



Universidade de  
Aveiro  
2024

**JOÃO CARLOS  
DOS SANTOS  
TEIXEIRA**

**IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NO  
SETOR CORTICEIRO**



**Universidade de  
Aveiro  
2024**

**JOÃO CARLOS  
DOS SANTOS  
TEIXEIRA**

**IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NO  
SETOR CORTICEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Comercial, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Marco André Viana Diniz Pimpão, professor adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda da Universidade de Aveiro

**o júri**

presidente

Prof. Doutor Daniel Margaça Magueta  
professor adjunto da Universidade de Aveiro

vogais

Doutora Liliana de Fátima Luís Ávila  
professora auxiliar convidada em regime laboral da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Marco André Viana Diniz Pimpão  
professor adjunto da Universidade de Aveiro



## **agradecimentos**

Em primeiro lugar quero agradecer à Joana Tavares pelo incansável apoio ao longo desta jornada, sem o seu incentivo este trabalho não teria sido possível.

À minha família, pai, mãe e irmão, por estarem presentes, por me acompanhar neste trajeto, por acreditar e por me dar força para o concluir.

Ao meu orientador, professor Marco Pimpão, por toda a disponibilidade, ajuda, compreensão e partilha de conhecimento que tornaram possível a realização desta dissertação.

Aos entrevistados por mostrarem disponibilidade e abertura para responder a todas as questões.



**palavras-chave**

Benefícios, Implementação, Indústria 4.0, Setor Corticeiro

**resumo**

A Indústria 4.0 caracteriza-se pela introdução de tecnologias digitais e de automação avançada nos processos de produção industrial permitindo que as cadeias de valor das indústrias se tornem cada vez mais evoluídas e capazes de dar respostas às necessidades do quotidiano.

Desta forma, dado o interesse sobre a dinâmica 4.0 no setor corticeiro, primeiramente iniciou-se uma pesquisa sobre o setor, seguindo-se um estudo sobre a temática 4.0, alicerçada com o estado de arte, como também com as iniciativas no contexto português e com um breve comparativo entre setores de atividade, recorrendo à análise de artigos considerados relevantes acerca desta temática.

Fruto da pesquisa metodológica desenvolvida, assim como as características do estudo de caso, considerou-se relevante enveredar pelo desenvolvimento de duas entrevistas semiestruturadas. Estas viram-se concretizadas através do Diretor de software da EGITRON e da Responsável de Transformação Digital da Corticeira Amorim, permitindo compreender o estado de implementação, assim como as dificuldades sentidas, como também os benefícios retirados da adoção desta temática, verificando pontos de semelhança com a bibliografia encontrada. Apesar do grande contributo da corticeira AMORIM para o crescimento, desenvolvimento e afirmação do setor nas mais variadas áreas de atuação, há ainda um caminho longo a percorrer, nomeadamente nas empresas com menor expressão para que toda a cadeia de valor reconheça e explore as potencialidades do conceito 4.0





**keywords**

Benefits, Cork, Implementation, 4.0 Industry

**abstract**

Industry 4.0 is characterised by the introduction of digital technologies and advanced automation into industrial production processes, allowing industrial value chains to become increasingly evolved and capable of responding to everyday needs.

Firstly, a survey of the sector was carried out, followed by a study of the theme 4.0, based on the state of art, as well as initiatives in the Portuguese context and a brief comparison between sectors of activity, using an analysis of articles considered relevant to this theme.

As a result of the methodology research carried out, as well as the characteristics of the case study, it was considered relevant to carry out two semi-structured interviews. These were conducted by EGITRON's software director, and Criteria Amorim's Digital Transformation Manager, in which it was possible to understand the state of implementation, as well as the difficulties experienced, and the benefits gained from adopting these thematic, verifying points of similarity with the literature found. Despite Corticeira Amorim's great contribution to the growth, development, and affirmation of the sector in a wide range of areas, there is still a long way to go, particularly in smaller companies, for the entire value chain to recognise and exploit the potential of the concept 4.0.



**reconhecimento do uso  
de ferramentas IA**

**Reconhecimento do uso de tecnologias e ferramentas de  
Inteligência Artificial (IA) generativa, softwares e outras  
ferramentas de apoio.**

Reconheço a utilização do Office365 (Microsoft,  
<https://www.office.com>) para a escrita do texto.

# Índice

ÍNDICE DE FIGURAS .....	I
ÍNDICE DE TABELAS .....	II
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	IV
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 SETOR CORTICEIRO.....	2
2.1 O sobreiro .....	2
2.2 A Indústria Transformadora .....	5
2.2.1 Tecido Empresarial.....	5
2.2.2 Mercado da Cortiça.....	6
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	9
3.1 O caminho até à Indústria 4.0 .....	9
3.2 Estado de Arte .....	11
3.3 Indústria 4.0.....	14
3.3.1 Cyber-Physical Systems (CPS) – Sistemas Integrados .....	16
3.3.2 <i>Big Data</i> .....	16
3.3.3 <i>Internet of Things (IoT)</i> .....	17
3.3.4 Manufatura Aditiva .....	17
3.3.5 Simulação Virtual .....	18
3.3.6 Realidade Aumentada.....	18
3.3.7 <i>Robots</i> .....	18
3.3.8 <i>Cloud</i> – Nuvem .....	19
3.3.9 Segurança da Informação .....	19
3.4 Indústria 4.0 aplicada em diferentes setores de atividade .....	20

3.5	Desafios da Implementação da Indústria 4.0 .....	22
3.6	Oportunidades da Implementação da Indústria 4.0 .....	24
3.7	Portugal e a Indústria 4.0 .....	26
4	PROBLEMA DE INVESTIGAÇÃO .....	27
4.1	Objetivos de investigação .....	27
4.2	Questões de investigação .....	28
5	METODOLOGIA .....	29
5.1	Metodologia de pesquisa.....	29
5.2	Tipos de pesquisa.....	29
5.3	Tipos de informação.....	30
5.4	Recolha de dados .....	31
5.5	Estudo de Caso .....	31
5.6	Estudo de Caso Único <i>versus</i> Estudo de Caso Múltiplo .....	32
5.7	Corticeira Amorim.....	33
5.8	EGITRON.....	35
5.9	Entrevista .....	36
6	ANÁLISE DE RESULTADOS .....	39
7	CONCLUSÕES .....	45
7.1	Limitações do Estudo .....	46
7.2	Proposta de trabalhos futuros .....	47
	REFERÊNCIAS .....	49



## **Índice de Figuras**

Figura 1 – Descortiçamento .....	3
Figura 2 – Resumo das quatro Revoluções Industriais.....	10
Figura 3 – Pilares da Indústria 4.0 .....	15
Figura 4 – Logótipo Corticeira Amorim .....	33
Figura 5 – Logótipo Egitron .....	35

## **Índice de Tabelas**

Tabela 1 – Resumo das características da cortiça.....	4
Tabela 2 – Estrutura da Entrevista EGITRON .....	37
Tabela 3 – Estrutura da Entrevista AMORIM .....	38



## **Índice De Gráficos**

Gráfico 1 – Distribuição do Montado em Portugal .....	2
Gráfico 2 – Distribuição Geográfica da Indústria Transformadora da Cortiça .....	6
Gráfico 3 – Estrutura de Vendas por tipo de Produto .....	7
Gráfico 4 – Evolução das Exportações Portuguesas de Cortiça .....	8

## Lista de Símbolos e Abreviaturas

2D	2 Dimensões
3D	3 Dimensões
AMER	<i>North, Central and South America</i>
APAC	<i>Asia and Pacific</i>
APCOR	Associação Portuguesa da Cortiça
APS	<i>Advanced Planning and Scheduling</i>
AR	<i>Augmented Reality</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CPS	<i>Cyber Physical Systems</i>
DDM	<i>Direct Digital Manufacturing</i>
ECC	<i>EGITRON Cork Control</i>
EMEA	<i>Europe, the Middle East and Africa</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
EUA	Estados Unidos da América
GPS	<i>Global Position System</i>
I4.0	Indústria 4.0
INE	Instituto Nacional de Estatística
IoT	<i>Internet of Things</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PME	Pequenas e Médias Empresas
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
TCA	Tricloroanisol

# 1 INTRODUÇÃO

Dada a competitividade crescente do mercado global, é essencial que as organizações promovam uma cultura de melhoria e inovação de forma a cada vez mais, os seus processos sejam otimizados, e consigam assim aumentar a sua eficiência interna. Por este motivo, são cada vez mais as empresas que, de maneira a ganhar ou manter uma vantagem competitiva significativa, procuram metodologias inovadoras que as ajudem, com menos recursos, a crescer e a sustentar o seu crescimento e posição no mercado.

Os últimos séculos, fruto da existência de três grandes revoluções industriais que mudaram os processos produtivos (Poór & Basl, 2019) representam marcos históricos para a humanidade, na medida em que foram desenvolvidas novas e melhores formas de produzir bens e serviços, permitindo às indústrias a capacidade de fabricar mais eficientemente aliado à maior qualidade e em maior escala. Por este motivo, estas momentos-chave serão abordadas superficialmente, em jeito de contextualização, neste relatório.

Atualmente, vive-se a era da quarta revolução industrial também conhecida por Indústria 4.0 (I4.0). Este conceito não só se aplica à indústria propriamente dita, como também apresenta um impacto observável na vida quotidiana nomeadamente na economia, nos serviços, nas redes sociais, nas plataformas digitais, etc. Desta forma, e uma vez que o mundo é pautado por diferentes ritmos, o diferencial entre os países desenvolvidos e países em desenvolvimento será cada vez mais notória e, por esse motivo, é necessário entender-se as oportunidades e os respetivos riscos inerentes às mesmas de forma a retirar proveitos positivos, nomeadamente vantagem competitiva no meio no qual as empresas se inserem (Olsen & Tomlin, 2022).

Neste seguimento, a presente dissertação tem como principal objetivo conhecer o estado da implementação da Indústria 4.0 no setor corticeiro em Portugal, assim com as valias e dificuldades sentidas fruto da sua implementação. Para isto, com foco exclusivo na indústria corticeira, partiu-se para a elaboração de dois modelos de entrevista semiestruturada com a EGITRON e grupo AMORIM.

A primeira é uma empresa que se encontra na vanguarda de desenvolvimento de soluções de *software* (nomeadamente no que respeita à área da gestão da qualidade) e *hardware* para o setor corticeiro. A segunda é o grupo mais representativo no que concerne o setor corticeiro, o

Desta forma, a dissertação encontra-se dividida em 5 tópicos, sendo eles, primeiramente o setor corticeiro, no qual se faz um breve resumo sobre as particularidades do setor, segue-se a revisão de literatura, a qual reflete o conceito da indústria 4.0 e os pilares que a compõe, assim como uma breve comparação entre o setor corticeiro e outros setores industriais. Como terceiro tópico, surge os objetivos e o formato de recolha de dados que origina o tópico seguinte, a metodologia adotada. Por último os resultados e conclusões obtidas com este estudo assim como a perspectiva de ações futuras

## 2 Setor Corticeiro

Por forma a melhor compreender o setor em estudo, considerou-se pertinente alinhar uma pequena contextualização do mesmo. Iniciando pelo sobreiro (árvore da qual se extrai a cortiça), passando por uma análise geral sobre a indústria e terminando com um pequena contextualização das empresas alinhadas com o estudo desenvolvido.

### 2.1 O sobreiro

O montado de sobreiro assume especial relevância não apenas numa vertente económica, como também ecológica, nomeadamente para a preservação da biodiversidade e sobrevivência de muitas espécies de fauna autóctone de vários países do Mediterrâneo. Este é responsável por ocupar uma área mundial de 2 123 mil hectares (Amorim Cork Composites, 2022b), da qual cerca de 61% se encontram na Península Ibérica, com 34% localizados em Portugal (correspondente a aproximadamente 720 mil hectares) (APCOR, 2020).

Das espécies florestais existentes em Portugal, o sobreiro assume lugar de destaque como a segunda espécie dominante, com um peso de cerca de 22% da floresta nacional (APCOR, 2020).

Este, como se pode verificar através do Gráfico 1, encontra-se maioritariamente no sul do país, sendo o Alentejo a área geográfica predominante com cerca de 72% do total, seguindo-se Lisboa e Vale do Tejo, Algarve, Centro e Norte com 17,10%, 4,90%, 3,50% e 2,20% respetivamente.

