicador Mean Time To Repair (MTTR) está relacionado com o tempo médio de reparação, ou seja, determina o tempo médio que é necessário para efetuar uma correção no equipamento que se encontra avariado. O MTTR é obtido pelo quociente entre o tempo total de reparação e a quantidade de falhas obtidas. Deste modo, a utilização deste indicador permite concluir que quanto menor for o seu valor mais eficiente é a equipa de produção, pelo contrário um valor bastante elevado demonstra que existe um intervalo de tempo considerável entre a deteção da avaria e a comunicação da mesma.

Neste caso, a utilização de um sistema de Gestão Computorizado de Manutenção (CMMS) é fundamental para que seja mais agilizada a comunicação de avarias, sendo que avalia de uma forma mais eficaz se um equipamento deve ser substituído ou reparado.

Por outro lado, tem-se o indicador Mean Time Between Failure (MTBF), que está relacionado com a confiabilidade e a disponibilidade do equipamento, uma vez que permite efetuar uma análise em várias peças paralelamente para determinar o tempo até á próxima falha. Este indicador permite avaliar o tempo decorrido entre uma falha e a próxima. Quanto maior o MTBF, melhor para a empresa, pois isto significa que os equipamentos estão a falhar com uma menor frequência ou demoram mais tempo a falhar. Este indicador só é aplicado em aparelhos que podem ser sujeitos a reparação. O MTBF determina-se pela razão entre o tempo disponível retirado o tempo perdido pelo número de paragens ocorridas.

O Overall Equipment Effectiveness (OEE) demonstra a eficiência geral de um equipamento, uma vez que permite medir o comportamento, desempenho e a qualidade do sistema de produção, e por isso composto por três partes, sendo elas a disponibilidade que mostra quantas máquinas podem ser usadas, o desempenho que permite avaliar a produção do equipamento e a qualidade, e por isso este índice é determinado pelo produto destes três fatores. Um valor bastante satisfatório para OEE, implica a uma gestão bastante eficaz do equipamento, dos operadores, e da equipa de manutenção

Por fim, o Standard Operating Procedure (POP) permite prever se há um desvio no processo, pois baseia-se num conjunto de procedimentos de rotina que são realizados onde se encontra o planeamento do trabalho que vai ser efetuado, ou seja, que contém as medidas necessárias á realização das tarefas. Este indicador apresenta a pessoa responsável pela escolha dos equipamentos e o seu manuseamento, os materiais e matéria prima usados em cada tarefa, a forma de manuseamento do equipamento e as

inspeções de rotina dos equipamentos. Estes documentos são obrigatoriamente datados e revistos, tudo isto com a finalidade de manter o pleno funcionamento das unidades de trabalho.

## 2.7 Impacto Socioeconómico da Indústria 4.0

A análise da evolução inerente às alterações provocadas pelo desenvolvimento constante e rápido da indústria 4.0, não se limitam pelo detalhe que é implementado a nível industrial, mas também pelo impacto económico e social que esta revolução provoca na economia da empresa e consequentemente na economia nacional, bem como nas consequências diretas que provoca nos trabalhadores, no tipo e qualidade do produto como também na revolução no emprego a nível nacional.

Para podermos analisar esse impacto socioeconómico foram estabelecidos alguns indicadores económicos e sociais que auxiliam a avaliar as consequências diretas, no curto, médio e longo prazo para as empresas privadas e para as economias nacionais.

### Indicadores económicos

Afetação empresarial:

#### - Custos de Produção e Operação

Neste indicador o objetivo é entender se existe diminuição real dos custos de operação e produção dos bens e serviços prestados, podendo ser um impulsionador à expansão da indústria no mercado nacional e concorrer mais competitivamente com as empresas que operam no mercado internacional. Este indicador também permite saber se a empresa está suficientemente forte, para no seu setor ser líder nacional de produção, pois a custos reduzidos os bens podem ser vendidos a custos inferiores, possibilitando assim a diminuição das importações desse mesmo bem, tornando a economia mais forte e mais competitiva a nível europeu e mundial.

Associado a este indicador vem o paradigma do erro 0, avaliando se a produção se torna mais eficiente, de maior qualidade, diminuindo as falhas e os erros, diminuindo o desperdício, diminuindo concomitantemente os custos associados a esses mesmos erros. Avaliando assim também o bom (ou não) planeamento de produção industrial.

#### - Aumento da rentabilidade

Este indicador está intimamente ligado com o anterior supracitado, que avalia a capacidade de prever e prevenir falhas na produção, otimizando a manutenção, avaliando a eficiência e eficácia dos equipamentos e da produção em geral.



Para o auxílio deste indicador temos uns indicadores económicos mais precisos que ajudam a avaliar a produtividade empresarial e avaliar a evolução da mesma, visando o aumento do lucro da empresa, tais são:

- Produtividade média em função dos fatores de produção (L, K)

$$PMe_{(L,K)} \text{ em termos físicos} = \frac{\text{Quantidade Produzida}}{\text{Quantidade do fator de produção (L, K)}}$$

$$PMe_{(L,K)} \text{ em termos monetários} = \frac{\text{Valor da Produção}}{\text{Valor do fator de produção (L, K)}}$$

- Produtividade Marginal do Trabalho:

$$PMg_L = \frac{\Delta \text{Quantidade Produzida}}{\Delta L}$$

- Custos Variáveis Médios:

$$CVMe = \frac{\text{Custos Variáveis}}{\text{Quantidade produzida}}$$

- Custo Marginal:

$$CMg = \frac{\Delta \text{Custo Total}}{\Delta \text{Quantidade Produzida}}$$

#### - Investimento

Na área do investimento o objetivo é a análise em que zonas da indústria é que é feito investimento, que valor é necessário despendido e que quantidade de fator fixo que é substituído ou aumentado.

A nível da economia nacional

#### - FBCF (Investimento)

À semelhança da análise do investimento particular na empresa, a análise da FBCF, permite fazer uma avaliação das indústrias no geral a nível nacional e do seu investimento na expansão da produção.

#### - Balança de bens e serviços e PIB

A balança de bens e serviços é um indicador que mede o rácio entre a entrada de bens e serviços para o país (importações) e a saída de bens e serviços (exportações).

A partir deste indicador vamos poder analisar de que forma existe o saldo da balança de bens e serviços e do PIB português. Fatores que fortalecem a economia nacional e permitem a existência de condições favoráveis ao investimento externo e ao investimento interno e ao investimento na indústria 4.0 em território nacional.

Para tal, também não podemos esquecer de dois indicadores importantes que são o Indicador de Confiança dos Consumidores e o Indicador de Confiança da Indústria. Estes dois permitem uma avaliação geral das flutuações da economia e são decisivos para o investimento de particulares e de grande relevo para fazer crescer a economia.

#### - Emprego e População Ativa

Neste indicador o objetivo é perceber demograficamente como se comporta a sociedade e avaliar se o desemprego aumenta ou diminui e se as decisões governamentais na matéria são favoráveis à implementação da I4.0.

### **Indicadores Sociais**

Afetação empresarial e particular

#### - Melhoria da qualidade dos produtos e satisfação dos clientes

Com a introdução de uma nova tecnologia no âmbito industrial é expectável que a qualidade dos produtos aumente e o seu preço de produção diminua, tal como analisamos nos indicadores económicos. Com estas alterações, além do impacto económico que é avaliado anteriormente, podemos analisar o índice de satisfação dos clientes com novos produtos apresentados, maior qualidade e redução dos custos de produção. Esta redução está intimamente relacionada com a automação dos meios industriais e da aplicação da realidade aumentada juntamente com a robótica.

A nível nacional

#### - Criação de novos postos de trabalho e extinção de outros

Também relacionado com o indicador económico “Emprego e população ativa”, neste indicador o objetivo é analisar de que forma é necessário introduzir novos postos de trabalho relacionados com a introdução da tecnologia da I4.0 e de que forma se pode automatizar outras funções executadas por trabalhadores, tornando-as mais rentáveis.

Não esquecendo, contudo, a sustentabilidade do emprego, isto é, não substituir por completo a influência humana por máquinas, o que poderia ser prejudicial para o desemprego nacional.

#### - Qualidade da formação dos trabalhadores

Não podemos esquecer a avaliação do aumento ou não da população com cursos superiores e formação na área para aumentar a atratividade e desenvolvimento da tecnologia analisada neste trabalho.

A nível mundial

#### Impacto Ambiental da aplicação da I4.0

Neste âmbito o objetivo é analisar o possível impacto ambiental e fazer uma análise da sustentabilidade da tecnologia aplicada. Tendo em conta o modelo atual da indústria mundial e dos danos que esta provoca no ambiente e nos ecossistemas é pertinente que seja feito um estudo do impacto ambiental na substituição de algumas funções industriais relacionadas com a produção robótica e automação das atividades fabris.

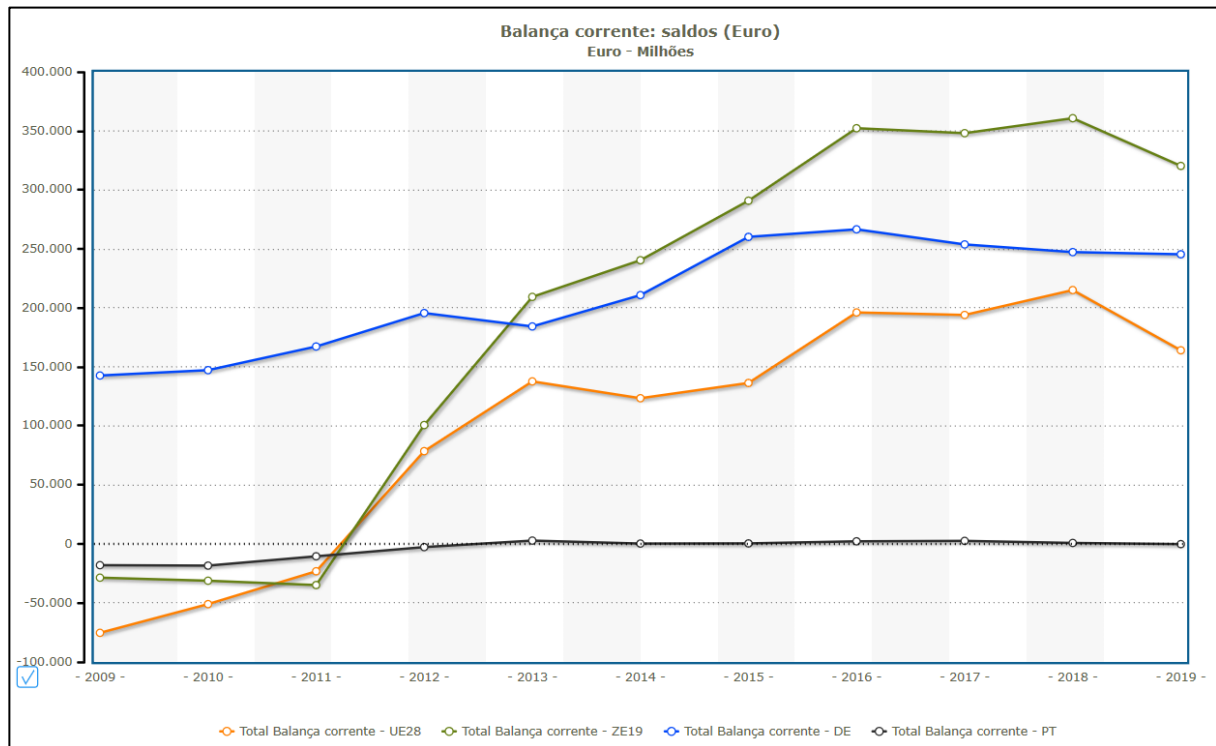
#### 2.7.1 . Impacto Económico em Portugal e na Alemanha

A introdução e adaptação da indústria portuguesa a um modelo de completa automação está em estudo há alguns anos pelo governo português. De forma a tal se concretizar foram pensadas três fases para desenvolver o projeto, sendo elas a Generalização, a Capacitação e Assimilação.