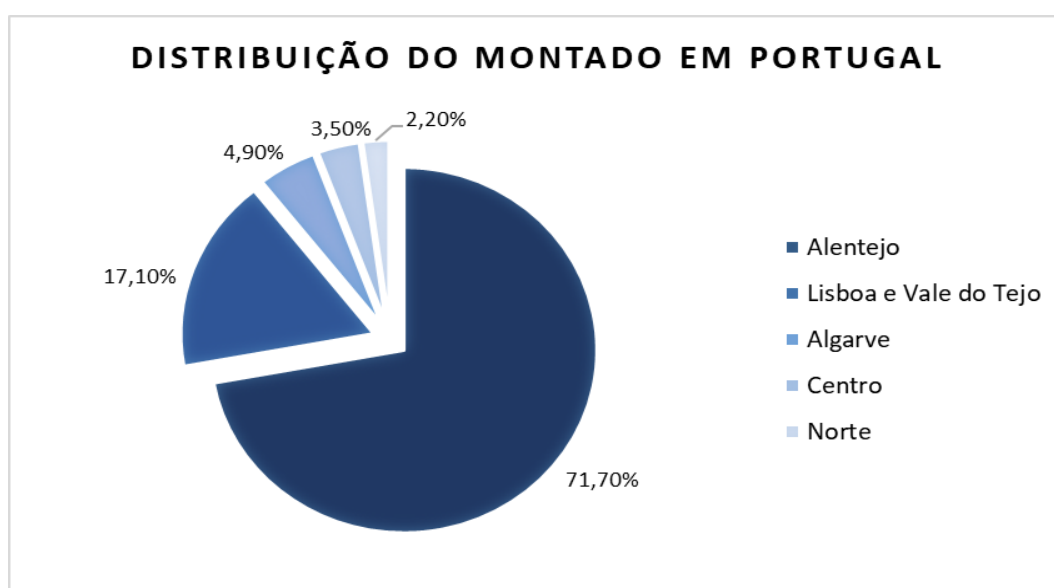


Gráfico 1 – Distribuição do Montado em Portugal  
Fonte: APCOR (2020)

Esta árvore, com tamanha expressão no contexto nacional, caracteriza-se por ser a única cuja casca tem capacidade de autorregeneração, adquirindo uma textura mais lisa após cada extração. Esta casca é denominada por cortiça, também conhecida cientificamente como *Quercus Suber L*, que consiste num tecido vegetal, 100% natural cujas células estão agrupadas numa estrutura alveolar, uma característica muito semelhante a uma colmeia. Estas estão preenchidas com uma mistura de gases muito semelhante ao ar, sendo as suas paredes

maioritariamente revestidas por suberina – uma espécie de cera natural – e lenhina – uma macromolécula tridimensional de resistência a ataques microbiológicos. Os polissacáridos, ceroides e taninos, embora com menos expressão, são outros componentes encontrados no sistema celular da cortiça (L. Gil, 2009)

Por forma a retirar o melhor proveito deste recurso único, há a necessidade que o mesmo seja descortiçado. Assim, com uma longevidade média de 200 anos, o sobreiro pode ser descortiçado cerca de 17 vezes. O primeiro descortiçamento surge, maioritariamente, ao fim de 25 anos, sendo que apenas a partir do terceiro, ao fim de 43 anos (média), a cortiça, denominada de amadia, tem a qualidade necessária para a produção de rolhas. (Corticeira Amorim, 2021a).

As duas primeiras extrações, denominada por cortiça virgem e secundeira, respetivamente, assim como a cortiça que é retirada da base, são utilizadas para diferentes finalidades, desde matéria-prima para a área da construção, como isolamento, pavimentos, como também para áreas como desporto, moda, *design*, saúde, produção de energia ou indústria aeroespacial (Corticeira Amorim, 2021a).

Dada a especificidade do tipo de corte para a extração da cortiça do sobreiro, esta exige ser feita por profissionais altamente especializados (com imagem ilustrativa Figura 1) sempre entre maio e agosto, dado ser neste período que a árvore se encontra na fase mais ativa do crescimento, o que facilita o descortiçamento sem ferir o tronco.



Figura 1 – Descortiçamento  
Fonte: APCOR (2022)

Após o descortiçamento, cada sobreiro é marcado com a numeração do último algarismo do ano em que foi realizada a extração da cortiça (Corticeira Amorim, 2021a) para que se evitem descortiçamentos prévios ao período devido e assim se prejudique a saúde do sobreiro, se reduza a produção e comprometa a sustentabilidade dos sobreiros a longo prazo.

A cortiça é uma matéria-prima natural, versátil e sustentável. Até hoje, nenhum processo industrial, laboratorial ou tecnológico conseguiu replicar as características ímpares que esta apresenta. Na Tabela 1, apresentam-se essas características.

Tabela 1 – Resumo das características da cortiça  
Fonte: Corticeira Amorim (2022) & ISOCOR (2022)

- **Leve** 

Mais de 50% do volume da cortiça é ar - pesa apenas 0,16 gramas por centímetro cúbico. Além de muito leve, esta característica permite que flutua.

- **Elástica, compressível e resiliente** 

Em virtude da mistura gasosa entre cada célula que compõe a cortiça, caracteriza-se pela sua adaptabilidade quer a variações de temperatura quer a variações de pressão. Distingue-se também pelo facto de ser o único sólido que ao ser apertado num dos lados não aumenta de volume no outro lado regressando à forma original após descompressão.

- **Impermeável** 


Grças à suberina e aos ceroides presentes nas paredes das células, a cortiça é um dos melhores vedantes existentes no mercado, caracterizando-se por ser impermeável a líquidos e a gases. A sua resistência à humidade permite-lhe envelhecer sem se deteriorar.

- **Isolante térmico e acústico e antivibrática** 

A baixa condutividade de calor, som e vibração é outra característica associada. Isto acontece fruto dos elementos gasosos que contém se encontrarem fechados em pequenos compartimentos impermeáveis e isolados uns dos outros.

- **Hipoalergénica, antiestática e inodora** 

A cortiça contribui para a proteção contra alergias uma vez que não absorve pó e, consequentemente, evita o aparecimento de ácaros. Tem um odor muito característico, não intrusivo e levemente adocicado.

- **Resistente ao atrito** 

A cortiça é muito confortável uma vez que as suas células são formadas por microscópicas almofadas gasosas. Tal característica confere à cortiça a capacidade de absorver choques, aliviando a pressão sobre os pés, protegendo as articulações e salvaguardando a coluna.

- 
- **Retardadora de fogo** 

A lenta combustão da cortiça transforma-a num retardador natural de fogo, tornando-se uma barreira natural contra incêndios. A cortiça não faz chama nem liberta gases tóxicos durante a combustão.

- 
- **Renovável, reciclável e reutilizável** 

A cortiça é uma matéria-prima renovável, reciclável e reutilizável.

- 
- **Biodegradável** 

Apresentando-se como um produto natural é 100% biodegradável.

- 
- **Energética** 

O pó da cortiça pode ser utilizado como biomassa, uma fonte de energia neutra em termos de emissões de CO<sub>2</sub>.

- 
- **Suave ao toque** 

A cortiça é um produto suave ao toque. Com uma temperatura natural muito aproximada à do corpo humano, a cortiça transmite uma sensação de conforto difícil de replicar por qualquer outro material.

---

Com todas as características supramencionadas e as condicionantes associadas, nomeadamente ao descortiçamento, a produção de cortiça à escala mundial, ronda cerca de 200 mil toneladas por ano. Neste contexto, Portugal apresenta-se como líder na produção, sendo oriundo do nosso país, cerca de 46% (APCOR, 2020).

## 2.2 A Indústria Transformadora

Dadas as características intrínsecas de cada indústria, considerou-se pertinente analisar a indústria transformadora da cortiça por forma a permitir um maior conhecimento e interpretação das conclusões obtidas.

Dessa forma, concluiu-se não ser viável descurar uma análise ao tecido empresarial, assim como aos diferentes mercados e setores nos quais a cortiça se apresenta.

### 2.2.1 Tecido Empresarial

Portugal, no que respeita ao setor corticeiro, conta atualmente com cerca de 640 empresas a operar em contexto nacional (APCOR, 2020). Estas empresas estão divididas sob 4 atividades, sendo elas a preparação da cortiça, a fabricação de rolhas, a fabricação de outros produtos corticeiros e o comércio por grosso de cortiça em bruto.

A atividade com maior representação na indústria é a fabricação de rolhas e conta com uma produção de cerca de 40 milhões de rolhas por dia, alicerçada por um universo de cerca de 8 343 trabalhadores (APCOR, 2020).

No que respeita à área geográfica de maior concentração da indústria, Santa Maria da Feira, com grande impacto da localização do grupo AMORIM, assume-se como o principal polo de produção a nível mundial. Este rótulo é fruto das cerca de 487 empresas que em 2020 estavam sediadas no concelho, as quais empregam cerca de 6 600 trabalhadores e representam uma produção de cerca de 35 milhões de rolhas diariamente (APCOR, 2020).

No Gráfico 2 é possível observar a distribuição geográfica da indústria transformadora da cortiça em Portugal. Em virtude do enorme contributo do concelho de Santa Maria da Feira, surge, de forma destacada o distrito de Aveiro com cerca de 80,58% de representatividade. Segue-se Setúbal, Évora, Faro, Santarém, Porto, Lisboa e Viseu com 5,79%, 4,96%, 4,55%, 1,65%, 1,24%, 0,83% e 0,41%, respetivamente.

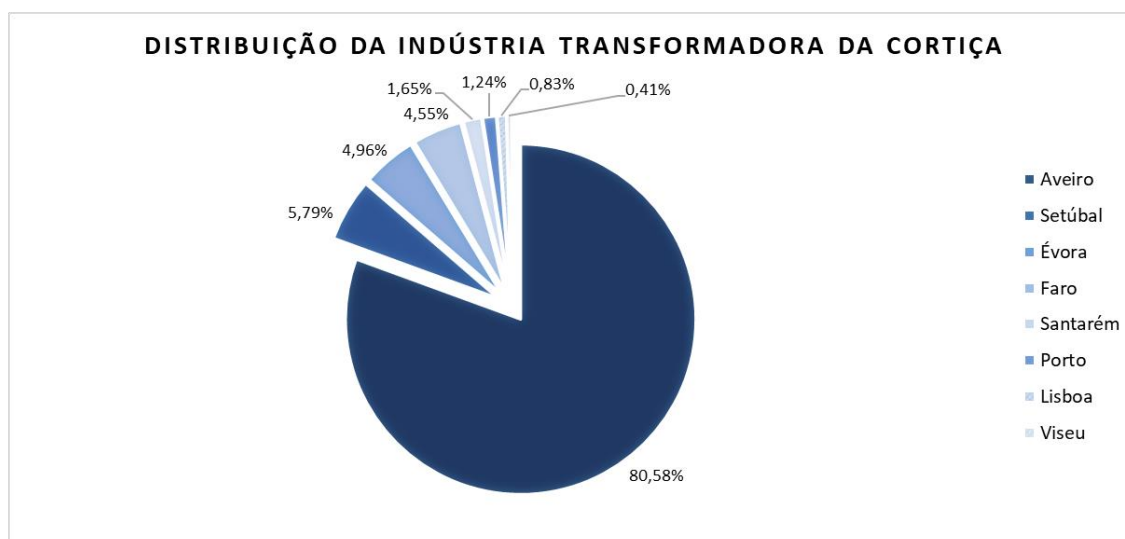


Gráfico 2 – Distribuição Geográfica da Indústria Transformadora da Cortiça  
Fonte: Gaspar Direi (2021)

## 2.2.2 Mercado da Cortiça

O mercado da cortiça é composto pela produção, transformação e comercialização de diversos produtos provenientes da casca do sobreiro.

Dadas as propriedades únicas desta casca (anteriormente referidas), são várias as aplicações dadas atualmente desde a indústria alimentar, o calçado, a construção (casa, escritório, lazer, pavimentos), a indústria elétrica e aeroespacial, a mobilidade, painéis e compósitos, selagem, energia (Amorim Cork Composites, 2022a).

De todas as supramencionadas, a indústria alimentar representada pelo segmento vinícola é o que apresenta maior expressividade destacando-se, com cerca de 73,5% do total produzido, como principal setor de destino de produtos de cortiça. Imediatamente a seguir surge o setor da



construção civil com 24,1% representados pelo reconhecimento dos seus benefícios de aplicabilidade no âmbito ambiental, de desempenho e estéticos em pavimentos, isolamentos e revestimentos (APCOR, 2020).

No que concerne às importações, Portugal assume-se como o terceiro maior importador mundial de cortiça. Esta é utilizada maioritariamente para transformação e, posteriormente, segue para exportação sob a forma de produtos de consumo final, com uma quota de 11%, o que equivale a 183 milhões de euros (APCOR, 2020).

Desta forma, Portugal é o líder mundial no que respeita a exportações no setor da cortiça. Em 2020, assume uma quota de 62,1%, seguido por Espanha de 18,1%. O total mundial, em €, das exportações de cortiça, em 2020, foram de cerca de 1 635 300 milhões, denotando uma descida face a 2019 de 6,9%, equivalente a 98 milhões (APCOR, 2020).

Como é possível constatar no Gráfico 3, na estrutura das exportações por tipo de produto, em concordância com a estrutura de produção, as rolhas (de cortiça natural e outros tipos) apresentam especial dominância (73,5%), seguida pelos materiais de construção (24,1%) e restantes produtos de cortiça (1,5%), terminando com um valor de reduzido inferior a 1% proveniente de matéria prima (APCOR, 2020).