Para efetuar qualquer alteração microeconómica que terá impactos macroeconómicos de grande escala é necessário um estudo largo e prévio que avalie a economia nacional, a maturidade empresarial e a força de atuação de mercado da indústria portuguesa.

Como foi referenciado no início, foi estabelecida uma comparação com o poder económico da Alemanha e de Portugal. Quanto aos dados recolhidos, são de 2009 (ano que foi primeira vez falado o termo de I4.0, na Alemanha, com o sentido de tentar automatizar a indústria alemã a 100%) a 2019 (ano mais recente de conteúdos estatísticos). Numa primeira parte é avaliado, com dados da PORDATA, a balança de bens e serviços da Alemanha e de Portugal, em comparação também à UE28 e à ZE19.

Figura 8. Gráfico Balança Corrente 2009-2019 (PT, DE, UE28, ZE19) (F)



Relativamente à figura 8, pode-se concluir que a balança corrente à média da ZE19, nos anos de 2009 a 2019, foi sempre superior à média da UE28, à exceção do ano de 2011, em que foi ligeiramente inferior, justificado pela crise económica que abalou a economia europeia, nomeadamente a moeda Euro e os seus aderentes, crise esta que se viveu em recessão de falências de bancos norte americanos e que num mundo globalizado afeta todas as nações. De 2009 a 2013 a Alemanha teve sempre um saldo da balança corrente superior à UE28 e à ZE19, porém desde esse mesmo ano a ZE19 teve em média sempre valores superiores ao da potência europeia. Isto permite concluir a tese que a zona euro tem condições económicas e cresce gradualmente, fortalecendo a moeda e as economias nacionais que dela dependem. No que concerne a Portugal nos primeiros anos da análise gráfica, obteve um saldo negativo na balança corrente. Todavia, nos anos seguintes até 2019 conseguiu ter *superavits* baixas e saldos perto do nulo. Ademais, a ZE19, apresenta um crescimento sustentado ao longo dos anos, com uma estagnação a partir de 2016 e ligeira baixa em 2019.

Relativamente aos dados recolhidos e tratados em Anexo I, o saldo da balança comercial em Portugal inverteu desde 2012, tendo obtido nesse mesmo ano um valor positivo. Relativamente aos bens em específico, Portugal verificou sempre um saldo negativo, com uma diminuição do consumo externo em período de crise. Portugal é dependente da importação de bens. Quanto aos serviços prestados, o país luso é por sua vez um grande exportador. O saldo dos serviços registado é sempre positivo e tem

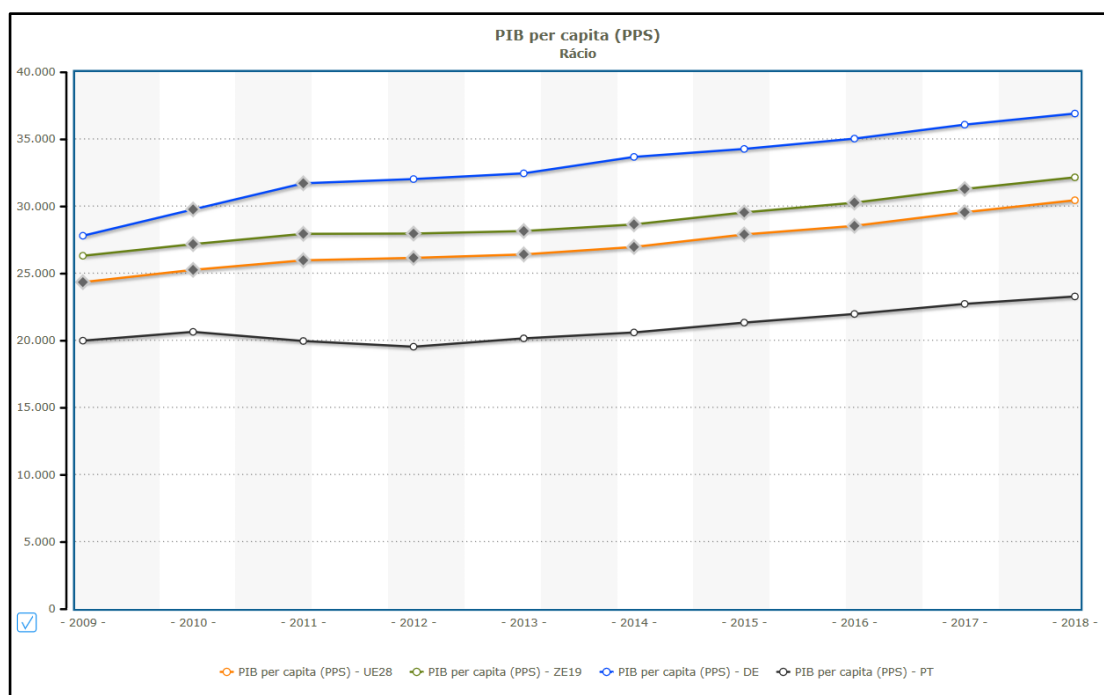
crescimentos de grande escala ao longo dos anos. A grande exportação é em massa de serviços, fazendo com que ultimamente tenha coberto o saldo dos bens originando superávits.

A Alemanha por sua vez, tem uma tendência oposta, tendo uma grande exportação de bens que cresce de ano após ano, e uma importação avultada de serviços. Os saldos desta balança para a potência são sempre positivos com grandes aumentos, devido à expansão industrial que promove o aumento das exportações de bens, que por sua vez cobre a importação feita a nível de serviços.

Em síntese, Portugal regista valores muito inferiores aos apresentados pela Alemanha, como seria expectável, pois esta tem uma economia mais “forte” e um desenvolvimento tecnológico superior. Em termos de desenvolvimento das indústrias e adoção de políticas de automação nas empresas e para por em prática o projeto da I4.0, a Alemanha encontra-se muito mais bem preparada, por ter uma grande aposta nas indústrias. Não obstante, Portugal pode e deve encara isto como um desafio na implementação do projeto e consequentemente revolucionar a forma de como são prestados os serviços e permitir uma evolução e amadurecimento da indústria em território nacional.

Em relação ao PIB per capita, o valor tem aumentado em Portugal ao longo dos anos, com um aumento contínuo e proporcional com os aumentos da ZE19 e UE28. A zona euro regista normalmente valores médios superiores aos registados pela União Europeia, o que significa um fortalecimento das economias do euro e fortalecimento da moeda. Por outro lado, o PIB alemão é sempre superior às médias da UE28 e ZE19, como podemos observar na figura 9.

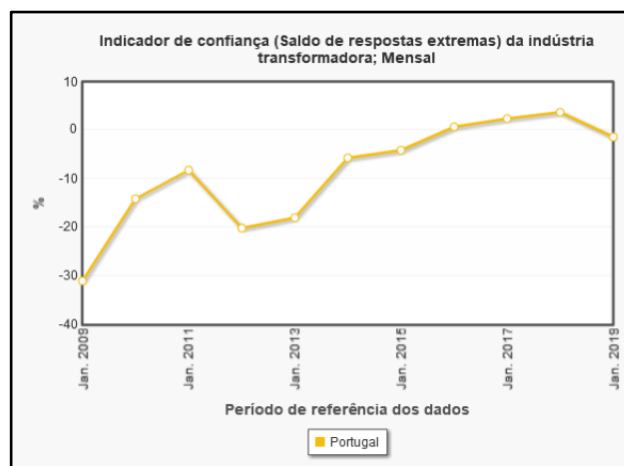
**Figura 9.** Gráfico PIB per capita (PT, DE, UE28, ZE19) (G)



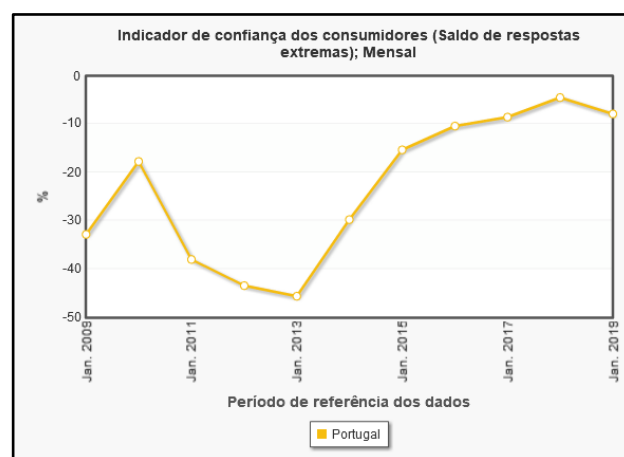
Com estes indicadores e resultados, é possível ir à longe de uma análise numérica e meramente económica. Para uma compreensão melhorada sobre as condições favoráveis ao investimento são escolhidos dois indicadores preponderantes para análise. O primeiro é o Indicador de Confiança dos Consumidores. Baseado num gráfico do INE, com os valores percentuais relativos aos resultados dos meses de janeiro compreendidos entre 2009 e 2019, verificamos que o Índice de Confiança dos Consumidores tem cada vez mais valores mais aproximados ao zero, o que indica um aumento da confiança por parte dos mesmos.

Na Figura 10, temos por sua vez, o seguinte indicador de análise, o Indicador de Confiança da Indústria, dado pelo INE. Por um lado, na Figura 11 temos uma análise da confiança no lado da procura, e neste indicador temos uma análise no lado da oferta. Segundo o gráfico, o ICI tem aumentado todos os anos, à exceção do período de crise económica onde registou uma queda. Desde 2016 que registou valores positivos, com pequenos aumentos ao longo dos anos, com uma pequena queda em 2019.