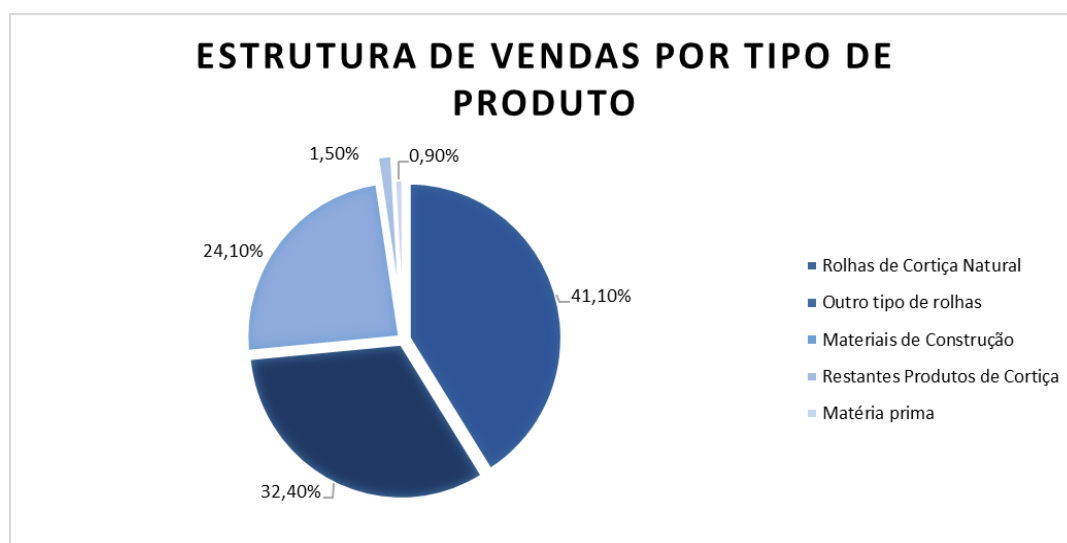


Gráfico 3 – Estrutura de Vendas por tipo de Produto  
Fonte: APCOR (2020)

No Gráfico 4 encontra-se espelhada a evolução das exportações da cortiça no panorama nacional. Assim, é perceptível que o nível das exportações atingiu o seu pico em 2018 e apresentou um ligeiro decréscimo em 2019. Em 2020, o decréscimo foi mais acentuado, em cerca de 9,8%. Também em 2021, apesar de à data da pesquisa não contemplar dados reais, fruto da pandemia mundial, é expectável que haja uma diminuição assinalável, no entanto, perspetiva-se que as exportações se mantenham em torno da barreira dos mil milhões de euros (APCOR, 2020).

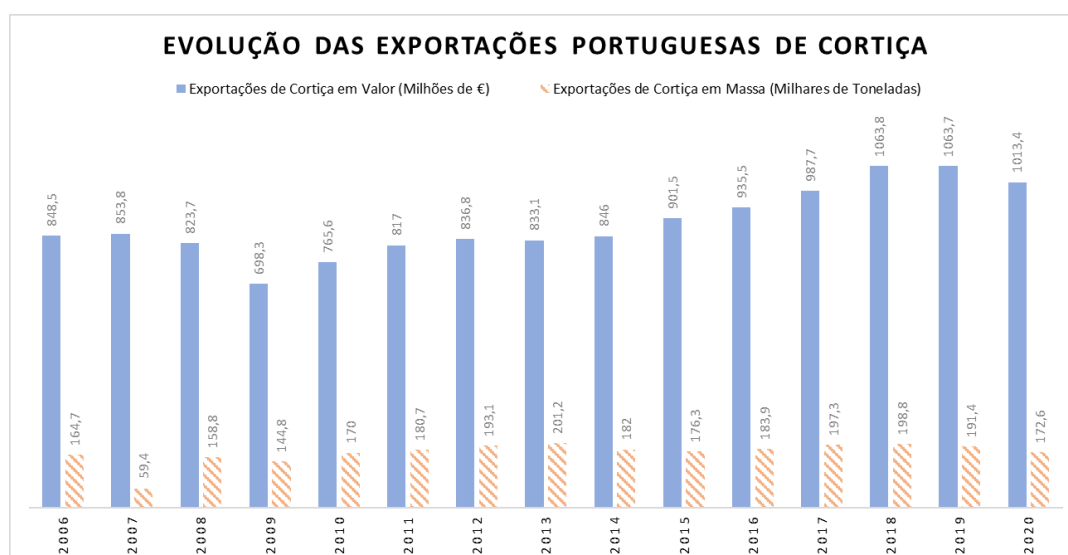


Gráfico 4 – Evolução das Exportações Portuguesas de Cortiça  
Fonte: APCOR (2020)

As exportações de cortiça, de uma forma geral, têm como principal destino a Europa. Entre os principais países destas exportações, destacam-se, por ordem de importância, a França, Espanha, Itália e a Alemanha. Em 2020, os Estados Unidos da América (EUA) ultrapassam a França como principal destino das exportações portuguesas de cortiça. (APCOR, 2020).

Como é possível concluir, a envolvente corticeira portuguesa, representa uma parte bastante significativa da economia, sustentabilidade ambiental, inovação tecnológica e da cultura portuguesa, tendo um grande impacto no panorama nacional e internacional com uma posição forte e consolidada.

### 3 Revisão de Literatura

O mundo industrial está a transformar-se a uma grande velocidade, impulsionada pelo desenvolvimento da tecnologia. Nesse sentido, existe uma relevância crescente em torno da 4ª Revolução Industrial ou na Indústria 4.0, conceito este caracterizado pela introdução de um conjunto de tecnologias digitais nos processos de produção tornando-as mais competitivas e eficientes (Ribeiro & Silva, 2020).

A indústria 4.0 está a provocar alterações, não apenas no contexto industrial e no formato de produção, como também na economia, no formato de compra, venda e/ou aluguer, na inovação colaborativa, entre outras, uma vez que está baseada no desenvolvimento de tecnologias que permitem mudanças disruptivas nos modelos de negócio, nos processos e nos produtos. Toda esta preponderância surge da integração de um conjunto de tecnologias inteligentes, de conectividade, armazenamento eletrónico de grandes volumes de informação e de tratamento de dados (Portugal2020, 2018).

Com este avanço tecnológico é possível para as empresas, devido à digitalização dos processos, da interconectividade, entre outros, acompanhar, em tempo real, os acontecimentos nas linhas de produção do outro lado do mundo, anulando a barreira geográfica que se impõe. Desta forma, inevitavelmente é possível alterar a relação entre os vários intervenientes na cadeia de valor, isto é, com o cliente, com os trabalhadores ou mesmo no modelo de negócio (Chowdhury & Chowdhury, 2003).

O mundo e a economia de cada país movem-se a velocidades distintas e às quais estão associadas diferentes realidades. Se uma empresa pretende tentar manter-se ou atingir a vanguarda do seu setor de atividade, poderá ver nesta temática 4.0 uma grande oportunidade, de forma a criar elementos que originem fontes de vantagem competitiva para a organização. Para o conseguir deverá antecipar os riscos, não descurando a avaliação das suas capacidades, adaptando as suas estratégias de forma a implementá-las nos cenários apropriados.

#### 3.1 O caminho até à Indústria 4.0

Se atualmente o conceito de Indústria 4.0 está em voga, um longo caminho foi percorrido ao longo dos últimos séculos sustentado por três revoluções industriais.

De uma forma resumida, a primeira revolução industrial iniciou-se no final do séc. XVIII e marcou a transição dos métodos de produção artesanais para processos de produção mecanizados. Estas mudanças além de revolucionarem a economia, com o aumento da produtividade, transformaram também a vida quotidiana das pessoas. A partir desse momento, a indústria tem passado por várias transformações tanto nos seus sistemas de produção, assim como, nos processos de gestão (Santos & Alberto, 2018).

Com a introdução do petróleo e da eletricidade nos sistemas produtivos, no início do século XX, iniciou-se a Segunda Revolução Industrial. Esta foi caracterizada pela produção em massa e divisão do trabalho com forte destaque nos modelos de organização e produção industrial de

Frederick Taylor e Henry Ford. A introdução do foco na tarefa e na linha de montagem, respetivamente, traduziram-se na redução do tempo de execução e aumento significativo da produção (Correio et al., 2021).

A Terceira Revolução Industrial inicia-se com fim da Segunda grande Guerra. Esta teve um contributo forte dado o esforço e exigências necessárias para a recuperação pós-guerra. Vigora até à atualidade, caracterizando-se pelo uso da eletrónica e das tecnologias da informação (TI) de modo a aprimorar a automação da produção (Santos & Alberto, 2018). Também a energia atómica passou a ser utilizada e o mundo empresarial começou a ser visto como um mundo globalizado.

Através da combinação de tecnologias avançadas e da *internet*, a indústria começa, novamente, a transformar-se, sendo este período denominado de Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0. Este termo surge, pela primeira vez, em 2011, por parte do governo alemão, fruto da sua conjuntura industrial, isto é, pelo facto de a indústria transformadora representar cerca de 25% do PIB do país e empregar milhões de indivíduos (Keller et al., 2014). Desta forma, e porque também é um país reconhecido pelas suas capacidades de Engenharia (Kagermann et al., 2013) procuram cada vez mais otimizar e inovar os seus processos a fim de manter a sua posição como líder especializado no fabrico.

O alavancar desta revolução é expressa pela tendência da digitalização da economia e sociedade. A sustentabilidade tecnológica deste desenvolvimento é possível graças aos sistemas integrados inteligentes e interligados que permitem que as pessoas, as máquinas, os equipamentos, sistemas logísticos e produtos comuniquem e cooperem diretamente (Gadre & Deoskar, 2020).

Na Figura 2 apresenta-se, de uma forma breve, as principais características das diferentes Revoluções Industriais.

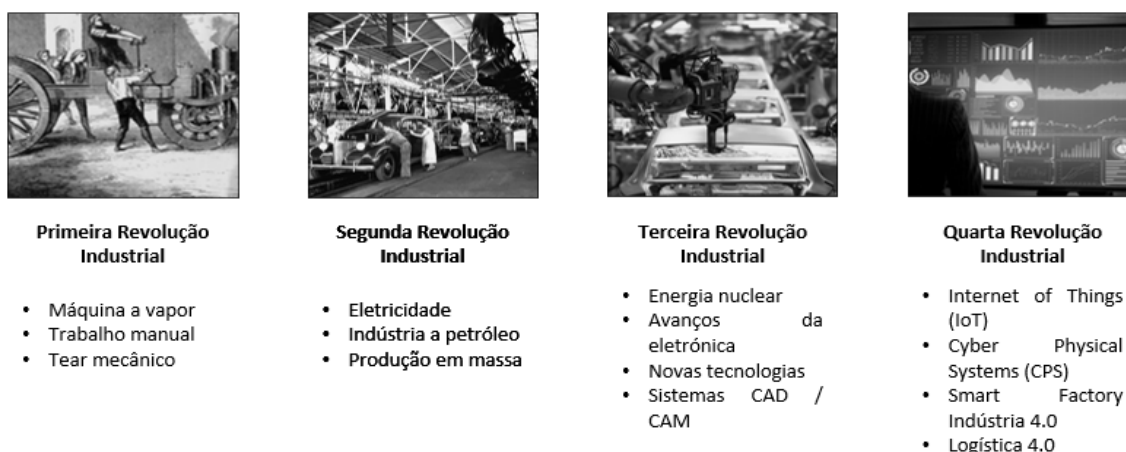


Figura 2 – Resumo das quatro Revoluções Industriais  
Fonte: Adaptado de Santos & Alberto (2018)

### 3.2 Estado de Arte

Com vista a entender o impacto deste estudo no setor corticeiro, foi elaborada uma pesquisa em diferentes bases de dados, com o intuito de perceber o que já havia sido estudado e qual o caminho a percorrer para dar relevância ao estudo realizado.

Para uma pesquisa mais abrangente foram adotados os termos em inglês. Nesse sentido foram escolhidas como primeiras palavras-chave "*industry 4.0*" e "*4.0 industry*", por forma a verificar as possíveis diferenças nos resultados provenientes dos termos de pesquisa.

De seguida foram também escolhidos como termos de pesquisa "*implementation*", "*benefits*" e "*impact*", com o intuito de afunilar os resultados para o contexto mais próximo do pretendido. Por último, foi também adicionada a *keyword* "*cork*" que visava constatar a existência de artigos semelhantes no setor corticeiro.

Com o intuito de interligar os termos de pesquisa foram utilizados os termos "*and*" e "*or*". A utilização do "*and*" deu-se quando o intuito da pesquisa se centrou em agregar resultados com todos os termos utilizados. Já o termo "*or*" foi empregue quando se pretendeu que os resultados contemplassem, pelo menos, um dos termos pesquisados

Iniciou-se a pesquisa nas bases de dados disponíveis da Universidade de Aveiro (Universidade de Aveiro, 2023), nomeadamente a *Scopus*, *Web of Science*, *B-on*, e *Business Source Complete* – EBSCO. A primeira pesquisa foi efetuada na base de dados multidisciplinar *Scopus*, na qual a busca por *keywords* teve por base a pesquisa em título de artigos, *abstract* e *keywords* por forma a albergar, numa primeira fase, um maior número de resultados.

Por forma a verificar a existência de diferenças para dar início à pesquisa, utilizou-se a *keyword* "*4.0 industry*" que devolveu 181 artigos dos quais 153 datados posteriormente a 2019, enquanto a *keyword* "*industry 4.0*" teve um resultado de 25 684 artigos, dos quais 21 315 publicados de 2019 em diante. Uma vez que o termo "*industry 4.0*" originou um maior número de resultados, considerou-se como sendo o termo a adotar. Em ambas as pesquisas, a palavra foi utilizada com aspas para que, dessa forma, fosse considerado apenas 1 termo. Dado o número avultado de artigos com datas recentes, demonstra que a temática é relativamente recente e que ainda muito terá de desenvolver.