**Figura 10.** Gráfico Indicador de Confiança da Indústria (H)



**Figura 11.** Gráfico Indicador de Confiança dos Consumidores (I)



Em suma, estes indicadores permitem concluir que Portugal está em crescimento económico, com a confiança a aumentar do lado da procura e da oferta nos últimos anos, o que pode ser um grande ponto positivo na atração de investimento externo e na preparação de condições de aplicação da Indústria 4.0. Em seguida, é necessário entender como se comporta o emprego e a população ativa em Portugal, em termos de quantidade e qualidade, isto é, o tipo de qualificações que obtêm os trabalhadores.

Segundo a Tabela 2, relativamente à taxa de desemprego em Portugal e na Alemanha, por anos de escolaridade, conseguimos observar, primeiramente, que Portugal sempre obteve taxas de desemprego superiores à Alemanha. Não obstante, a Alemanha tem vindo a diminuir nos últimos de anos a sua taxa de desemprego gradualmente, quando Portugal, no período de crise económica teve uma subida extrema da taxa de desemprego. Porém, tem vindo a diminuir valores desde 2013, para menos de metade dos registados nesse ano e em valores inferiores aos que tinha em 2009.

Esta perspetiva de análise é, todavia, muito insuficiente para entendermos o crescimento de um país a nível económico, entendermos a sua maturidade e sustentabilidade do emprego, bem como a sua qualidade. Por essa razão, também na Tabela 2 é-nos dado dados sobre o desemprego, tendo em conta o ensino obtido pela população. Podemos observar que desde 2009, a população desempregada com cursos superiores na Alemanha não ultrapassa a barreira dos 3.5% e tem vindo a diminuir substancialmente, sendo que em 2018 e em 2019 apenas existia uma taxa de desemprego de população qualificada com cursos superiores inferior a 2%, o que se pode concluir que é uma taxa bastante positiva.

**Tabela 2.** Taxa de desemprego, dos 15 aos 74 anos: total e por nível de escolaridade (J)

Anos	Taxa - %							
	Total		Nível de ensino					
	DE - Alemanha	PT - Portugal	Sem nível de ensino ou com ensino básico (ISCED 0-2)		Do ensino secundário ao ensino pós-secundário não superior (ISCED 3-4)		Ensino superior (ISCED 5-8)	
		DE - Alemanha	PT - Portugal	DE - Alemanha	PT - Portugal	DE - Alemanha	PT - Portugal	
2009	7,8	9,6	15,7	10,3	7,6	9,6	3,4	6,5
2010	↓ 7,0	11	↓ 14,7	11,8	↓ 6,8	11,4	↓ 3,0	7
2011	↓ 5,8	12,9	↓ 13,0	13,9	↓ 5,7	13,4	↓ 2,4	9
2012	5,4	15,8	12,2	16,5	5,2	17,7	2,3	11,7
2013	5,2	16,4	11,9	17,4	5,1	17,4	2,4	12,7
2014	5,0	14,1	↓ 11,8	15,3	↓ 4,6	15,3	↓ 2,5	10
2015	4,6	12,6	11,2	13,6	4,3	13,9	2,3	9,3
2016	4,1	11,2	10,1	12,1	3,7	12,3	2,2	8,4
2017	3,8	9	9,5	9,8	3,3	9,9	2,0	6,5
2018	3,4	7,1	8,8	7,4	2,9	8,2	1,9	5,4
2019	3,2	6,5	7,9	6,9	2,7	7,2	1,8	5,3

Podemos observar que o país está quase a aplicar as qualificações de mão de obra a 100%. Por outro lado, em Portugal, esta taxa tem vindo a diminuir, contudo, com uma grande diferença, pois continua com valores bastante elevados, sendo que nos últimos dois anos da análise, em cada cem indivíduos com cursos superiores mais de 5 estão desempregados.

Em síntese, Portugal ainda não consegue ter um rendimento suficiente para aproveitar a mão de obra qualificada em território nacional, o que pode levar a emigração da mesma. A não aproveitação dos recursos internos é prejudicial em termos macroeconómicos, pois é um indicador de que as empresas não se estão a inovar, não estão a contratar jovens qualificados, e por esse lado pode dificultar à implementação de uma revolução tecnológica e científica.

Em termos económicos, e tendo em conta todos os indicadores suprarreferidos e analisados, é de fácil conclusão que Portugal ainda tem uma economia em crescimento, porém muito dependente das economias mundiais e principalmente do contexto dentro da União Europeia e da Zona Euro. As fragilidades económicas não são um ponto a favor da implementação da 4RI, pois o país dependeria de investimentos externos aos quais não conseguia responder sozinho. Porém estes obstáculos não são decisivos nem determinantes. A situação de crescimento de Portugal, poderia ser um ponto de partida para a sua revolução industrial a nível tecnológico e científico. Segundo a Tabela 3, referente à FBCF em percentagem do PIB, podemos observar que o investimento tem crescido ano após ano tendo em conta também um crescimento anual do PIB, o que é um aspeto bastante favorável para a atração de investimentos externos.

Ademais, para um avanço na direção da inovação tecnológica e automação das indústrias seria necessária uma grande participação do estado de incentivo à contratação de jovens qualificados, de apoio às indústrias, de melhorar a rede de acessos e transportes e também de investir nas empresas em curto, médio e longo prazo para um aumento de produção e rentabilidade.

**Tabela 3.** Investimento: Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) em percentagem do PIB (K)

Rácio - %

Anos	Formação Bruta de Capital Fixo em % PIB
2009	21,2
2010	20,6
2011	18,4
2012	15,8
2013	14,8
2014	15,0
2015	15,5
2016	15,5
2017	16,8
2018	Pro 17,5
2019	Pre 18,3



## 2.7.2 Previsões Futuras

Atualmente, de forma sintética e segundo informações do Eng. Luís Alves Monteiro in Política Industrial Para O Século XXI. 2017, 1–132, pode-se entender que a diminuição da procura interna a maioria das empresas ainda está muito descapitalizada, os financiamentos que existem ainda não são sustentáveis de modo a se pronunciarem numa política de longo prazo, o que enfraquece o poder de negociação com fornecedores das empresas. Existe uma concentração exagerada dos gestores em problemas de tesouraria quando podiam empenhar os seus esforços no desenvolvimento de um plano estratégico para a produção e organização. Estes entre outros problemas, como a dificuldade de financiamento junto da banca com elevados *spreads*, leva a que as empresas com situações financeiras confortáveis saiam beneficiadas neste clima de pós recessão.

“Segundo dados do INE, o principal fator limitativo do investimento empresarial foi a deterioração das perspectivas de venda, seguindo-se a incerteza sobre a rentabilidade dos investimentos. [...] [...]Face a estas condicionantes, a pergunta legítima a fazer é se existem então fontes disponíveis em Portugal para financiar projetos credíveis de reestruturação e inovação. A resposta é claramente positiva e ainda reforçada pela evidência de que existem fontes disponíveis alternativas para financiar a atividade empresarial que apresente vontade de investir e inovar suportada em bons riscos. Mesmo que existam projetos com potencial de crescimento e inovação, desenvolvidos por empresários com capacidade de liderança, a questão de fundo mantém-se, pois o preço do dinheiro na estrutura de custos é elevado até pela excessiva dependência de capitais alheios que os investimentos originam por insuficiência crónica de capitais próprios.” (Eng. Luís Alves Monteiro et al., Política Industrial Para O Século XXI. 2017, 1–132)

O texto anteriormente referido, integrado n’ “O Conceito de Reindustrialização, Indústria 4.0 e Política Industrial para o Século XXI - o caso português” e elaborado pela Confederação Empresarial de Portugal, é relativo ao financiamento das PME’s em Portugal.

Partindo do princípio que as condições de financiamento empresarial vão sendo melhoradas ano após anos, com juros baixos para as empresas de pequena dimensão, existe uma grande probabilidade, num contexto de economias de escala, em desenvolver a tecnologia nas indústrias, aliado ao melhoramento e tratamento de todos fatores económicos referidos anteriormente.

Com um desenvolvimento progressivo na automação da indústria, na aplicação da inteligência artificial e desenvolvimento tecnológico de ponta, dando uso aos recursos que o país tem à sua disponibilidade

numa conjuntura enquadrada da União Europeia, as consequências económicas impactadas pela quarta revolução industrial podem-se revelar bastante positivas e enquadrar Portugal num plano superior nas economias europeias e mundiais.

O investimento nas indústrias é, indubitavelmente, preponderante no desenvolvimento económico. Enquadrado num mercado de concorrência perfeita, ou quase perfeita, Portugal poderia melhorar os seus saldos da Balança de Bens e Serviços, obtendo superávits crescentes, exportando mais bens e serviços, de melhor qualidade fazendo concorrência no plano internacional. Consequentemente o PIB português efetivamente sofreria alguns aumentos ao lado do crescimento do investimento (FBCF em percentagem do PIB). Estas consequências que parecem por um lado utópicas segundo a conjuntura atual seriam possíveis de concretizar a longo prazo, com um enquadramento de apoio do Estado no financiamento e também com investimento de fundos da União Europeia para o desenvolvimento. A longo prazo Portugal teria hipóteses de diminuir os seus défices orçamentais, atingir superávits, diminuir a sua dívida pública. O investimento efetuado nas empresas para a sua modernização na Indústria 4.0 pode ser determinante para o relevo de Portugal, em termos económicos nos próximos anos.

Outro dos aspetos relevantes para a economia nacional é o aumento da empregabilidade e formação de novas indústrias de mão de obra qualificada, diminuindo a emigração da mesma e incentivando a imigração de indivíduos com qualificações superiores, o que desencadeava um investimento em outras áreas do setor económico. Contudo, o desenvolvimento e automação da indústria iria forçar a um desemprego tecnológico em muitas áreas do setor industrial, que apenas poderia ser resolvido com uma melhor instrução dos mesmos para existir uma maior mobilidade de atividade económica praticada. Um dos fatores muito importantes para prevenir este desemprego tecnológico é o incentivo à qualificação profissional de modo a evitar desempregos de longa duração em faixas etárias a cima dos 40 anos. É necessária a sensibilização da população a que não existe “um emprego para a vida”, pois o mundo exige-nos uma constante mudança e desenvolvimento, e aplicação de estas novas técnicas da tecnologia, remetem para uma aprendizagem constante que deve ser aceite pela sociedade e apreendida pela mesma, como um investimento pessoal, mas também coletivo.



### 3. . IMPACTO SOCIAL – DESENVOLVIMENTO DE ESTUDO

Os impactos sociais desenrolados por alterações estruturais efetuadas na economia mundial e nas práticas industriais são, evidentemente, difíceis de prever e analisar, com precisão, pela complexidade de fatores que caracterizam a vida em sociedade e as preferências dos consumidores. Contudo, analisando a sociedade de consumo em termos económicos, *ceteris paribus*, os consumidores são indivíduos inteligentes em que procuram sempre bens mais baratos e de melhor qualidade. Na perspetiva do consumidor consciente, a relação qualidade/preço é indubitavelmente o parâmetro que mais determina a escolha ótima do mesmo.

Partindo do princípio economicamente elaborado anteriormente e devido à universalidade de fatores que permitem analisar os comportamentos da sociedade, o primeiro indicador a analisar é a “melhoria da qualidade dos produtos e satisfação dos clientes”.

Segundo esta visão da avaliação do existente ou não benefício para os clientes é exequível falar do termo Qualidade 4.0. O conceito de Q4.0 é referente às alterações no departamento de qualidade sobre os produtos acabados. Uma indústria plenamente automatizada tem facilidade em tomar decisões de forma rápida e assertiva, podendo eliminar erros mais facilmente. Por outro lado, poupança que é permitida efetuar com automatização completa da indústria permite no médio prazo o maior investimento nos projetos das empresas, melhorando em termos de qualidade os produtos oferecidos pelas indústrias e incentiva à competitividade no mercado de concorrência.

A manifestação da tese de que uma procura mais exigente leva à necessidade de uma oferta mais exigente impulsiona as indústrias a desenvolver os seus métodos produtivos de forma a que a Indústria 4.0 seja alicerce teórico do desenvolvimento.

De forma a podermos avaliar a posição da sociedade face às preferências no consumo, no que concerne à origem dos bens, foi elaborado um estudo, em específico para esta tese de mestrado, com cerca de 215 amostras, num prazo de 72 horas. O estudo baseia-se num breve inquérito de três perguntas sucintas, feitas anonimamente, intitulado de “Perspetiva do consumidor entre produtos portugueses e estrangeiros “.

Na primeira pergunta os inquiridos respondem sobre a sua preferência entre produtos nacionais (*made in Portugal*) e produtos estrangeiros. Na segunda pergunta, os inquiridos fazem uma avaliação de zero a cinco, onde o zero é a pior qualificação e o cinco a máxima, sobre a qualidade dos produtos portugueses.

Finalmente, na terceira pergunta do inquérito é respondido a comparação entre a qualidade dos produtos portugueses em relação aos estrangeiros, classificando como maior, menor ou de igual qualidade.

Este inquérito, embora com um número reduzido de amostras para avaliar a posição da sociedade portuguesa, permite concluir algumas teses sobre o comportamento genérico do consumidor.

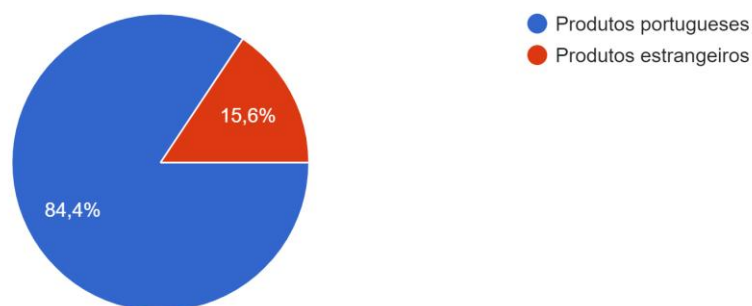
Nos seguintes gráficos e incluindo o Anexo 1 podemos analisar mais detalhadamente os resultados obtidos.

Das 215 amostras, 4 dos formulários submetidos não foram contabilizados por estarem em branco. Às 3 perguntas foram um total de 211 respostas que o estudo obteve.

Relativamente à pergunta 1, como podemos observar na figura 12, 84,4% dos inquiridos prefere comprar produtos portugueses e apenas uma fatia de 15,6% prefere comprar produtos estrangeiros.

**Figura 12.** Gráfico de resposta à pergunta 1 do estudo

Entre comprar produtos nacionais (made in Portugal) e produtos estrangeiros, qual prefere?  
211 respostas

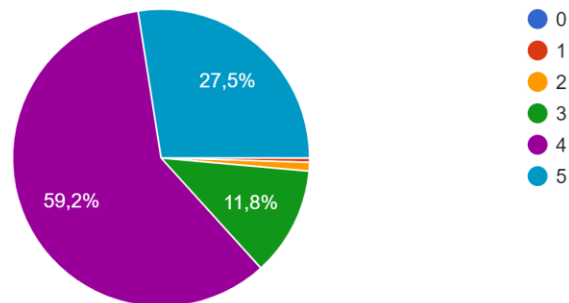


Relativamente à avaliação dos produtos portugueses em termos de qualidade, como podemos observar na figura 13, 59,2% avalia os produtos portugueses como boa (nível 4). A segunda grande maioria, com 27,5% considera que os produtos nacionais são de muito boa qualidade (nível 5). A grande maioria dos inquiridos permite-nos concluir que os produtos portugueses são de facto de boa qualidade, tendo 86,7% dando as duas maiores classificações e a terceira força com 11,8% classifica como intermédia a qualidade (nível 3). O nível 0 não obteve qualquer tipo de resposta, o nível 1 e 2 tiveram, respetivamente, 0,5% e 0,9%, sendo no geral uma avaliação bastante positiva.

**Figura 14.** Gráfico de resposta à pergunta 2 do estudo

Numa escala de 0 a 5, onde o 0 é péssimo e o 5 muito bom, como classifica os produtos produzidos em Portugal na sua perspetiva de consumidor?

211 respostas

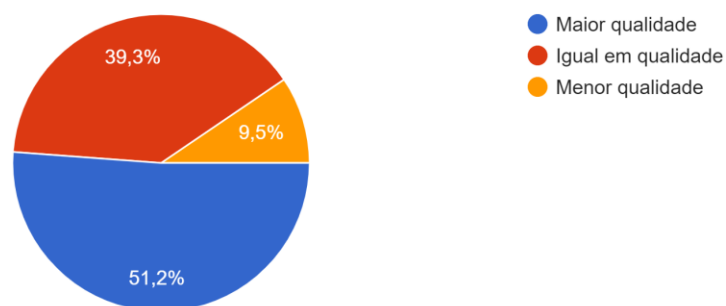


No que concerne à terceira pergunta, segundo a figura 14, 51,2% dos inquiridos considera que os produtos portugueses são de maior qualidade em relação aos estrangeiros. Só apenas 9,5% considera que os produtos portugueses são de menor qualidade. Porém, a segunda fatia maior com 39,3% é igual ao consumidor a qualidade dos produtos nacionais e estrangeiros.

**Figura 13.** Gráfico de resposta à pergunta 3 do estudo

No geral, sente que a qualidade dos produtos portugueses é maior, menor ou igual em relação a produtos estrangeiros?

211 respostas



Deste modo pode-se concluir que os consumidores preferem produtos portugueses a estrangeiros, consideram que a sua qualidade é boa na maioria e muito boa por grande parte e em comparação com os produtos importados os produtos nacionais são de maior qualidade ou igual. Sabendo disto, porque Portugal ainda importa tantos produtos em comparação com a exportação que faz? A razão para isso

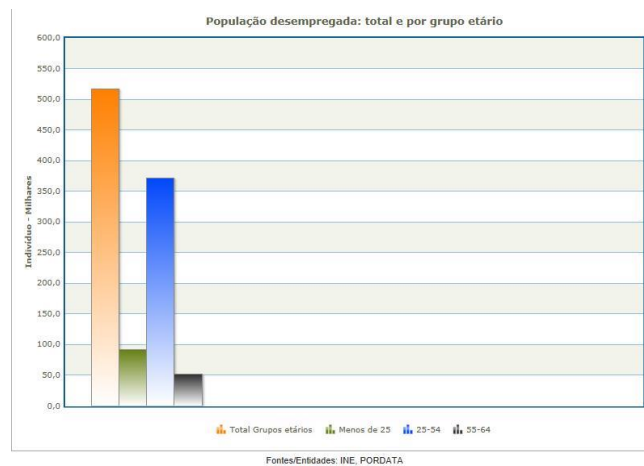
não é única e certa. A junção de fatores como a pouca capacidade produtiva portuguesa para abastecer mercados e por isso necessitarmos de recorrer à importação de bens para completar as falhas. Por outro lado, o preço dos produtos também pode estar na origem do problema, uma vez que os mercados externos estão mais aptos para produzir a menor custos e uma vez que nos encontramos dentro do mercado único europeu não há taxas alfandegárias para os estados membros o que faz com que os preços dos produtos nacionais possam ser ligeiramente superiores. Caso isto aconteça, por mais que a preferência dos consumidores seja em adquirir produtos portugueses, uma vez que os produtos estrangeiros são a menor preço de venda, estes podem optar mais facilmente por uma opção que substitui a um preço menor. Este estudo permite concluir que a indústria portuguesa nos seus processos futuros de Reindustrialização tem já um rende vantagem que é a preferência dos consumidores, caso consigam diminuir o preço para algo mais competitivo e aumentar o seu volume de produção a indústria portuguesa seria capaz de se renovar e melhorar a sua eficiência.

Segundamente, o indicador adotado para avaliar o comportamento social e, por conseguinte, os impactos sociais da implementação da automatização fabril relacionado com a indústria 4.0 nas indústrias portuguesas é a caracterização dos postos de trabalho.

Dessarte, a existência/necessidade da criação de novos postos de trabalho e a extinção ou não de outros está intimamente ligada ao indicador do desemprego tecnológico. Este indicador informa, em percentagem da população ativa, a quantidade de desempregados que se encontram nessa condição pela simples evolução do posto de trabalho e/ou substituição da sua função por máquinas automáticas. Segundo vários economistas, o problema do desemprego tecnológico encontra-se na génese da falta de qualificação da população. Através da I&D das empresas algumas funções feitas pelo homem vão sendo substituídas por máquinas, levando a que quem ocupava essas funções se encontre no desemprego atualmente. Não obstante, é função do governo em apostar na qualificação dos jovens para a promoção de uma boa qualidade vida. Por outro lado, os governos também têm o dever de incentivar as empresas financeiramente para que estas possam recorrer à requalificação do seu pessoal de modo a evitar situações como o desemprego tecnológico e valorizar o capital humano que incorpora as instituições.

Segundo a figura 15, pode-se concluir que a faixa etária que tem um peso maior nos desempregados é entre os 25 e 54 anos, ultrapassando mais de 50% da representação total dos desempregados.