Deu-se continuidade à pesquisa com os termos "*Industry 4.0*" and "*implementation*" surgiram 4 835 resultados e substituindo a *keyword* "*implementation*" pela *keyword* "*benefits*", ficando como termos de pesquisa "*Industry 4.0*" and "*benefits*", resultaram 2 327 documentos. Por último, "*Industry 4.0*" and "*impact*" originou 3 423 artigos. Conjugando três dos quatro termos de pesquisa anteriormente referidos "*Industry 4.0*" and "*implementation*" and "*benefits*" deu origem a apenas 612 artigos e conjugando os quatro termos, deu origem a 133 artigos.

Por último, por forma a verificar a temática no seio da indústria corticeira, foi adicionado o termo "*cork*" às quatro *keywords*, do qual resultou em 0 artigos.

De maneira a concluir a pesquisa nesta base de dados, utilizou-se para pesquisa a junção de termos "*industry 4.0*" and "*cork*", do qual resultaram dois artigos

Seguiu-se a base de dados multidisciplinar *Web of Science*. Esta base de dados para o termo "*4.0 industry*" espelhou 183 resultados, enquanto para "*industry 4.0*" 19 912 resultados dos quais

16 293 posteriores a 2019. À semelhança da base de dados anterior, optou-se por dar seguimento à restante pesquisa com o termo “*industry 4.0*”, dado o maior número de resultados.

Assim, adicionou-se ao termo inicial, individualmente, o termo “*implementation*”, o qual se traduziu em 3 817 resultados obtidos, o termo “*benefits*” com 1 342 resultados e o termo “*impact*” com 2 971.

Por forma a estreitar a pesquisa, começaram-se a adicionar os termos em conjunto, sendo que com a reunião de “*industry 4.0*” and “*implementation*” and “*benefits*” se obtiveram 409 resultados, “*industry 4.0*” and “*implementation*” and “*impact*” se obtiveram 693 e, por último, com a reunião de todos, isto é, “*industry 4.0*” and “*implementation*” and “*impact*” and “*benefits*”, obtiveram-se 98 artigos.

Também à semelhança da base de dados anterior, adicionando o termo “*cork*”, não se verificou nenhum resultado.

Passando à análise da *B-on*, também ela uma base de dados multidisciplinar, com o termo de pesquisa “*industry 4.0*” deu origem a 133 405 resultados e trocando a ordem do termo de pesquisa, deu origem a 4 359 artigos. Mais uma vez foi notório o diferencial de resultados entre ambos os termos e em conformidade com a pesquisa nas bases de dados anteriores, deu-se seguimento com o termo “*industry 4.0*”.

Com essa *keyword* sempre presente, foi adicionada, progressivamente, as *keywords* “*implementation*”, “*benefits*” e “*impact*”, as quais devolveram, pela ordem, o seguinte número de documentos, 53 840, 42 963 e 57 671. Conjugadas as quatro *keywords*, traduziu-se em 28 373 resultados.

Por último, adicionando a *keyword* “*cork*”, resultaram 1068 resultados, no entanto nenhum continha as todas as *keywords*, dado que maioritariamente estes estudos estão direcionados para outros contextos industriais que não o corticeiro ou não industriais. Por forma exemplificar, segue-se 3 dos primeiros artigos apresentados:

1. *Implementation of a Lean 4.0 Project to Reduce Non-Value Add Waste in a Medical Device Company* (Foley et al., 2022)
2. *Can Livestock Farming Benefit from Industry 4.0 Technology? Evidence from Recent Study* (Moura, 2006)
3. *The relevance of Industry 4.0 and its relationship with moving manufacturing out, back and staying at home* (Stentoft & Rajkumar, 2020).

Inadvertidamente, foram pesquisados, conjuntamente, os termos “*4.0 industry*” and “*cork*”, dando origem a 34 548 resultados, dos quais dois têm as *keywords* presentes. Estes resultados são referentes às dissertações, intituladas por *Towards Industry 4.0: Visibility over Production and Maintenance in the Cork Industry* (Cardoso, 2022) e *How to improve the corporate framework of the Portuguese Cork Industry* (L. A. Ramos, 2021).

Com base nas mesmas *keywords*, feita a pesquisa na base de dados *Research Gate*, é devolvido cerca de 100 páginas de resultados, mas, de uma forma muito resumida, apenas o primeiro resultado apresentado (já encontrado em outra base de dados) intitulado por *Lean*

*manufacturing and industry 4.0/5.0: Applied research in the Portuguese cork industry* (Thomaz & Bispo, 2022) reúne as duas *keywords* pretendidas.

Analizadas as diferentes bases de dados, foi possível destacar quatro documentos em virtude de estes se apresentarem mais voltados para a temática da corticeira, os quais se apresentam abaixo, de forma resumida.

Começando pelo artigo da SCOPUS de Hernández et al. (2020) intitulado por *Implementing RAMI4.0 in Production - A Multi-case Study* que propõe, com base em três diferentes estudos de caso realizados na indústria da cortiça e do calçado, uma metodologia de implementação da RAMI 4.0 (Modelo Arquitetónico de Referência para a Indústria 4.0) para PME's. Este estudo, com a RAMI 4.0 como referência, considera tanto aspetos tecnológicos como requisitos empresariais nas fases iniciais de preparação do equipamento permitindo uma via metodológica destinada à implementação de máquinas inteligentes pelas PME's, oriundos de comunicações e capacidades inteligentes.

Segue-se o artigo *Lean manufacturing and industry 4.0/5.0: Applied research in the portuguese cork industry* (Thomaz & Bispo, 2022), proveniente da base de dados SCOPUS. Este consiste num estudo, através de uma abordagem qualitativa, que tem como objetivo determinar, através de abordagens Lean e Industry 4.0 como a automatização poderia aumentar a qualidade, a eficiência e a segurança no contexto de uma empresa do sector da cortiça examina uma empresa.

O artigo publicado por Ramos (2021), *How to improve the corporate framework of the Portuguese Cork Industry* na base de dados B-on é proveniente de uma investigação tem como finalidade compreender se a indústria corticeira portuguesa consegue implementar um paradigma de Economia Circular e quais os benefícios que daí resultariam. É também analisada a possibilidade de incorporar uma cadeia de abastecimento em circuito fechado, a capacidade de usar tecnologias da quarta revolução industrial, as suas políticas sustentáveis e a aptidão de inovar e de desenvolver novos produtos.

Por último, destacou-se o trabalho de projeto de Cardoso (2022) denominado por *Towards Industry 4.0: Visibility over Production and Maintenance in the Cork Industry*, fruto da necessidade da unidade industrial aumentar a sua visibilidade sobre os processos de produção e manutenção. Neste sentido, o trabalho desenvolvido consistiu em criar condições para a implementação de um Sistema de Controlo de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) e conceber este sistema com base nas necessidades da unidade industrial.

Além dos quatro artigos supramencionados, desta pesquisa resultaram outros que serviram de base para a revisão bibliográfica efetuada (que são enunciados ao longo o trabalho, como por exemplo no tópico "indústria 4.0 aplicada noutros setores de atividade"), nomeadamente para amadurecer o conhecimento sobre a temática em estudo, assim como para conhecer a realidade da implementação das ferramentas 4.0 noutros setores de atividade nos quais a temática se apresenta mais madura.

Em jeito de conclusão foi possível verificar que, apesar da pesquisa ter sido feita em diferentes bases de dados, todas apresentam, maioritariamente, os mesmos resultados. Também se verificou uma dominância de artigos com cinco ou menos anos, enaltecendo a recentidade da temática motivo pelo qual ainda tem muito para crescer e se desenvolver.

Ficou patente que a indústria corticeira ainda está pouco explorada no que concerne a esta temática, talvez pela dominância do setor estar concentrado num número reduzido de países ou as características inerentes do negócio, o que se traduz num desenvolvimento mais moroso quando comparado com outros setores.

Neste contexto surge a motivação para a presente dissertação, no qual se pretende realizar uma análise do geral estado da implementação da Indústria 4.0 em Portugal e, assim, perceber qual o impacto desta temática em concreto no ramo do setor corticeiro.

### **3.3 Indústria 4.0**

De olhos postos na indústria, a introdução da temática I4.0 pretende alcançar a melhoria do processo de fabrico utilizando a automatização e a recolha de dados (Hermann et al., 2016). Deste modo, todas as revoluções industriais tiveram uma quota parte de importância para a construção do conceito 4.0, surgindo este como uma evolução natural dos anteriores sistemas industriais, desde a mecanização da produção ocorrida no século XVIII até a automação da produção nos dias correntes.

O alavancar desta revolução é expressa pela tendência da digitalização de toda a envolvente económica e social. Assim, o conceito, introduzido pela primeira vez na Alemanha em 2011, consiste num sistema tecnológico complexo, com grande influência na indústria, que se impõe na pesquisa e discussão, fruto da introdução de avanços relevantes, relacionados com a inteligência industrial com olhos posto no futuro (A. C. Pereira & Romero, 2017).

A combinação de *software* com sensores, processadores e tecnologia de comunicação desempenha um papel crucial na transformação dos processos de fabrico. Essa integração permite a recolha e análise de dados em tempo real, facilitando uma tomada de decisão tornando-a mais informada e ágil. Além disso, possibilita uma maior interconectividade entre empresas ao longo da cadeia de abastecimento, permitindo a avaliação e otimização contínuas dos processos de fabrico com base em critérios como custo, disponibilidade e eficiência de recursos.

Essa abordagem orientada por dados e tecnologia está a revolucionar a indústria, tornando-a mais ágil, eficiente e adaptável às necessidades do mercado. Ao permitir uma visão holística e em tempo real dos processos de fabrico, a combinação de tecnologias capacita as empresas a identificar oportunidades de melhoria, otimizar operações e permanecer competitivas num ambiente em constante mudança.

Deste modo, a aplicação de ferramentas da I4.0 permite às empresas aumentar a sua acessibilidade às diferentes modelações e tecnologias analíticas havendo a possibilidade de estas serem personalizadas por forma a satisfazer as necessidades de cada empresa pertencentes à cadeia (Kamarul Bahrin et al., 2016).

Dada a importância crescente sobre as necessidades e a unicidade de cada empresa, com especial foco em cada cliente, o ciclo de vida da indústria está cada vez mais orientado para uma



integração de todas as fases, aumentando competitividade e a capacidade de resposta às exigências do mercado.

Assim, a indústria 4.0, além do destaque dado à ideia da digitalização, realça a ligação consistente de todas as unidades produtivas numa economia, nomeadamente na ordem de desenvolvimento e a produção, a distribuição e a reciclagem e a inclusão de todos os serviços relacionados. Reunindo todas as informações, será possível a construção de uma plataforma industrial aberta e inteligente para aplicações de informação em rede (Kamarul Bahrin et al., 2016).

Por forma a sustentar o conceito de indústria 4.0, de acordo com Santos & Alberto (2018), são nove os pilares que compõe as várias áreas tecnológicas. Em consonância com a Figura 3, são eles o *Cyber-Physical Systems* (CPS) - Sistemas Integrados, *Big Data*, *Internet of Things* (IoT), Manufatura Aditiva, Simulação Virtual, Realidade Aumentada, *Robots*, *Cloud* e Segurança da Informação.

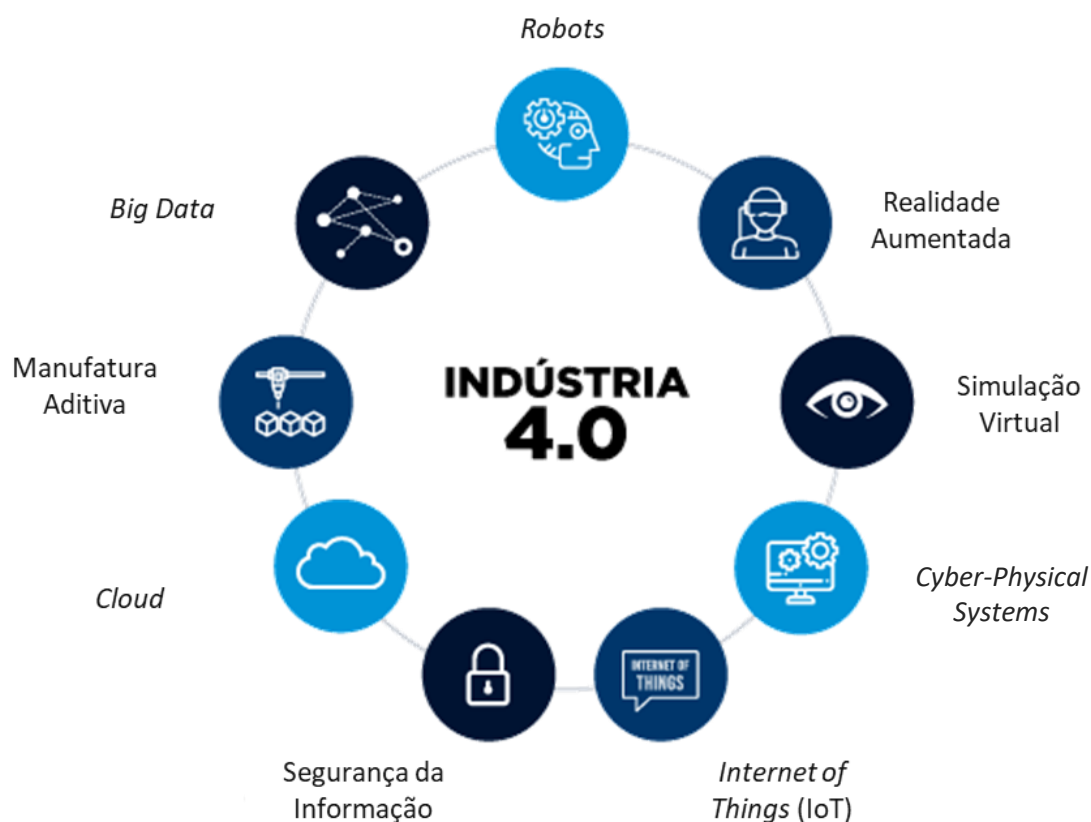


Figura 3 – Pilares da Indústria 4.0  
Fonte: Adaptado de Santos & Alberto (2018)

### 3.3.1 Cyber-Physical Systems (CPS) – Sistemas Integrados

Os *Cyber-Physical Systems* consistem em sistemas, resultantes da evolução tecnológica, que integram computação, sensores e atuadores, redes de comunicação, permitindo, em tempo real interações entre o mundo virtual e os ambientes físicos (A. C. Pereira & Romero, 2017).