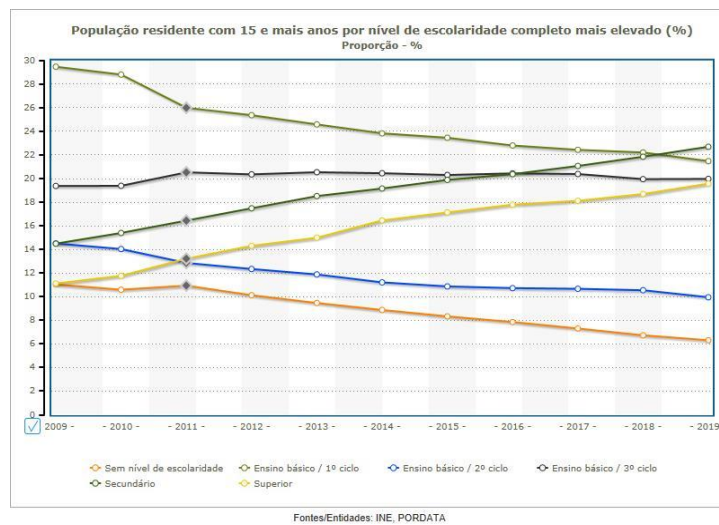
**Figura 15.** Gráfico população desempregada por faixa etária em 2019 (L)



Esta informação permite, primeiramente, sintetizar que existe uma necessidade de requalificar a população para que esta através de formações profissionais e/ou cursos superiores consiga estar mais capacitada no desempenho de novas funções. O conceito tradicional do trabalho que se resumia no mesmo trabalho com as mesmas funções até à idade da reforma é completamente desatualizado da realidade tecnológica e social que vivemos hoje em dia. A atualidade necessita de capital humano capaz e com a formação individual a crescer sempre ao longo da vida, pois a chave do sucesso e do desenvolvimento é a educação e a formação. Ademais, o gráfico também indica que os jovens, isto é, os indivíduos ativos com capacidade para trabalhar até aos 25 anos, no ano de 2019, atingem quase 100 milhares de indivíduos, sendo o segundo grupo etário com mais desemprego em Portugal. Este indicador não é muito favorecedor para o país, visto que desincentiva os jovens a qualificarem-se e os que são qualificados tendem a emigrar uma vez que não arranjam emprego para as suas formações no seu país de origem.



Figura 16. Gráfico da escolaridade da pop. Portuguesa (M)



Todavia, segundo a figura 16, face aos desafios da formação da população portuguesa é possível concluir que desde 2009 a percentagem da população com cursos superiores passou de cerca de 11% para quase 30%, sendo que a população sem escolaridade diminuiu substancialmente, porém obtendo valores em torno dos 6%, com tendência a diminuir. No que toca à qualificação, é possível observar que o sentido das curvas tende a aumentar em relação à percentagem de população com cursos superiores o que é bastante positivo. Ainda é necessário, mesmo assim, incentivos à formação e ajuda financeira às empresas para combater o desemprego através da requalificação dos trabalhadores.

Figura 17. Imagem de caixas self-service (N)



Partindo de um exemplo rápido é fácil compreender como solucionar através da I&D o desemprego tecnológico e aproveitar o desenvolvimento para impulsionar as atividades económicas e incentivar ao emprego vejamos o exemplo de um hipermercado o comum: na finalização das nossas compras passamos sempre por uma caixa registadora, onde se encontra um operador para nos atender e efetuar o pagamento dos bens que adquirimos. Porém tem-se visto com muita frequência as caixas *self-service*, onde cada consumidor é que efetua o pagamento por si em caixas simples. Por norma em cada 4 a 6 caixas encontra-se um operador que controla e auxilia os consumidores para as suas compras. Seguindo este raciocínio 5 funcionários de caixa ficariam desempregados, pela sua substituição por máquinas. Porém este sistema consegue empregar mais do que 5 funcionários e dinamizar a atividade económica. Como por exemplo para o fabrico das máquinas, para a manutenção das mesmas, programadores informáticos para criar e reparar erros possíveis, como também formar pessoal competente para funcionar com o software. É esperado que cada um dos indivíduos se requalifiquem para poderem ocupar novas funções ao longo da sua vida. Se o estado trabalhasse com as empresas de forma a programar a requalificação do seu pessoal, havia um maior e melhor aproveitamento do capital humano português sem ter de recorrer à importação de bens e serviços. No imediato seria uma forma de investimento, não só em capital fixo, mas em capital humano, e no longo prazo, para o país era benéfico, pois além de poder diminuir o desemprego, impulsiona a economia e torna-a cada vez mais autossustentável. Este exemplo supracitado pode e deve ser aplicado sem dúvida aquando da quarta revolução industrial e podermos desfigurar o prejuízo e investir para um benefício a médio/longo prazo.

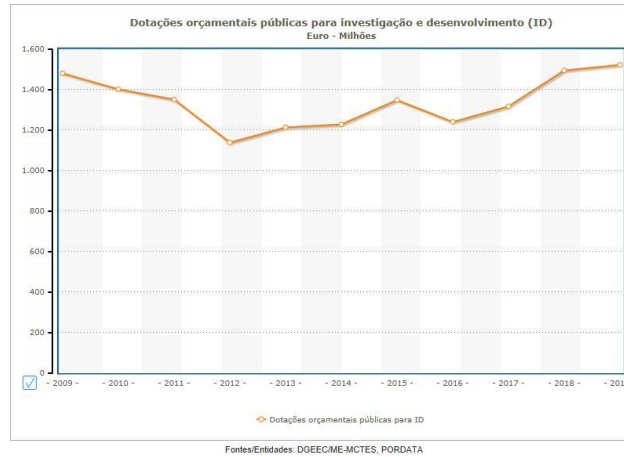
### 3.1 Previsões Futuras

Em síntese, o impacto social esperado com a implementação dos pressupostos teóricos da indústria 4.0 e automatização da indústria são bastante positivos pela melhoria da qualidade dos produtos e satisfação dos clientes. Por outro lado, pode originar algum desemprego tecnológico, que se for bem aproveitado pode ser revertido numa ação conjunta entre o Estado e instituições não financeiras de forma a combater as falhas e investir na sociedade e na formação da mesma, para num longo prazo existir um crescimento económico sustentado das indústrias portuguesas e da economia nacional no geral.

Manifestamente, o Estado tem um papel fundamental a assumir com as instituições para que se possa efetivamente implementar um processo de modernização da indústria em Portugal. Este papel significaria uma despesa de muitos milhões de euros que poderiam ser reversíveis através de um futuro

crescimento económico. É, sem dúvida, essencial que o estado apoie monetariamente a nível graduado e sustentado as empresas no que toca à I&D.

**Figura 18.** Gráfico das dotações orçamentais públicas para I&D (0)



Através da figura 18, pode-se reparar que as dotações orçamentais públicas destinadas à investigação e desenvolvimento são inconstantes com uma ligeira subida nos anos de 2017, 2018 e 2019, mas com tendência a estagnar e não a crescer. Reiterando o que foi dito anteriormente, é necessário que este indicador tenha uma especial atenção por parte do estado, pois pode ser a chave para o investimento com grandes retornos a nível económico no futuro.

### 3.2. Impacto Ambiental e Sustentabilidade da I4.0

O mundo em que vivemos está em constante mudança. A humanidade é a espécie que com o seu desenvolvimento cognitivo conseguiu superar todas as outras espécies no planeta. O ser humano para a satisfação das suas necessidades e melhoria de qualidade de vida sempre tentou adaptar o mundo que o rodeia à sua medida. Como se pode ver no capítulo 2.1 na contextualização histórica da indústria a inovação e criatividade inerente ao Homem fizeram crescer a indústria, a economia, melhorar a qualidade de vida e aumentar a população mundial em grande escala. Porém tudo tem um custo. Para obter um artigo, um eletrodoméstico, um bem ou um serviço é necessário consumir recursos naturais e explorar a natureza. O consumo desenfreado e a produção desmedida para satisfazer as necessidades supérfluas da humanidade levou a um desleixo para com o nosso planeta. O planeta terra está cada vez mais com recursos naturais escassos. A produção natural dos recursos não acompanha a aceleradíssima extração que é feita.

Face a este enorme problema, como habitantes do planeta é nossa função que a vida em sociedade seja feita de forma sustentável, mesmo que isso implique maiores custos económicos. A sustentabilidade do planeta é crucial para a permanência da espécie humana, pois ao produzirmos de forma sustentável, consumirmos regradamente e vivermos de respeito com o planeta estamos a promover que as futuras gerações o possam fazer da igual maneira que o fazemos hoje em dia. Ultrapassar o egoísmo e ganância dos grupos económicos é sem dúvida um grande desafio do século e até do milénio.

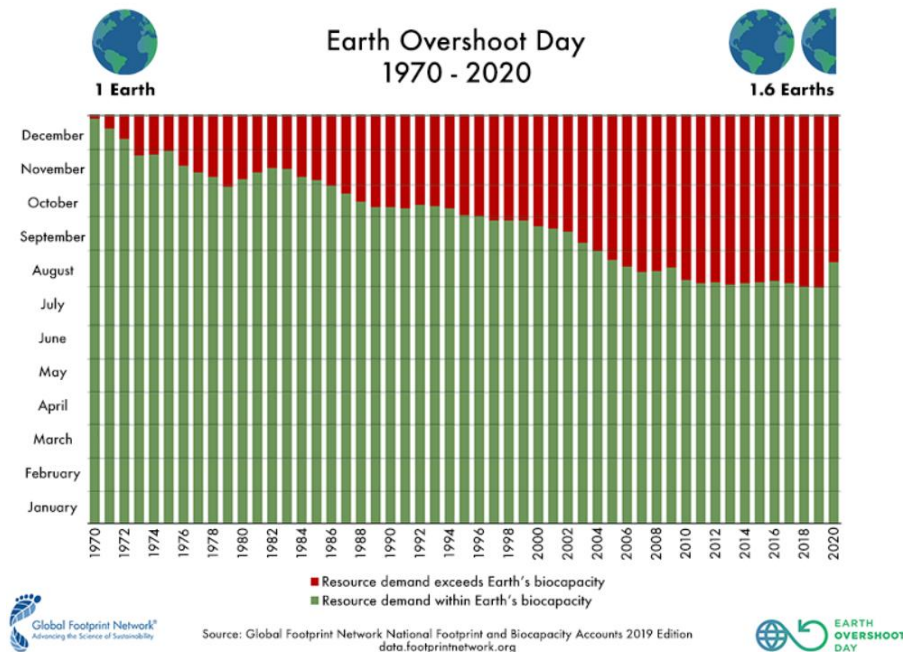
A União Europeia, a ONU e outras organizações fazem pactos com os países para a promoção da sustentabilidade de forma a aumentar a pegada ecológica positiva no impacto ambiental.

O impacto ambiental e a sustentabilidade da indústria 4.0 é um tema importantíssimo a abordar, pois a indústria constitui a maioria dos agentes poluentes da atmosfera, que por sua vez provocam alterações climáticas, modificando habitats naturais, extinguindo espécies e mutando a biodiversidade existente, com a extinção da espécie humana num muito longo prazo, caso não se modifiquem as práticas que são feitas até então.