Sendo as redes de comunicação um poderoso facilitador, o coração dos CPS são os sistemas de computação embutidos (*Embedded Systems*). Estes caracterizam-se por serem sistemas de processamento de informação incluídos noutros produtos ou equipamentos principais. As tarefas até ao momento desempenhadas por computadores dedicados apenas à recolha de informação proveniente da automação tradicional, estão a ser transferidas para estes novos sistemas com dimensões e performance ajustada às necessidades (Wolf, 2009).

O uso de CPS permite a conexão de todos os níveis de produção com as máquinas inteligentes, interligando toda a cadeia de valor, permitindo assim maior agilidade e capacidade de processamento às empresas (A. C. Pereira & Romero, 2017)

Por este motivo, a indústria, assim como a generalidade da sociedade, está dependente, cada vez mais, da interligação entre os sistemas digitais e físicos para executar com sucesso tarefas avançadas de controlo e automação (Zanero, 2017).

### 3.3.2 Big Data

Atualmente, através do rápido crescimento e desenvolvimento da *Internet*, é produzida e recolhida uma biblioteca infindável de informação passível de consulta numa base diária que o seu processamento e análise está para além das capacidades das ferramentas tradicionais. No entanto, há uma tecnologia através da qual se podem realizar análises sendo esta denominada de *Big Data* (Witkowski, 2017).

A utilização do conceito de *Big Data* permite, de uma forma rápida e eficiente, gerir e utilizar esta base de dados em constante crescimento, graças à recolha de informação de múltiplas fontes, para tomar decisões inteligente e, inclusivamente, antecipar necessidades (Li et al., 2017)

Mais do que gerar dados, esta tecnologia permite analisar e distinguir o realmente importante do menos importante, ajudando assim a desenhar conclusões e a transferi-las de acordo com os objetivos empresariais (Witkowski, 2017).

Ao conceito de *Big Data* estão associadas, segundo Witkowski (2017) quatro dimensões:

1. Volume – o conceito de *Big Data* consiste em conjuntos de dados cujo tamanho excede a capacidade das ferramentas comuns de recolha, armazenamento, gestão e análise.
2. Variedade – o *Big Data* provém de uma variedade de fontes: sistemas transacionais, redes sociais ou a *Internet*. Estes dados mudam dinamicamente e são muito desestruturados, o que significa que não são adequados para as formas tradicionais de análise.

3. Velocidade – a análise de dados é realizada praticamente em tempo real, uma vez que as conclusões corretas dos dados fluem e mudam constantemente, precisando de ser implementadas de forma contínua.
4. Valor – o objetivo geral é isolar de toda a quantidade de informações, a que será mais importante – sendo por isso tão importante que os resultados reflitam as condições reais e levem às atividades de negócio mais favoráveis.

### 3.3.3 *Internet of Things (IoT)*

O termo *Internet of Things (IoT)* é referente a objetos físicos, como o caso de equipamento *hardware*, e virtuais ligados à *Internet*. Esta é uma parte da tecnologia da informação que permite a recolha e transmissão de dados entre dispositivos, resultando na identificação, localização, rastreabilidade e monitorização de objetos (Li et al., 2017).

Esta tecnologia está incorporada numa panóplia de produtos, sistemas e sensores em rede, que através dos avanços computacionais permite oferecer novas capacidades até antes impossíveis. São vários os benefícios associados a esta ferramenta, desde novas oportunidades de mercado e modelos de negócio até preocupações sobre segurança, privacidade, e interoperabilidade técnica (Singhania, 2015).

Os códigos de barras, sensores *wireless* e identificação por radiofrequência (RFID) são exemplos de tecnologias utilizadas diariamente no seio empresarial que contribuem para um alcance cada vez maior da IoT. Esta ferramenta tem sido impulsionada pelo aparecimento e uso generalizado de sensores e custos cada vez mais reduzidos, assim como, o avanço nos dispositivos móveis, comunicações *wireless* e tecnologias *cloud* (Zhang et al., 2017).

### 3.3.4 *Manufatura Aditiva*

A elevada concorrência e a crescente complexidade dos produtos têm exigido das empresas alterações substanciais no processo de desenvolvimento de produtos, principalmente com o intuito de reduzir o tempo dispendido e aumentar a qualidade e a competitividade dos mesmos. Por forma a se repercutir em alterações impactantes, esta exige a envolvimento, tanto de aspetos de gestão desse processo, como também a adoção de novas técnicas e ferramentas (Volpato, 2018).

A manufatura aditiva ou fabrico aditivo, prototipagem rápida ou impressão 3D descrevem um conjunto de técnicas de fabrico em rápida evolução que começam a contemplar e, até a substituir, as técnicas de fabrico tradicionais em baixo volume e alta variedade. Estas técnicas permitem a produção de componentes do produto sem a necessidade de ferramentas especializadas e recursos de construção (Holmström et al., 2016).

As tecnologias de produção são também denominadas de *Direct Digital Manufacturing (DDM)*. Estas estão a deparar-se com o aumento da sua aplicação em cadeias de abastecimento e serviços fruto da redução do custo por unidade (Holmström et al., 2016). A estas valências e fruto da capacidade de versatilidade, eficiência e inovação, acresce o facto de a utilização desta ferramenta ganhar maior relevância em resultado da prototipagem rápida que permite, por exemplo, a testagem antes da produção massiva.

Também a personalização e a complexidade tornam-se elementos que ficam facilitados com a adoção deste conceito, assim como a produção de pequenas séries.

### **3.3.5 Simulação Virtual**

As simulações são cada vez mais utilizadas com dados em tempo real por forma a espelhar as variáveis quotidianas num modelo virtual, podendo estas incluir máquinas, produtos e / ou a componente humana. Estas simulações podem ser realizadas em 2D e 3D e são criadas com o intuito de análise de simulação de tempos de ciclo, consumo de energia ou aspetos ergonómicos (Ferreira et al., 2012).

O uso destas simulações nos processos de fabrico tem um forte impacto no que diz respeito à tomada de decisão em diversos campos de atuação podendo, não apenas reduzir os tempos de inatividade, como alterá-los, como também apresentar um forte impacto na redução de falhas de produção no seu processo inicial (Russmann et al., 2015).

Num mundo cada vez mais competitivo a simulação tornou-se numa metodologia de prevenção e resolução de problemas indispensável para todos os que visam antecipar e solucionar problemas, assim como otimizar os seus processos (Simons et al., 2017).

### **3.3.6 Realidade Aumentada**

O conceito de Realidade Aumentada ou *Augmented Reality* (AR) consiste na visualização do mundo real através de um dispositivo, que, através da utilização de sensores de movimento como giroscópio e acelerómetro e integrando elementos ou informações virtuais, permite sobrepor elementos virtuais à nossa visão da realidade (Billinghurst et al., 2014).

A interação do mundo digital com o mundo real é capaz de criar tutorias dentro da indústria 4.0 e facilitar o processo de produção e manutenção, suportando uma variedade de serviços, como a seleção de peças de um armazém ou até mesmo, enviar instruções de reparação para dispositivos móveis. As operações podem usar a realidade aumentada para fornecer ao trabalhador informações em tempo real de forma a melhorar a tomada de decisão e os procedimentos de trabalho (Russmann et al., 2015).

### **3.3.7 Robots**

Os *robots* desempenham um papel cada vez mais importante na indústria moderna quer pela eficiência e flexibilidade, quer pelo aumento de qualidade na produção industrial. Nesse sentido, desde 2004 que o número de robots polivalentes desenvolvidos por intervenientes na Indústria 4.0 quase duplicou (Kamarul Bahrin et al., 2016).

A produção autónoma assegurada pelos *robots* é essencial na concepção do conceito I4.0, uma vez que permite completar tarefas de forma autónoma e inteligente com foco na segurança, flexibilidade, versatilidade e colaboração (Kamble et al., 2018). Esta utilização está a ser alargada na tentativa de albergar diferentes funções e, munido de outras ferramentas, permitir, através dos sensores e controladores, obter informação em tempo real, através do controlo remoto,

relativamente ao *robot*. Desta forma será possível, por exemplo, evitar casos de sobreprodução e/ou erros / defeitos ao nível da produção e/ou da logística (Javaid et al., 2021).

À luz da Indústria 4.0, pretende-se, não uma substituição do homem pelo *robot*, mas sim que os *robots* e humanos trabalhem de mão dadas em tarefas de interligação utilizando interfaces homem-máquina com sensores inteligentes (Kamarul Bahrin et al., 2016). Assim o *robot* assume um papel determinante nas tarefas perigosas, repetitivas e de alta precisão e fica incumbido aos humanos as atividades que estão dependentes de criatividade, tomada de decisão e habilidades interpessoais.

### **3.3.8 Cloud – Nuvem**

A *Cloud* ou *Cloud Computing* é uma tecnologia de alta performance a baixo custo que tem como principal objetivo armazenar toda a informação da fábrica 4.0, como por exemplo, os controlos dos *robots*, sensores, câmaras, sondas de temperatura, entre outros (Zheng et al., 2014) de forma a que esta esteja disponível sem necessidade de presença física.

Assim, através da virtualização dos servidores, permite o acesso a um vasto banco de dados e suporte em qualquer local. Com isto, é possível uma integração entre sistemas de locais remotos e possibilita que a sua gestão e suporte possa ser realizada a nível global (Zheng et al., 2014) por qualquer utilizador autorizado.

O trabalho em nuvem funciona numa rede virtual na qual os fornecedores e os clientes podem aceder aos recursos de fabrico e aos seus serviços (*design*, simulação e teste de produtos), tendo como objetivo partilhar os recursos disponíveis e melhorar a prestação de serviços de fabrico (Liu et al., 2017).

É assim mais uma ferramenta que está a derrubar fronteiras entre o mundo digital e o físico reforçando a ideia de que a tecnologia aliada a fatores sociais e culturais estão a remodelar os hábitos de trabalho tornando-os mais flexíveis no sentido de “em qualquer lugar, a qualquer momento” (Culot et al., 2019)

### **3.3.9 Segurança da Informação**

A tendência de tudo o que nos envolve se tornar inteligente não vai parar e para isso é necessário que se concebam sistemas inovadores centrados nas suas implicações de segurança (T. Pereira et al., 2017).

Nesse sentido, o foco da segurança da informação passou, nos últimos anos, pela defesa dos perímetros organizacionais, nomeadamente proteger o acesso não autorizado às redes de informática privada. A abordagem dominante consistia em colocar salvaguardas, como o caso de *firewalls*, sistemas de deteção de intrusos, proteções contra *malwares* de forma a proteger dos *hackers* (Culot et al., 2019). Dado esta abordagem se tornar, por si só, cada vez mais obsoleta, surge o conceito de segurança de informação associado à Indústria 4.0.

Dada a constante evolução, a importância das questões de segurança informática cresceu substancialmente no processo de digitalização (Fernandez de Arroyabe et al., 2023).

A integração de *robots* industriais na IoT, a utilização do trabalho em nuvem e a implantação de dispositivos inteligentes apresentam vulnerabilidades suscetíveis a diversas formas de ataques. Esses ataques podem incluir adulterações capazes de distorcer endereços de dispositivos ou ataques de negação de serviço que interrompem conexões sem fio (Clim, 2019) (Humayun, 2021).

Com o aumento da conectividade interna e entre empresas e o uso de protocolos de comunicação padrão que acompanham a Indústria 4.0, a necessidade de proteger sistemas industriais críticos e linhas de produção contra ameaças à segurança cibernética aumenta dramaticamente. Como resultado, comunicações seguras e confiáveis, bem como autenticações sofisticadas de identidade e acesso de máquinas e utilizadores são essenciais (Russmann et al., 2015).

Assim, de acordo com Culot et al., (2019) o conceito de segurança de informação consiste na definição de estratégia chave para a conservação do valor da informação, uma vez que os sistemas organizacionais interligados aumentam significativamente a exposição a inúmeros riscos de segurança, com impactos críticos, principalmente a nível operacional e financeiro. (T. Pereira et al., 2017)

### **3.4 Indústria 4.0 aplicada em diferentes setores de atividade**

Como foi possível verificar através dos tópicos anteriores, o estudo do conceito de indústria 4.0 não está muito presente no que respeita ao setor corticeiro. Desta forma, considerou-se relevante perceber o impacto da temática, assim como das suas ações, noutros setores e daí retirar termos de comparação e aprendizagens que possam ser adotadas para uma mais correta implementação destas ferramentas no setor corticeiro.

Em 2016 a PWC (2016) publicou um estudo intitulado por *Industry 4.0: Building the digital Enterprise* no qual reuniu um universo de empresas de diferentes setores de atividade, nomeadamente do setor Aeroespacial, Defesa e Segurança, Setor Automóvel, Químico, Eletrónico, Engenharia e Construção, Floresta, Papel e Embalagem, Metais, e Transportes e Logística, em torno da temática I4.0 com o intuito de explorar os benefícios provenientes da digitalização.

Estas empresas, conscientes de que a falta de capacitação e cultura digital é o maior desafio que enfrentam, com a adoção de ferramentas I4.0, esperavam reduzir os seus custos, em média, em 3,6% (perfazendo um total de 421 US\$bn no total de todas as envolvidas no estudo) nos 5 anos seguintes.

Por forma a atingir estes números, o mesmo estudo, apesar de ter cerca de 8 anos, destaca que dada a importância da digitalização e a iliteracia digital associada, este processo deverá ser construído *step-by-step*.

Por conseguinte, deve-se iniciar o processo mapeando a estratégia 4.0, criar projetos piloto, definir as capacidades necessárias, desenvolver as capacidades de análise de dados, transformar-se numa empresa digital e, por último, planear ativamente produtos e/ou serviços completos para os seus clientes.

Assim, através da adoção dos pilares 4.0 conseguem adquirir vantagem na sua relação com o cliente, nomeadamente na sua retenção e crescimento conjunto, na medida em que existe uma maior envolvimento entre produtor e cliente, por exemplo no aumento de capacidade de resposta (quer em flexibilidade, quer em oscilações de procura).

Referido também é o facto de que esta adoção, apesar de se tocar em vários pontos, terá de ser entendida de forma individual de acordo com o cada negócio, isto é, adaptada à realidade de cada setor/empresa e respetivos clientes/fornecedores, dado só assim ser possível retirar o maior proveito das potencialidades a ela associada.

Outro estudo considerado relevante para análise foi o da Deloitte (2019) intitulado por *Industry 4.0: At the intersection of readiness and responsibility* que visa reforçar que a indústria 4.0 traz a promessa de uma nova era de globalização e que apesar de muitas empresas a estarem a implementar com sucesso, muitos dos executivos seniores estão menos preparados do que pensam.

Contudo, o estudo refere que para a implementação ser bem-sucedida, terão de ser estabelecidas prioridades de investimento. As empresas alvo do estudo destacam o treino e desenvolvimento da força de trabalho como aspetos fundamentais, seguindo-se lucrar e contribuir positivamente para a sociedade e perceber que *skills* necessitam de ser desenvolvidas.

Ainda de acordo com o mesmo estudo, das ferramentas associadas à I4.0, as que se concluem ter mais sucesso/sejam mais utilizadas é a *IoT*, seguida da Inteligência Artificial, a tecnologia de armazenamento *Cloud* e a *Big Data*. Apesar destes pilares serem os mais impactantes, não apresentam a mesma relevância em diferentes regiões. A Região EMEA (*Europe, the Middle East and Africa*) liderará no que concerne à utilização de todas as ferramentas, seguindo-se a AMER (*North, Central and South America*) por último a APAC (*Asia and Pacific*) que necessitará de mais investimento (capital e humano) para conseguir atingir os valores das outras regiões.

Por último, também de uma forma generalista, Raj et al., (2020) compilam várias barreiras à implementação da I4.0, sendo elas o alto investimento na implementação, a falta de clareza no retorno dos benefícios económicos, os desafios na integração da cadeia de valor, os riscos de segurança, o baixo nível de maturidade tecnológica, as desigualdades, disrupção dos empregos existentes, falta de *standards*, regulamentos e formas de certificação, falta de infraestruturas, falta de competências digitais, desafios para garantir a qualidade nos dados, falta de conhecimento da cultura digital interna e treino, resistência à mudança, gestão de mudança ineficaz e por último a falta de uma estratégia digital aliada à escassez de recursos.

Além dos artigos supramencionados, que abordam a temática de uma forma mais generalista, foram considerados para análise alguns em áreas de atividades mais específicas.

Reinhardt et al., (2020) demonstram, através da sua pesquisa realizada na Irlanda, as perspetivas das indústrias farmacêutica e bio farmacêutico em relação à adoção do 4.0.

Neste estudo é referido que, dadas as diferentes opções disponíveis, as empresas devem contextualizar e priorizar as suas opções e que num total de 179 respostas a otimização de processo, a monitorização da performance, trabalhar em conformidade e a diminuição do tempo de inatividade, destacam-se reunindo, conjuntamente cerca de 50% das ações que consideram mais relevantes com o foco 4.0. De um total de 263 respostas, *Reventive*

*maintenance, Cloud data storage, Manufacturing execution systems, Process analytical technology* e *Continuous flow manufacturing* apresentam-se como o top 5 de projetos a adotar.

Relativamente, ao setor automóvel Bhatia & Kumar, (2022) apresentam um estudo realizado na Índia que tem como principal objetivo a análise dos fatores críticos de sucesso para a implementação das tecnologias da Indústria 4.0.

O estudo concluiu que os fatores críticos para o sucesso são a liderança, as infraestruturas da tecnologia de informação, os aspetos financeiros, o suporte externo, a organização dos dados / informação, o trabalho em equipa, o envolvimento das pessoas, a integração estratégica e, por último, os aspetos legais.

Todos estes fatores são indissociáveis, uma vez que se vê repercutido na organização todos os resultados da implementação, condicionados pelos aspetos legais, o trabalho em equipa, as infraestruturas tecnológicas, diretamente relacionadas com o desempenho operacional, desempenho económico e do produto.

A adoção destes pilares traduz-se em benefícios, uma vez que os alvos do estudo consideram que vão diminuir os efeitos negativos associados ao trabalho, tornando-os mais fáceis e interessantes, isto porque, por exemplo, as atividades rotineiras passarão a ser automáticas e esse tempo poderá ser aplicado a tomar melhores decisões que criem valor para a empresas, para os trabalhadores e consequentemente os clientes.

### **3.5 Desafios da Implementação da Indústria 4.0**

Na atual economia, a gestão eficaz do risco é uma componente crítica de qualquer estratégia de gestão vencedora.

Um princípio fundamental desta gestão é a medição do desempenho, uma vez que através desta é possível identificar as lacunas existentes entre o desempenho atual e o desejado e, além disso, fornece uma indicação do progresso no sentido de colmatar as lacunas. Assim sendo, é importante definir Indicadores de Desempenho, também conhecido por *Key Performance Indicator* (KPI). Após uma cuidada seleção destes é possível identificar precisamente as áreas nas quais é necessário tomar medidas para melhorar a *performance* (Tupa et al., 2017).

Neste sentido, a implementação de ferramentas 4.0 traz consigo uma série de desafios que as organizações precisam de estar conscientes de que necessitam de enfrentar, uma vez que com o aumento da digitalização nos sistemas de produção, a cadeia de valor está, a cada instante, sujeita a alterações, desde o momento e formato de aquisição de matérias primas até ao seu uso final e, respetiva recuperação/transformação (Deloitte, 2018).

Muitos dos pilares que estão na base da i4.0 já são utilizados na indústria, contudo funcionam atualmente como células isoladas sendo o grande desafio integra-los totalmente como um único fluxo de produção automatizado e otimizado (Russmann et al., 2015).

Os sistemas produtivos do futuro requerem ainda muita investigação, uma vez que os problemas relacionados com a incompatibilidade das interfaces de comunicação e a segurança na transmissão dos dados, são ainda uma grande contrariedade para alavancar o desenvolvimento



colaborativo entre os diferentes prestadores de serviços. No entanto, são várias as entidades envolvidas em torno do desenvolvimento de soluções tecnológicas capazes de atenuar esses obstáculos e cooperar para o objetivo comum da Indústria 4.0 (Santos & Alberto, 2018).

De acordo com Smit et al. (2016), quando o assunto é incluir a I4.0 na estratégia de negócios, a segurança e a proteção digital, a padronização das interfaces de comunicação, os processos e a organização do trabalho, a disponibilidade de capacidade cognitiva e a inserção das PME's aparecem como as maiores preocupações. Santos & Alberto (2018) apresenta um visão semelhante, destacando que a receptividade empresarial surge concentrada em cinco tópicos, sendo eles, a segurança e proteção digital, a padronização, a organização do trabalho, a capacidade cognitiva e as PME's.

**Segurança e Proteção Digital:** Uma vez que são cada vez mais os dispositivos “inteligentes” conectados em rede, o risco relacionado com a segurança dos dados, inevitavelmente, também aumenta. Com a I4.0, na qual a comunicação autônoma entre dispositivos impera, devem ser estabelecidos procedimentos que assegurem um nível de segurança adequado aos risco que este representa e à natureza dos dados a serem protegidos (Santos & Alberto, 2018), (Bajic et al., 2021), caso contrário os esforços empenhados poderão facilmente ser revertidos.

**Padronização:** Este conceito é um dos desafios mais importantes na implementação da ideologia I4.0. Para garantir a comunicação dos sistemas e alcançar todo o seu potencial, é fundamental a adoção de uma ferramenta que forneça uma descrição técnica de normas e possibilite a comunicação eficaz entre todos os utilizadores e processos, integrando a produção, sistemas e partes interessadas da gestão (Khan & Turowski, 2016).

Na última década, a introdução da IoT nos sistemas produtivos tem contribuído para a elevação da quantidade, heterogeneidade e velocidade dos dados gerados no nível de produção (Khan & Turowski, 2016), sendo assim possível intervir positivamente, mediante reconhecimento e análise de comportamentos *standard*.

**Organização do trabalho:** Produzir num ambiente 4.0 exige mudanças no que toca à organização do trabalho. Por esse motivo, o ambiente de produção deve ser adaptado ao nível dos processos de forma a suportar a flexibilidade necessária para fornecer produtos mais personalizados com custos reduzidos.

Para se tornarem mais competitivas, as organizações devem fomentar a criatividade e habilidade dos trabalhadores, atribuindo às máquinas a realização de tarefas monótonas e repetitivas ou de difícil ergonomia e, assim, aproveitar as mais valias de cada colaborador para tarefas de valor acrescentado (Tay et al., 2019).

**Capacidade Cognitiva:** O colaborador é visto como um dos maiores desafios na implementação da I4.0, uma vez que para avançar com estas ferramentas, as capacidades digitais assumem especial relevância (PWC, 2016).

Fruto do avanço tecnológico, os cenários de produção terão cada vez mais implicações na forma como se trabalha. Os colaboradores serão abrangidos por uma complexidade cada vez maior nas

suas tarefas cotidianas, e dessa forma é necessário elevada flexibilidade e uma demonstração de adaptação capaz a ambientes de trabalho muito dinâmicos (Russmann et al., 2015).

Estas alterações são o resultado do aumento da complexidade dos sistemas tecnológicos que vão promover cada vez mais oportunidades para profissionais tecnicamente qualificados por forma a dar resposta às especificidades e exigências que respeitam à fábrica 4.0 (Kagermann et al., 2013).

**PME's:** A atividade de produção fornece cerca de 20% da totalidade dos postos de trabalho das indústrias na União Europeia, em grande parte dominado pelas PME's. Assim sendo, existe uma necessidade identificada de facilitar a transição das PME's para o paradigma da I4.0, de forma a aumentar a sua integração em cadeias de valor digitais, promovendo adoção de serviços digitais especializados (Wadhwa, 2012).

Neste seguimento, a digitalização das PME's tem como objetivo permitir aos parceiros ao longo da cadeia de abastecimento melhorar produtos e / ou serviços, reduzir custos, gerir as operações de forma mais eficiente graças à monitorização do desempenho da produção, melhorar a concorrência através do acesso a dados e informações úteis e capacitar-se por forma a responder assertivamente às necessidades do mercado (Smit et al., 2016).

Deste modo, é necessário sensibilizar as PME's para as oportunidades oferecidas pelo paradigma da I4.0 e sobre o inequívoco valor acrescentado que essa cooperação pode oferecer em condições dinâmicas e em ambientes de complexidade crescente (Santos & Alberto, 2018).

Inerente a qualquer mudança, são inúmeros os desafios associados e a I4.0 não é diferente. Estes podem ter origem em fatores internos, como restrições financeiras, lacunas de conhecimento ou resistência interna, ou podem ser influenciadas por fatores externos, incluindo a incerteza e a falta de quadros regulamentares (Arroyabe et al., 2024).

Por este motivo, será necessário por parte das empresas analisar e delinear criteriosamente o que pretendem e nesse seguimento alocar recursos e adotar ferramentas para que se possam sentar num lugar de destaque no setor que operam e não ficar "ultrapassadas".