O Dia de Sobrecarga da Terra (Earth Overshoot Day) marca a data em que a procura de recursos e serviços ecológicos em um determinado ano excede o que a Terra pode regenerar naquele ano. Mantemos esse défice liquidando existências de recursos ecológicos e acumulando resíduos, principalmente dióxido de carbono na atmosfera. O Earth Overshoot Day é organizado e calculado pela Global Footprint Network, uma organização internacional de pesquisa que fornece aos tomadores de

decisão um menu de ferramentas para ajudar a economia humana a operar dentro dos limites ecológicos da Terra.

**Figura 19.** Gráfico da evolução do Dia da Sobrecarga da Terra (P)



Segundo a figura 19, no que concerne à evolução do Dia da Sobrecarga da Terra, podemos observar que entre 1970 até à atualidade, o dia fica cada vez mais cedo no calendário, o que significa um aumento descontrolado de ano após ano no consumo de recursos naturais. (O ano de 2020 no gráfico existe como exceção à regra, uma vez que os recuos feitos tiveram em causa a quarentena e paragem de produção temporária pelo impacto da pandemia do vírus COVID-19 e não por progressos refletidos por políticas aplicadas.)

A indústria 4.0 como uma revolução pode e deve ser a oportunidade de honra para que as empresas possam com a automatização dos seus processos de produção olhar para o impacto ambiental que provocam e promover a reutilização de recursos, com a eliminação de falhas elimina-se o desperdício e apostar na diminuição e filtração do ar poluente emitido para a atmosfera. Mais uma vez, os estados e as organizações internacionais devem junto da iniciativa privada promover acordos que enalteçam a proteção ambiental e tornem as indústrias automatizadas um exemplo a seguir para contribuir para a economia, para a sociedade e para o mundo.

## 4. CASOS DE ESTUDO

Após a compreensão teórica do que constitui a Indústria 4.0 e a suas alterações no setor industrial, económico e social deparamo-nos com uma questão de como as empresas adaptam e concretizam a teoria abordada nesta dissertação de mestrado para os projetos reais de inovação tecnológica e desenvolvimento industrial visando a mudança paradigmática em prol da I4.0. Neste capítulo, conseguimos perceber as alterações gerais e específicas, através de casos de estudo, das mudanças que as empresas enfrentaram no seu processo de revolução e automatização.

Numa primeira parte abordaremos alguns casos de estudo já elaborados e concluímos a cerca das melhorias, desafios, problemas e respostas dadas pelas empresas no decorrer deste processo. Segundamente, generalizando alguns aspetos para compará-los então com a teoria e expectativas microeconómicas, estudados no Capítulo 3 e 4 desta dissertação, e estão explícitas algumas recomendações de implementação fruto do profundo estudo elaborado neste capítulo.

Para simplificação de escrita e interpretação pode-se ver aqui, previamente, a lista de casos de estudo abordados:

**Tabela 4.** Casos de Estudo Abordados

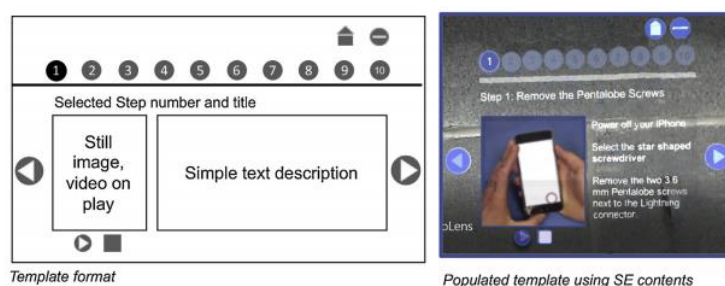
Número Atribuído	Nome do Caso de Estudo
1 – [van Lopik, K., Sinclair, M., Sharpe, R., Conway, P., & West, A. (2020)]	<i>Developing augmented reality capabilities for industry 4.0 small enterprises: Lessons learnt from a content authoring case study</i>
2 – [Iyer, A. (2018)]	<i>Moving from Industry 2.0 to Industry 4.0: A case study from India on leapfrogging in smart manufacturing</i>
3 – [Einabadi, B., Baboli, A., & Ebrahimi, M. (2019)]	<i>Dynamic Predictive Maintenance in industry 4.0 based on real time information: Case study in automotive industries</i>
4 – [Zimmermann, M., Rosca, E., Antons, O., & Bendul, J. C. (2019)]	<i>Supply chain risks in times of Industry 4.0: Insights from German cases</i>
5 – [Grieco, A., Caricato, P., Gianfreda, D., Pesce, M., Rigon, V., Tregnaghi, L., & Voglino, A. (2017)]	<i>An Industry 4.0 case study in fashion manufacturing</i>

## 4.1. Análise Específica dos Casos de Estudo

### 4.1.1 Caso de Estudo 1 - *Developing augmented reality capabilities for industry 4.0 small enterprises: Lessons learnt from a content authoring case study*

Este caso de estudo baseia-se, muito sucintamente, na utilização do *ARTA method* para a implementação de um Modelo de realidade aumentada. O processo de transição para a I4.0 concerne na atividade de reparação de equipamentos móveis com recurso ao uso de óculos com controlo por voz e ocular na reparação dos equipamentos com acesso a guias e manuais.

**Figura 20.** Visualização dos óculos de realidade aumentada (Q)



Através de um estudo, foram avaliados os treinos com especialistas numa empresa para a substituição de telas de telemóveis e a sua implementação no chão de fábrica. Com 5 participantes na reparação foram avaliados o tempo de reparação e a sua aplicabilidade e satisfação do trabalho com o modelo de realidade aumentada.

Quanto às melhorias encontradas podemos perceber que o sistema ARSG pode fornecer aos usuários maior privacidade, auxiliando na conformidade, com o GDPR, protege os dados confidenciais do cliente e permite vários níveis de acesso dos funcionários aos ativos da empresa. Uma interface intermediária entre o usuário e a RA ambiente de desenvolvimento poderia fornecer uma zona parada para edição de conteúdo e layout de formatação. A interface oferece um espaço de edição seguro entre o ambiente de desenvolvimento técnico (por exemplo, Unity 3D), scripts, armazenamento de dados e o usuário final. Por outro lado, depara-se com colegas com alto nível de interação informal ou social. Existe interferência na interface do vizinho se o controlo por voz e gestos estiverem ativos, o que pode ser requerido um reconhecimento de controle específico do usuário. Por fim, se os usuários finais tiverem scripts de acesso e IDE, eles podem sobrecarregar, excluir acidentalmente ou mover conteúdo.

Apesar destes desafios encontrados considera-se que esta automatização com a utilização conjunta dos outros pilares da I4.0 além da Realidade Aumentada, aqui mais evidenciada, pode-se revelar bastante positiva originando mais produtividade e gerando potencial aumento de lucro no futuro com redução de custos por atividade, porém é necessário um investimento inicial na formação dos trabalhadores para o uso e também na generalização da utilização dos óculos de realidade aumentada.

#### 4.1.2 Caso de Estudo 2 - *Moving from Industry 2.0 to Industry 4.0: A case study from India on leapfrogging in smart manufacturing.*

Neste caso de estudo a avaliação não se concentra especificamente na sua aplicação direta nas empresas, mas sim a sua implementação em países em desenvolvimento com economias emergentes, como o caso da Índia. Existe um alinhamento governamental com as empresas de manufatura, tendo em conta a posição global do país, baseando-se nos pilares da indústria 4.0. A estratégia para melhorar o ambiente de negócios para a manufatura: O Programa *Make In India* visa convidar o Investimento Direto Estrangeiro na Indústria para dar um impulso a esta área. Também existe um plano para atualizar as habilidades de Recursos Humanos e capturar o “Dividendo Demográfico”: treinamento e qualificação da força de trabalho empregável no entrelaçamento das áreas digital e de manufatura é crítica. Por fim, existe uma estratégia para garantir uma implementação rápida e eficaz.

A Índia pode contar com umas mais valias como ter uma economia emergente, precisando de se concentrar muito claramente sobre vantagens comparativas, tecnologias críticas e força inata para catalisar seu crescimento. Como efetivamente as economias emergentes serão capazes de enfrentar os desafios do desenvolvimento do ecossistema de manufatura, absorvendo as últimas tendências da manufatura digital e atualizando seus recursos humanos para se requalificar e realinhar vai decidir como se sairão no mercado mundial. Por outro lado, a linha demográfica que apresenta é favorável à sustentabilidade económica na retenção de recursos humanos para colmatar a mão de obra necessária. Todavia, este estudo concluiu que um dos pontos fundamentais para que isto possa acontecer é a necessidade de um esforço conjunto do governo e de instituições académicas para trabalharem em projetos para que possa existir condições para que o conhecimento técnico e científico possa evoluir.



#### 4.1.3 Caso de Estudo 3 - *Dynamic Predictive Maintenance in industry 4.0 based on real time information: Case study in automotive industries*

Neste caso de estudo foi utilizado o Artificial Neural Networks (ANN) method para prever a vida útil restante dos componentes usando dados de sensores de máquinas. Ao receber este valor e outros parâmetros do modelo e usando-os no modelo de custo matemático proposto, a saída dará a programação de manutenção dos componentes que pode ser um sistema de apoio à tomada de decisão. Para a implementação da previsão usam o *Multi Perceptron Layer (MLP)*.

Foram utilizadas 24 peças em 5 grupos diferentes de uma máquina CNC da *Fiat Power Train Technologies* como estudo de caso. Dados do sensor de temperatura (T), vibração (mm / s) e o consumo de energia (Kw) da máquina são considerados como recursos de entrada.

A nível de melhorias encontradas podemos compreender a otimização do processo e minimização dos custos, bem como o alcance de um custo de tempo de inatividade 0, o que se revela bastante positivo. Quanto aos desafios encontrados a melhorar são a existência de um modelo matemático complexo e não linear, assim como, um problema de dimensão dos sensores.

Não obstante, as empresas que aplicarem este modelo, e com futuras melhorias, podem absorver os melhores benefícios da revolução industrial como a maximização da produtividade, com os seus recursos todos a serem aplicados e uma extinção do custo de inatividade.

#### 4.1.4 Caso de Estudo 4 - *Supply chain risks in times of Industry 4.0: Insights from German cases*

O caso de estudo 4 baseia-se na generalização de casos alemães que aplicam os pilares da indústria 4.0 para o seu desenvolvimento, com perceções de 300 casos de aplicações da Indústria 4.0 na Alemanha. Os casos são com base na conhecida plataforma "*Industry 4.0*".

Neste caso de estudo, conclui-se que as empresas apresentam um aumento de flexibilidade ou manutenção preditiva na mitigação do risco de falha, o que se revela ótimo para a diminuição de custos e desperdícios e gera uma maior produtividade. Porém, muitas empresas enfrentam um panorama fragmentado de sistemas de tecnologias da informação e experimentam dificuldades para ligar os sistemas existentes à integração de novos sistemas.