Por vezes, a necessidade de investimento avultados poderá impedir a adoção de algumas ferramentas, mas como grandes investimentos não é sinónimo de grandes resultados, por mais pequena a seja a melhoria, os ganhos provenientes poderão ser enormes para todos os intervenientes.

### **3.6 Oportunidades da Implementação da Indústria 4.0**

Apesar do caminho percorrido, a aplicabilidade do conceito de Indústria 4.0 ainda se encontra, em muitos casos, em fase embrionária. Desta forma é esperado que esta possa ter impacto na gestão e empregabilidade futura, permitindo a criação de novos modelos de negócios, que terão um grande efeito na indústria e nos mercados, afetando todo o ciclo de vida do produto, proporcionando uma nova forma de produzir e fazer negócios, culminando com a melhoria de processos e aumento da competitividade das empresas (A. C. Pereira & Romero, 2017).

De olhos postos na evolução tecnológica, esta já conduziu a mudanças significativas na forma como as organizações operam diariamente, criando uma pressão sem precedentes no sentido da eficiência e desempenho (T. Pereira et al., 2017).

A integração de produtos inteligentes com a produção, logística e redes inteligentes e a *Internet of Things* resulta na transformação das cadeias de valor atuais e no aparecimento de novos e inovadores modelos de negócio, fazendo da fábrica inteligente o elemento chave das futuras infraestruturas inteligentes, da qual resultam vários benefícios e lucros (Mohamed, 2018) (Nunes et al., 2017).

A Realidade Aumentada juntamente com a Simulação Virtual proporciona uma compreensão completa das características e benefícios de determinado produto, facilitando assim, a exploração interativa de todas as funcionalidades do produto entre todas as partes interessadas (Mohamed, 2018). Os produtos tornando-se mais configuráveis, promovem a personalização a fim de satisfazer as necessidades específicas de cada cliente (Nunes et al., 2017). Desta forma, as empresas têm a possibilidade de competir não apenas pelo preço, mas também pela capacidade de customização.

Uma das questões chave da Indústria 4.0 é o crescente valor e a importância dos dados. As empresas necessitam de pensar nos dados como uma matéria-prima indispensável à sua atividade produtiva (Mohamed, 2018).

Por este motivo, os conceitos da I4.0 são propostos para permitir que as empresas tenham um processo de fabrico flexível para analisar grandes quantidades de dados em tempo real, ajudando assim, a melhorar a tomada de decisões estratégicas e operacionais (Dalenogare et al., 2018).

Com o aumento da digitalização sem precedentes, sabendo das vulnerabilidades da maioria dos *softwares*, os *hackers* vêem a oportunidade para perturbar toda a cadeia de produção e daí retirar dividendos ou simplesmente provocar danos muito provavelmente, irreversíveis.

São múltiplos os casos recentes de ataques informáticos e estravio de informação e neste contexto, a segurança da informação começa a ser olhada com especial relevância na medida em que as organizações se consciencializam, aos poucos, do real valor e pertinência da informação que mantém em sua posse. Atentos a esta problemática, as empresas necessitam de fazer uma consciencializada gestão de risco, com o objetivo de minimizar os custos relacionados com a incerteza e assegurar a continuidade das operações (Culot et al., 2019).

Com o avançar da implementação das ferramentas 4.0 as oportunidades de empregabilidade e as competências/habilidades necessárias até então sofrerão alterações, tendo um papel relevante a educação e a formação para combater o que é conhecido como desemprego tecnológico. Com isto deverá existir o esforço para redefinir os empregos atuais e tomar medidas para adaptar e capacitar a mão-de-obra para os novos empregos criados (Nunes et al., 2017).

Resumindo, a Indústria 4.0 está a proporcionar uma nova forma de fazer negócios e uma nova fonte de criação de valor da qual poderão ser retirados inúmeros benefícios para todos os

intervenientes da cadeia de valor. Através de uma meta bem definida, assim como com todos os intervenientes alinhados e envolvidos, a redução dos custos de mão-de-obra, a simplificação dos processos empresariais, aumento da qualidade do produto e a diminuição da taxa de erros, assim como diminuição das imprecisões de inventário, bem como uma maior transparência e integração dos processos logísticos (Mohamed, 2018), serão sinónimos de ganhos reais para o quotidiano da organização.

### 3.7 Portugal e a Indústria 4.0

De forma a dotar a indústria portuguesa com ferramentas 4.0, através do apoio COMPETE2020 surge o projeto “Plataforma Portugal I4.0”. Esta iniciativa ergueu-se com o intuito de “qualificar as PME’s nacionais para vencer os desafios do paradigma da Indústria 4.0”, identificando e limando as suas lacunas através da adoção de conceitos e tecnologias associadas à 4ª revolução industrial (Pinto, 2019).

Também o Ministério da Economia e da Transição Digital, com a ideia principal de Generalizar, Capacitar e Assimilar, pretende gerar condições favoráveis ao desenvolvimento da indústria e serviços nacionais no novo paradigma da Economia Digital (IAPMEI, 2020b).

Assim, integrada na Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia foram estabelecidas um conjunto de medidas que assentam em três eixos de ação (IAPMEI, 2020a):

1. Acelerar a adoção da i4.0 pelo tecido empresarial português, através do programa Capacitar i4.0.
2. Promover os fornecedores tecnológicos portugueses como *players* i4.0, criando um contexto favorável ao desenvolvimento de *startups* i4.0 que possam apresentar projetos com impacto na digitalização da economia.
3. Tornar Portugal um pólo atrativo para o investimento em i4.0, evidenciando-se como um país referência enquanto HUB de partilha de experiências e *know-how* para atração de recursos, criando condições favoráveis (legais e fiscais) para o investimento direcionado à Indústria 4.0 com projetos a nível mundial.

Desta forma é possível perceber que existem esforços por parte da política nacional e europeia para que as empresas adotem os pilares da indústria 4.0 e assim, conseqüentemente, se possam tornar, a cada passo, mais competitivas no seu setor de atividade a nível mundial.

## 4 Problema de Investigação

Fruto da crescente concorrência entre as empresas, para que estas possam prosperar, é necessário que os gestores encontrem formas de se destacar face à concorrência. Com a introdução dos conceitos da indústria 4.0, resultante da fusão de métodos de produção com os mais recentes desenvolvimentos na tecnologia da informação e comunicação, surge o mote para o destaque no contexto no qual as organizações se inserem.

Contudo, por múltiplas razões, sejam elas de cariz monetário, maior ou menor aversão ao risco, dimensão da empresa e/ou intervenientes diretos ou indiretos no processo, nem todas as empresas se encontram no mesmo patamar no que respeita ao conhecimento, aplicabilidade e potencialidades da 4ª revolução industrial.

### 4.1 Objetivos de investigação

Por forma a responder à necessidade de investigação suprarreferida, existiu a necessidade de criação de objetivos de modo a ter uma meta a atingir, isto porque, segundo Freixo (2018), o objetivo constitui um enunciado declarativo que precisa as variáveis-chave, a população alvo e a orientação da investigação, indicando, conseqüentemente, o que o investigador tem intenção de fazer no decurso do estudo.

Assim, de maneira a compreender qual o estado de implementação e quais as determinantes influenciadoras da introdução (ou não) dos conceitos/ferramentas de indústria 4.0, foram estabelecidos como objetivos:

1. Perceber qual o conhecimento geral sobre os conceitos 4.0;
2. Perceber quais as ferramentas adotadas / estado de implementação;
3. Perceber quais os desafios à implementação;
4. Perceber a atualidade *versus* Perspetivas futuras;

Com o primeiro objetivo foi pretendido perceber como se encontrava a familiaridade da empresa, assim como dos entrevistados relativamente à temática na sua área de atuação. De seguida pretende-se compreender quais as ferramentas que foram adotadas pelas organizações, quais os motivos para as adotar e quais as ferramentas mais valorizadas e qual o estado de implementação dessas ferramentas.

Com o terceiro objetivo propunha-se perceber como são idealizados os processos de implementação das ferramentas 4.0 de forma a ultrapassar potenciais dificuldades resultantes do processo. Por último, espera-se perceber quais as melhorias sentidas provenientes da adoção dos conceitos, o que ainda esperam implementar e o que perspetivam ser necessário para o crescimento e desenvolvimento do setor.

## 4.2 Questões de investigação

De acordo com Fortin (1999), a questão de investigação prende-se com uma interrogação que o investigador se depara com o intuito de obter novas informações acerca da problemática em estudo ajudando-o a clarificar quais os conceitos importantes a estudar.

Desta forma, identificando como questões de investigação a necessidade de perceção de qual o conhecimento existente sobre a temática, quais as ferramentas adotadas e o seu impacto, quais os desafios/barreiras, assim como o presente e uma perspetiva sobre quais os desafios futuros no setor corticeiro português foram elaborados dois modelos diferentes de entrevistas semiestruturadas com pontos de interesse comuns, direcionados para as duas empresas que serão apresentados no tópico 5.9.

Neste âmbito, surge, primeiramente, a entrevista a EGITRON numa vertente de complementaridade e enriquecimento do estudo, com o intuito de, através da sua voz, ter maior conhecimento sobre as diferentes empresas corticeiras, desde o expoente máximo (e seu parceiro) CORTICEIRA AMORIM, às empresas de pequena e média dimensão com as quais também mantém ligação diária.

Por outro lado, o espectro do grupo AMORIM, número um mundial no setor corticeiro. Este, ao longo dos anos, de maneira a se manter na vanguarda do setor, tem caminhado para se tornar uma empresa consolidada no que respeita à envolvente 4.0 fruto do investimento realizado em investigação e desenvolvimento.

Com base em ambas as perspetivas, com pontos comuns e complementares, a EGITRON apresentar-se-á com uma visão macro da envolvente corticeira, uma vez que presta serviços, diariamente, a diferentes empresas com contextos industriais completamente distintos, e a AMORIM com o parecer da sua vasta experiência e realidade quotidiana que a eleva a ser considerada um *player* distinto no setor.

## 5 Metodologia

A metodologia, segundo Freixo (2018), consiste num conjunto de métodos e de técnicas que orientam a elaboração do processo de investigação científica. Assim, esta secção pretende dar a conhecer a metodologia utilizada na realização desta dissertação.

### 5.1 Metodologia de pesquisa

De forma a esclarecer a metodologia de pesquisa utilizada considera-se pertinente, primeiramente, distingui-la do ponto de vista da sua natureza que, segundo Creswell & Creswell (2018) pode-se classificar como sendo de natureza quantitativa ou de natureza qualitativa.

De acordo com Nascimento et al. (2021) a investigação quantitativa é definida como investigação social que emprega métodos e declarações empíricas expressas em termos numéricos. O mesmo autor prossegue afirmando que uma declaração empírica é definida como uma declaração descritiva sobre o que é o caso no mundo real e não sobre o que deveria ser o caso. Com base na observação de factos objetivos, acontecimentos e fenómenos, independentes do investigador, esta traduz-se em dados quantificáveis (Freixo, 2018).

Para definir o mesmo conceito, Mussi et al. (2019) indica que o investigador, com enfoque em indicadores numéricos, está alicerçado por um universo de objetos mensuráveis comparáveis entre si. Para analisar estes indicadores, utilizam-se, maioritariamente, técnicas matemáticas, nomeadamente, a estatística (P. Ramos et al., 2003).

Segundo Malhotra (2019) a pesquisa qualitativa é baseada em diferentes amostras que visam descrever, interpretar e compreender o contexto do problema. Contrariamente à pesquisa anterior, esta não apresenta relação com indicadores numéricos, mas sim a interpretação dos elementos em estudo, como por exemplo, o grau de satisfação, o género ou a cor da pele.

De forma resumida, a pesquisa quantitativa distingue-se da pesquisa qualitativa pelo facto de a primeira ser passível de ser medida em escala numérica (Rosental et al., 2002) enquanto a qualitativa não emprega um instrumental estatístico como base na análise de um problema, não pretendendo medir ou numerar categorias (Richardson et al., 1999).

Tendo em mente estas duas metodologias, considera-se que a que mais se adequa ao trabalho é a análise qualitativa, uma vez que a análise não se centrou em elementos possíveis de quantificar, mas sim na reunião/compilação de informação existente, isto é, a agregação de dados secundários, na sua maioria numa vertente textual que, com o objetivo definido, irá culminar com a elaboração de duas entrevistas às quais se seguirá uma descrição os resultados obtidos.

### 5.2 Tipos de pesquisa

De acordo com Yin (2003) podem ser considerados três tipos de pesquisa, sendo elas a descritiva, explicativa e exploratória.

A pesquisa descritiva tem como principal objetivo reunir informação com vista a descrever as características de determinada população ou acontecimento. Uma das características mais significativas consiste na utilização de técnicas padronizadas para a recolha de dados que culminam na identificação de relações entre as variáveis, torna-se assim próxima da pesquisa exploratória (A. C. Gil, 2002).

Enquanto a pesquisa descritiva detalha a situação atual, a explicativa procura teorizar a razão de determinado acontecimento, fenómeno ou comportamento. Desta forma, este tipo de pesquisa procura aprofundar o conhecimento da realidade, tornando-se assim um método mais complexo e delicado dado que o risco de cometer erros aumenta consideravelmente (A. C. Gil, 2002).