Em segundo lugar, o pessoal em geral não tem conhecimento sobre as condições e processos contínuos no nível do chão de fábrica, especialmente em relação ao status da máquina, progresso do pedido e incidentes imprevisíveis, como mau funcionamento da máquina. Estas dificuldades são possíveis de

ultrapassar, com tempo, formações e investimento. Um projeto de coesão tecnológica e de conhecimentos poderia levar a ultrapassar grande parte dos problemas encontrados.

#### 4.1.5 Caso de Estudo 5 - *An Industry 4.0 case study in fashion manufacturing*

A ferramenta proposta, neste caso de estudo, é um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) projetado para ajudar o usuário a tomar melhores decisões a respeito da organização das atividades ao longo da cadeia de abastecimento do complexo *Bottega Veneta*, que envolve: matéria-prima externa, fornecedores de materiais, oficinas de produção interna e subcontratados locais. Baseia-se fundamentalmente numa *data analysis tool*.

Aplicação da SAD permite que o decisor tenha a informação completa e sintética de cada pedido. O layout geral dá ao usuário um feedback imediato sobre o andamento do pedido, tanto em termos de tempo das atividades e das dependências complexas. Para obter uma visão mais profunda, o usuário pode ampliar o gráfico para ler as informações detalhadas incluídas em cada caixa. Em particular, essas informações incluem: o ID do pedido, o ID da tarefa, o componente da cadeia de abastecimento que é responsável pela tarefa, a data de vencimento exigida, a data de lançamento, o planeamento das datas de início a término da produção.

Este processo de ajuda na tomada de decisão além do aumento da rapidez e agilidade nesse processo permite uma minimização de atraso e uma minimização de excesso de saturação.

Apesar de não estar explícito no artigo, os custos de implementação e a necessidade de formação para os decisores sobre este sistema podem ser considerados desafios da aplicação.

## 4.2. Análise Geral e Recomendações de Implementação

No que concerne aos casos de estudo podemos, primeiramente, perceber que a implementação dos pilares da I4.0 e a sua interligação, como foi demonstrado no Capítulo 3 desta dissertação, produzem efeitos bastante positivos e relevantes para as empresas.

O aumento da produtividade, bem como a diminuição dos custos são sempre as grandes preocupações dos investidores no capital da empresa. Com esta análise industrial conseguimos compreender que apesar de algumas falhas ou desafios encontrados é possível as empresas engatarem nesta mudança paradigmática. Não é nenhuma surpresa a necessidade de investimento, como foi descrito ao longo desta dissertação. Porém, com apoios governamentais e investimento direto estrangeiro os países, principalmente Portugal, deveriam apostar nas realizações de estudos específicos setoriais de modo a avaliar a sustentabilidade dos investimentos e programar a longo prazo os benefícios que esperam ser obtidos.

Como vimos anteriormente, as empresas deveriam ter em conta a elaboração de um plano que avalie a performance do seu capital fixo e humano através de indicadores industriais. Após a implementação de alguns princípios da I4.0, como automatização através da robótica, da aplicação da realidade aumentada, do melhor tratamento de dados etc. as empresas vão notar diferenças e melhorias que a longo prazo irão compensar o capital inicial investido e poderão contribuir para uma revolução na sustentabilidade económica e ambiental. A medição do desempenho pode ser manifestamente feita através de indicadores como o tempo médio entre falhas, o tempo médio de reparação, análises de produtividade etc. Estes indicadores são benéficos, pois ajudam a compreender de que forma a automatização tem implicações efetivas na empresa e os impactos reais que provocam, podendo levar a um maior entesouramento que poderá ser utilizado para maior autofinanciamento.

Por outro lado, com os casos de estudo que recolhemos podemos concluir existem algumas falhas e processos a terem de ser otimizados, mas com grandes possibilidades de serem ultrapassados.

Em suma, podemos generalizar que as empresas que se adaptarem a esta nova realidade industrial estão de facto a investir na sua melhoria de qualidade, mas também no melhor desempenho e utilização de recursos, bem como no aumento da produtividade e minimização de custos e falhas que possam existir no processo de fabrico.

A interligação dos pilares da Indústria 4.0 permite a aquisição de um leque de desenvolvimento de processos em variadas áreas da empresa. Também com esta pesquisa foi compreendido que nenhuma empresa atualmente se encontra na aplicação perfeita e máxima destes recursos. Facilmente se

compreende, pois é um processo demorado e longo que requer às empresas a substituição de equipamento e re formação do capital humano, além dos custos associados a essa evolução. Contudo, já existem grandes empresas que caminham para esse objetivo, incluindo em Portugal. O paradigma da I4.0 é além de tudo um desafio a superar nesta década de 2020 a 2030 uma vez que grandes mudanças se esperam com um grande impulsionamento do desenvolvimento para a automatização.



## 5. CONCLUSÕES

Esta dissertação de mestrado constitui, indubitavelmente, um estudo avançado sobre as alterações industriais que se verificam no chão de fábrica e na dinâmica da empresa, uma vez que esta começa a progredir com a aplicação dos pilares teóricos da I4.0 que se adaptam e têm aplicabilidade nas variadas áreas dentro de uma empresa e em vários setores de indústria transformadora, bem como possibilidades de aplicação em empresas prestadoras de serviços, com a informatização total e agilidade na relação da base de dados e melhoria/aumento da rapidez no processo de tomada de decisão.

O estudo aqui desenvolvido permite uma visão geral além das alterações industriais, pois analisa os impactos micro e macroeconómicos da quarta revolução industrial, assim que a maioria das empresas se automatizar, e também permite obter uma análise da sustentabilidade de aplicação em indústrias portuguesas, os caminhos e os desafios que as empresas e o Estado português possam encontrar.

Por outro lado, e também com uma elevada importância, foi apresentado de forma breve os impactos sociais diretos e indiretos que possam de alguma forma modificar os nossos hábitos de consumo, assim como nos comportamos, pois é um facto registado em todas as revoluções industriais. Os impactos ambientais e a sua sustentabilidade de aplicação também foram um aspeto de importância a mencionar, porém limitado a dados fornecidos, pelo que esta dissertação carece ainda de alguns estudos a serem elaborados, que pode ficar para futuras investigações.

Em síntese, esta dissertação é um “grande” e potencial objeto de mais estudos, contribuindo para o aumento do conhecimento nesta área de desenvolvimento industrial e tecnológico.

Com o trabalho realizado conclui-se que a quarta revolução industrial irá alterar a forma como as indústrias produzem, irá provocar alterações na economia mundial, agravando fossos de investimento e promovendo as economias das potências e como consequência irá criar mudanças estruturais nas sociedades do mundo contemporâneo.

## 5.1. Trabalhos futuros

Por fim, um dos potenciais estudos a dar continuidade ao que está aqui desenvolvido poderá ser o impacto da pandemia vivida na quarta revolução industrial, as suas alterações ao investimento e a modificação das políticas mundiais, bem como a adaptação social a novas condições de vida onde a 4RI pode ser muito útil a ultrapassar constrangimentos em relação à era da indústria e do trabalho que ainda se vive.

## BIBLIOGRAFIA

- Karacay, G. (2018). *Talent Development for Industry 4.0*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_7)
- Guizani, M. (2019). *The industrial internet of things*. *IEEE Network* (Vol. 33). <https://doi.org/10.1109/MNET.2019.8863716>
- Heukamp, F. (2020). *AI and the Leadership Development of the Future. The Future of Management in an AI World*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20680-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20680-2_7)
- Rodrik, D. (2013). Política Industrial Para O Século Xxi, (2004), 1–132.
- Botelho, A. (2000). Análise da produção do espaço da indústria, privilegiando a indústria automobilística brasileira, no contexto de passagem do chamado fordismo para a produção flexível, 1–148.
- Schroeder, W. (2016). Germany's Industry 4.0 strategy: Rhine capitalism in the age of digitalisation. *Friedrich Ebert Stiftung*, 0–16. Retrieved from [https://www.uni-kassel.de/fb05/fileadmin/datas/fb05/FG\\_Politikwissenschaften/PSBRD/FES-London\\_Schroeder\\_Germanys\\_Industrie\\_4.0\\_Strategy.pdf](https://www.uni-kassel.de/fb05/fileadmin/datas/fb05/FG_Politikwissenschaften/PSBRD/FES-London_Schroeder_Germanys_Industrie_4.0_Strategy.pdf)
- KPMG Portugal. (2019). i4.0: Indústria 4.0 - Fase II, 47. Retrieved from <https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=178423e7-fe69-4183-8b19-cddd612de42>
- Pessl, E., Sorko, S. R., & Mayer, B. (2020). Roadmap industry 4.0 - Implementation guideline for enterprises. *26th International Association for Management of Technology Conference, IAMOT 2017*, (January), 1728–1743. <https://doi.org/10.11648/j.ijsts.20170506.14>
- Amaral, A., Jorge, D., & Peças, P. (2019). Small medium enterprises and industry 4.0: Current models' ineptitude and the proposal of a methodology to successfully implement industry 4.0 in small medium enterprises. *Procedia Manufacturing*, 41, 1103–1110. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.039>
- Villa, A., & Taurino, T. (2019). SME innovation and development in the context of industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 39, 1415–1420. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.311>
- Centea, D., Singh, I., Wanyama, T., Magolon, M., Boer, J., & Elbestawi, M. (2020). Using the SEPT learning factory for the implementation of industry 4.0: Case of SMEs. *Procedia Manufacturing*, 45(2019), 102–107. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.079>
- Leona Niemeyer, C., Gehrke, I., Müller, K., Küsters, D., & Gries, T. (2020). Getting small medium enterprises started on industry 4.0 using retrofitting solutions. *Procedia Manufacturing*, 45, 208–214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.096>



- Pierin Ramos, L. F., Rocha Loures, E. de F., & Deschamps, F. (2020). An Analysis of Maturity Models and Current State Assessment of Organizations for Industry 4.0 Implementation. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1098–1105. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.154>
- de Moura Leite, A. F. C. S., Canciglieri, M. B., Goh, Y. M., Monfared, R. P., Rocha Loures, E. de F., & Canciglieri, O. (2020). Current Issues in the Flexibilization of Smart Product-Service Systems and their Impacts in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1153–1157. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.162>
- Genest, M. C., & Gamache, S. (2020). Prerequisites for the Implementation of Industry 4.0 in Manufacturing SMEs. *Procedia Manufacturing*, *51*(2019), 1215–1220. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.170>
- Cochran, D. S., & Rauch, E. (2020). Sustainable Enterprise Design 4.0: Addressing Industry 4.0 Technologies from the Perspective of Sustainability. *Procedia Manufacturing*, *51*(2019), 1237–1244. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.173>
- Oliff, H., & Liu, Y. (2017). Towards Industry 4.0 Utilizing Data-Mining Techniques: A Case Study on Quality Improvement. *Procedia CIRP*, *63*, 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.311>
- Müller, J. M., & Voigt, K. I. (2018). The Impact of Industry 4.0 on Supply Chains in Engineer-to-Order Industries - An Exploratory Case Study. *IFAC-PapersOnLine*, *51*(11), 122–127. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.245>
- Mourtzis, D., Zogopoulos, V., Katagis, I., & Lagios, P. (2018). Augmented Reality based Visualization of CAM Instructions towards Industry 4.0 paradigm: A CNC Bending Machine case study. *Procedia CIRP*, *70*, 368–373. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.02.045>
- van Lopik, K., Sinclair, M., Sharpe, R., Conway, P., & West, A. (2020). Developing augmented reality capabilities for industry 4.0 small enterprises: Lessons learnt from a content authoring case study. *Computers in Industry*, *117*, 103208. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103208>
- Iyer, A. (2018). Moving from Industry 2.0 to Industry 4.0: A case study from India on leapfrogging in smart manufacturing. *Procedia Manufacturing*, *21*, 663–670. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.169>
- Einabadi, B., Baboli, A., & Ebrahimi, M. (2019). Dynamic Predictive Maintenance in industry 4.0 based on real time information: Case study in automotive industries. *IFAC-PapersOnLine*, *52*(13), 1069–1074. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.337>
- Zimmermann, M., Rosca, E., Antons, O., & Bendul, J. C. (2019). Supply chain risks in times of Industry 4.0: Insights from German cases. *IFAC-PapersOnLine*, *52*(13), 1755–1760. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.455>
- 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>

- Espelho, J. A., Cesar, F. I. G., & Coghi, M. (n.d.). HUMAN CAPITAL AND THE CHANGES CAUSED BY INDUSTRY 4.0, 1–11.
- Horvat, D., Stahlecker, T., Zenker, A., Lerch, C., & Mladineo, M. (2018). A conceptual approach to analysing manufacturing companies' profiles concerning Industry 4.0 in emerging economies. *Procedia Manufacturing*, 17, 419–426. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.065>
- Piscitelli, G., Ferazzoli, A., Petrillo, A., Cioffi, R., Parmentola, A., & Travaglioni, M. (2020). Circular economy models in the industry 4.0 era: A review of the last decade. *Procedia Manufacturing*, 42(2019), 227–234. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.074>
- 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>
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 - A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, 233–238. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034>
- Sommer, L. (2015). Industrial revolution - Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(5), 1512–1532. <https://doi.org/10.3926/jiem.1470>
- Vandermerwe S, Rada J., Servitization of business: Adding value by adding services, *European Management Journal*, Volume 6, Issue 4, 1988
- Chengdan, Q. (2010). Transformation of European states: From feudal to modern. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(5), 6683–6691. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.05.013>
- Langer, M., Vasilopoulos, P., McAvay, H., & Jost, J. T. (2020). System justification in France: liberté, égalité, fraternité. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 34, 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2020.04.004>
- Uddin, N., & Hossain, F. (2015). Evolution of modern management through taylorism: An adjustment of scientific management comprising behavioral science. *Procedia Computer Science*, 62(Scse), 578–584. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.537>
- FEUP, 2007, A, <https://web.fe.up.pt/~ssn/disciplinas/crc/computadores.pdf>, janeiro 2020
- Toda a matéria, 2020, B, <https://www.todamateria.com.br/historia-e-evolucao-dos-computadores/>, janeiro 2020
- Roadmap Industry 4.0 – Implementation Guideline for Enterprises, 2020, C, [https://www.researchgate.net/figure/Roadmap-Industry-40\\_fig1\\_326509847](https://www.researchgate.net/figure/Roadmap-Industry-40_fig1_326509847), setembro 2020
- NEILPATEL, 2020, D, <https://neilpatel.com/br/blog/metasmart/>, setembro 2020

PORDATA, 2020, E,

[https://www.pordata.pt/Europa/Produtividade+do+trabalho+por+hora+trabalhada+\(Euro\)-3019](https://www.pordata.pt/Europa/Produtividade+do+trabalho+por+hora+trabalhada+(Euro)-3019),  
setembro 2020

PORDATA, 2020, F, [https://www.pordata.pt/Europa/Balan%c3%a7a+corrente+saldos+\(Euro\)-1551](https://www.pordata.pt/Europa/Balan%c3%a7a+corrente+saldos+(Euro)-1551),  
janeiro 2020

PORDATA, 2020, G, [https://www.pordata.pt/Europa/PIB+per+capita+\(PPS\)-1778](https://www.pordata.pt/Europa/PIB+per+capita+(PPS)-1778), janeiro 2020

INE, 2020, H,

[https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&userLoadSave=Load&userTableOrder=8&tipoSelecao=1&contexto=pq&selTab=tab1&submitLoad=true](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&userLoadSave=Load&userTableOrder=8&tipoSelecao=1&contexto=pq&selTab=tab1&submitLoad=true), janeiro 2020

INE, 2020, I,

[https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&userLoadSave=Load&userTableOrder=4&tipoSelecao=1&contexto=pq&selTab=tab1&submitLoad=true](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&userLoadSave=Load&userTableOrder=4&tipoSelecao=1&contexto=pq&selTab=tab1&submitLoad=true), janeiro 2020

PORDATA, 2020, J,

<https://www.pordata.pt/Europa/Taxa+de+desemprego++dos+15+aos+74+anos+total+e+por+n%c3%advel+de+escolaridade-1633>, fevereiro 2020

PORDATA, 2020, K,

<https://www.pordata.pt/Portugal/Investimento+Forma%c3%a7%c3%a3o+bruta+de+capital+fixo+em+percentagem+do+PIB-2833>, fevereiro 2020

PORDATA, 2020, L,

<https://www.pordata.pt/Portugal/Popula%c3%a7%c3%a3o+desempregada+total+e+por+grupo+et%c3%a1rio-40>, março 2020

PORDATA, 2020, M,

<https://www.pordata.pt/Portugal/Popula%c3%a7%c3%a3o+activa+total+e+por+n%c3%advel+de+escolaridade+completo-1008>, março 2020

Grande Consumo, 2020, N, <https://grandeconsumo.com/lidl-abre-em-duas-das-mais-movimentadas-estacoes-ferroviarias-de-lisboa/#.YQK8c45KhPY>, março 2020

PORDATA, 2020, O,

[https://www.pordata.pt/Portugal/Dota%c3%a7%c3%b5es+or%c3%a7+amentais+p%c3%ablicas+para+investiga%c3%a7%c3%a3o+e+desenvolvimento+\(I+D\)-1098](https://www.pordata.pt/Portugal/Dota%c3%a7%c3%b5es+or%c3%a7+amentais+p%c3%ablicas+para+investiga%c3%a7%c3%a3o+e+desenvolvimento+(I+D)-1098), abril 2020

Overshoot Day, 2020, P, <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/>, abril 2020

Computers in Industry, 2020, Q,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361519306207>, novembre 2020



# ANEXO I – ESTUDO SOBRE A PERSPETIVA DO CONSUMIDOR ENTRE PRODUTOS PORTUGUESES E ESTRANGEIROS

## Parte I – Questionário

Utilização da ferramenta Google Forms

### Perspetiva do consumidor entre produtos portugueses e estrangeiros

No âmbito da realização de uma tese de mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, sobre a Indústria 4.0, estou a realizar este inquérito para reunir amostras que permitam avaliar se a origem do produto influencia ou não a decisão de escolha do consumidor e a qualidade subjetiva da indústria de produção portuguesa.

1. Entre comprar produtos nacionais (made in Portugal) e produtos estrangeiros, qual prefere?

*Marcar apenas uma oval.*

- Produtos portugueses  
 Produtos estrangeiros

2. Numa escala de 0 a 5, onde o 0 é péssimo e o 5 muito bom, como classifica os produtos produzidos em Portugal na sua perspetiva de consumidor?

*Marcar apenas uma oval.*

- 0  
 1  
 2  
 3  
 4  
 5

3. No geral, sente que a qualidade dos produtos portugueses é maior, menor ou igual em relação a produtos estrangeiros?

*Marcar apenas uma oval.*

- Maior qualidade  
 Igual em qualidade  
 Menor qualidade

## Parte II – Resultados da pesquisa

Tratamento de dados efetuado em Excel

Perguntas	Pergunta 1		Pergunta 2						Pergunta 3		
	P PT	P Estr	0	1	2	3	4	5	Maior	Menor	Igual
Respostas	<b>178</b>	<b>33</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>25</b>	<b>125</b>	<b>58</b>	<b>108</b>	<b>20</b>	<b>83</b>
Total	211		211						211		
Percentagem	<b>84,36%</b>	<b>15,64%</b>	<b>0%</b>	<b>0,47%</b>	<b>0,95%</b>	<b>11,85%</b>	<b>59,24%</b>	<b>27,49%</b>	<b>51,18%</b>	<b>9,48%</b>	<b>39,34%</b>
Total	100%		100%						100%		

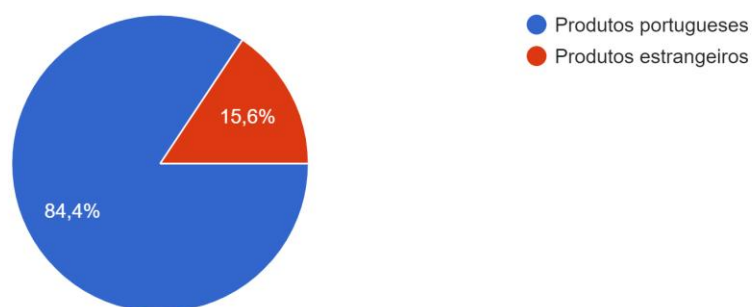
Número de Formulários submetidos	215
Em branco	4
Formulários contabilizados	211

## Parte III – Gráficos para análise

### Pergunta 1

Entre comprar produtos nacionais (made in Portugal) e produtos estrangeiros, qual prefere?

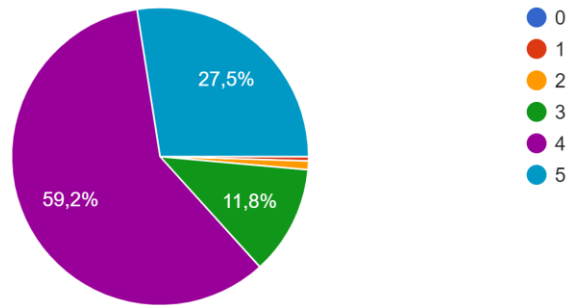
211 respostas



## Pergunta 2

Numa escala de 0 a 5, onde o 0 é péssimo e o 5 muito bom, como classifica os produtos produzidos em Portugal na sua perspetiva de consumidor?

211 respostas



## Pergunta 3

No geral, sente que a qualidade dos produtos portugueses é maior, menor ou igual em relação a produtos estrangeiros?

211 respostas