A pesquisa exploratória é uma tipologia de pesquisa que pretende conferir ao pesquisador um nível de compreensão mais profundo sobre o problema, confrontando-o com as hipóteses a considerar. O seu propósito é de reunir o máximo de informação de forma que o pesquisador possa apreender a real dimensão e profundidade do problema (Yin, 2003). De acordo com Selltiz et al. (1975) para realizar uma pesquisa exploratória consideram-se utilizam-se 3 passos, sendo eles, primeiramente o levantamento bibliográfico, seguidos de entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e por último a análise de exemplos que “estimulem a compreensão”.

Desta forma, recorreu-se a um misto de exploratório e descritivo para elaboração do trabalho.

### **5.3 Tipos de informação**

Os avanços tecnológicos levaram a que uma grande quantidade de informação fosse recolhida, compilada e arquivada e que estivesse facilmente acessível para investigação e análise (Johnston, 2014). Segundo, Hox & Boeije (2005), para uma devida recolha de informação é necessário utilizar diferentes estratégias de pesquisa. Assim sendo, o autor defende que existem dois tipos de informação: informação primária e informação secundária.

A informação primária consiste em informação original sobre o assunto (informação inexistente selecionada e recolhida com o propósito exclusivo do trabalho), ou seja, quando a informação é expressa pela primeira vez (Gates & Jarboe, 1987). Esta é informação obtida exclusivamente pelo investigador, sendo a mesma produzida originalmente. A informação secundária provém da análise de informação existente que, compilada de forma organizada com um propósito concreto, dá origem a informação pertinente para o desenvolvimento do trabalho (Hox & Boeije, 2005).

Para a elaboração deste relatório serão adotados ambos os tipos de recolha de informação. A recolha de dados primários será feita através das entrevistas à AMORIM e EGITRON e os dados secundários, nomeadamente para a redação da revisão bibliográfica, são provenientes de bases de dados, nomeadamente SCOPUS; ELSEVIER GOOGLE SCHOLAR, assim como de *websites* de instituições e associações representantes da indústria corticeira.



## 5.4 Recolha de dados

Por forma a melhor compreender os benefícios e as dificuldades sentidas no quotidiano das empresas, considerou-se pertinente perceber qual o melhor formato a adotar com vista a retirar o melhor proveito do estudo.

Assim, de acordo com Batista et al., (2021), a recolha de dados pode ser feita através de questionário e/ou entrevistas. Uma vez considerado pertinente o contacto com os intervenientes e de procurar saber mais sobre a temática em estudo por forma a tentar “ir além” das perguntas, adotou-se a metodologia de entrevista.

Esta pode-se caracterizar, consoante a sua conceção, em três tipos, sendo elas, estruturadas, semiestruturadas e não estruturadas.

As entrevistas estruturadas consistem em perguntas preparadas (não sofre alterações com o desenrolar da entrevista) que resultam na uniformidade da informação recolhida (facilitando a análise dos dados recolhidos) (Mattos & Goldenberg, 2005).

As entrevistas semiestruturadas consistem em perguntas que podem sofrer alterações com o desenrolar da conversa, não exigem uma ordem fixa e existe flexibilidade na exploração das questões. São bastante úteis para o aprofundamento do tema (Reis, 2017).

Por último, as entrevistas não estruturadas caracterizam-se por serem flexíveis decorrentes do fluir da conversa, dado o entrevistador apenas ter uma lista geral de tópicos e emergirem questões no momento (Mattos & Goldenberg, 2005).

Perante estas diferentes possibilidades, uma vez munido de uma componente teórica robusta, para melhor compreender o impacto I4.0 no seio das organizações corticeiras, considerou-se pertinente adotar um modelo de entrevistas semiestruturadas, uma vez que foi pré-definido um guião, mas “permite liberdade” para que, no desenrolar da entrevista, o assunto possa ser direcionado noutra vertente, nunca descorando o foco da temática.

## 5.5 Estudo de Caso

A abordagem de um estudo de caso é particularmente útil quando há necessidade de obter uma apreciação aprofundada de uma questão, evento ou fenómeno de interesse no seu contexto natural da vida real (Crowe et al., 2011). Yin (2003) reforça a mesma ideia, referindo que os estudos de caso procuram descrever e analisar de modo mais aprofundado e exaustivo o possível.

Os casos de estudo são feitos à medida para explorar novos processos ou comportamentos ou as que são pouco compreendidas (Hartley, 1994). Por conseguinte, a abordagem é particularmente útil para responder a questões sobre como e porquê de um conjunto de eventos (Leonard-Barton, 1990). Além disso, os investigadores argumentaram que certos tipos de informação podem ser difíceis ou mesmo impossíveis de abordar por outros meios que não as abordagens qualitativas, tais como os casos de estudo (Sykes, 1990).

O *case study*, segundo Yin (2003), pode ser de três tipologias diferentes: exploratórios, descritivos ou explanatórios.

Os estudos de casos exploratórios caracterizam-se pela definição das questões ou hipóteses para uma futura investigação, isto é, são o começo para uma subsequente investigação, mas não necessariamente um estudo de caso. Estes estudos são os que apresentam maior reputação e distinguem-se dos descritivos, uma vez que, podem estabelecer hipóteses e proposições relevantes para orientar outros estudos enquanto que os descritivos apresentam uma descrição pormenorizada de um acontecimento inserido no seu contexto (Meirinhos & Osório, 2010).

Por último, os estudos explanatórios procuram informação que permita estabelecer uma ligação de causa-efeito, isto é, procuram uma causa que explique o problema estudado e todas as suas relações causais (Meirinhos & Osório, 2010).

## **5.6 Estudo de Caso Único *versus* Estudo de Caso Múltiplo**

Para melhor compreender qual a tipologia de estudo de caso que mais se adequa ao trabalho, considerou-se pertinente, primeiramente, conhecer as suas características.

Assim, de acordo com Creswell (2007), o método de estudo de caso explora um sistema de limites contemporâneos da vida real (estudo de caso único) ou vários sistemas de limites múltiplos (estudo de caso múltiplo) ao longo do tempo, através da recolha de dados detalhados e aprofundados envolvendo múltiplas fontes de informação e descrevendo os casos estudados.

Segundo Yin (2003), é mais benéfico fazer um estudo de caso único quando se pretende estudar uma pessoa ou um grupo de pessoas. Além disso, quando se utiliza esta tipologia de estudo, é possível explorar relações teóricas antigas e explorar novas.

O estudo de caso único permite um entendimento detalhado sobre o tema em estudo e, além disso, é possível criar uma teoria com melhor qualidade. Por fim, os casos de estudo únicos descrevem de forma detalhada a existência de determinado processo e/ou fenómeno e sua elaboração/análise consome menos tempo comparativamente a um estudo de caso múltiplo (Ozcan et al., 2017).

Por outro lado, os estudos de caso múltiplos podem ser enormemente dispendiosos e demorados de implementar (Baxter & Jack, 2008). Contudo, é frequente esta tipologia de análise quando se confere a necessidade de procurar pelas diferenças (ou semelhanças) de algo. Assim, o contraste e variações existentes no processo em análise (se é que efetivamente existem) tornam-se objeto de investigação. (Stake, 1995).

Assim sendo, é possível afirmar que a principal diferença entre um estudo de caso único e um estudo de caso múltiplo é que no primeiro caso apenas se tem como base um único processo (Yin 2003), enquanto que num estudo de caso múltiplo se encontram em estudo vários casos em simultâneo para entender as possíveis diferenças e/ou similaridades existentes (Baxter & Jack, 2008) (Stake, 1995).

Com base nas características anteriormente mencionadas, considera-se que a adoção do estudo de caso único, com base em entrevistas semiestruturadas permitindo um paralelismo entre a informação encontrada na literatura e os resultados obtidos, é o mais adequado à natureza exploratória do estudo. Esta escolha prende-se pelo facto de o grupo AMORIM representar o expoente do setor, com grande investimento em investigação e desenvolvimento e que consegue, fruto disso, levar o setor a seu “reboque”.

Em virtude da preponderância que apresenta no setor corticeiro mundial, toda a experiência que o grupo possa trespassar, desde que devidamente ajustada às diferentes realidades, poderá ser muito útil para as empresas que a rodeiam ou que almejam um dia ser, nem que seja apenas num ínfimo ponto, o que a AMORIM representa nos dias de hoje.

Por outro lado, a entrevista realizada à EGITRON, líder no desenvolvimento de *software* direcionado para o setor corticeiro, surge com o intuito de compreender em jeito de complementaridade, de forma generalista, a perspetiva de quem tem uma visão global e profunda sobre o setor com o qual se fortaleceu e com base nesse *know-how* desenvolve e inova com vista a tornar o setor cada vez mais competitivo.

## 5.7 Corticeira Amorim

A CORTICEIRA AMORIM (logotipo representativo na Figura 4) foi fundada em 1870 com a primeira unidade industrial de rolhas de cortiça no cais de Gaia (Grupo Américo Amorim, 2011).



Figura 4 – Logótipo Corticeira Amorim  
Fonte: Corticeira Amorim (2023a)

Ao longo dos anos foi aperfeiçoando e inovando o seu trabalho e, além do fabrico das mais variadas tipologias de rolha, dispõe de um portfólio de produtos, objetos e soluções de elevado valor acrescentado, com vista a satisfazer as necessidades dos consumidores, antecipar as tendências do mercado e superar as expectativas de algumas das mais tecnológicas, disruptivas e exigentes atividades do globo (Corticeira Amorim, 2021b). Nesse pressuposto, fruto do longo percurso que foi percorrendo, apresenta-se hoje como o maior grupo de transformação de cortiça do mundo (Grupo Américo Amorim, 2011)

Com mais de 30 000 clientes espalhados pelo globo (Corticeira Amorim, 2023f), são vários os exemplos nos quais a CORTICEIRA AMORIM se vê envolvida, como o caso das indústrias

aeroespacial, automóvel, construção, desporto, energia, design, e vinhos, espumantes e espirituosas, entre muitas outras.

A presença em todos estes setores foi possível, fruto de investimento sem paralelo na investigação & desenvolvimento, na inovação e no *design*, contribuindo como nenhum outro *player* para o negócio, para o mercado, para a economia, para a inovação e para a sustentabilidade de toda a fileira (Corticeira Amorim, 2021b).

Com base, na frase de Américo Amorim, “Nem um só mercado, nem um só cliente, nem uma só divisa, nem um só produto” várias unidades de negócio (UN) foram desenvolvidas. Desta forma podem-se destacar 5 grandes áreas no seio do grupo, sendo elas, AMORIM FLORESTAL, AMORIM CORK, AMORIM CORK FLOORING, AMORIM CORK COMPOSITIES e AMORIM CORK INSULATION (Corticeira Amorim, 2023e).

Começando pela AMORIM FLORESTAL, direcionada para a vertente das matérias-primas, tem como objetivo fazer o *procurement*, *sourcing* compra, *stockagem* e preparação da matéria-prima cortiça, com vista a fornecer as restantes unidades de negócio da Corticeira Amorim (Corticeira Amorim, 2023d).

Segue-se a AMORIM CORK que se apresenta como o maior produtor, fornecedor e distribuidor de rolhas de cortiça a nível mundial (5,5 mil milhões de rolhas produzidas anualmente). Munida das mais avançadas tecnologias de produção, um controlo de qualidade sem precedentes e um forte *know-how*, garantem uma segurança ímpar no fornecimento de produtos de última geração (Corticeira Amorim, 2023h), fazendo com que esta seja a UN mais representativa no que respeita à faturação no seio da organização (Babo, 2023).

A AMORIM CORK FLOORING, criada com a velha máxima, “nada se perde, tudo se transforma”, assente na ideia de economia circular, é responsável pela vertente revestimentos. No seu segmento é líder de mercado na produção de pavimentos e decorativos de parede de cortiça versáteis, de alta qualidade e com inegáveis credenciais de sustentabilidade (Corticeira Amorim, 2023g).

Na área dos Aglomerados compósitos surge a AMORIM CORK COMPOSITIES incumbida da pesquisa, desenvolvimento e produção de soluções de compósitos de cortiça de alta performance. Aqui surge um portfolio de produtos, aplicações e soluções para algumas das atividades mais tecnológicas, disruptivas e exigentes do globo, como é exemplo a indústria aeroespacial, automóvel, construção, energia, mobilidade, calçado, superfícies desportivas ou design de interiores. À semelhança da CORK FLOORING, esta UN também surge com base no conceito de economia circular, com o intuito de aproveitamento dos desperdícios produzidos pela indústria das rolhas (Corticeira Amorim, 2023b).

Por último, a AMORIM CORK INSULATION direcionada para a vertente Isolamentos, seja ele isolamento acústico, térmico e/ou antivibrático, dedica-se à produção de aglomerados com elevado desempenho técnico e totalmente naturais (Corticeira Amorim, 2023c).

## 5.8 EGITRON

A EGITRON (logotipo atual na Figura 5) é uma empresa portuguesa de engenharia e automação industrial fundada em 1997, proveniente da empresa em nome individual ArteSis datada de 1991. (Egitron, 2023c).



Figura 5 – Logótipo Egitron  
Fonte: Egitron (2023b)

É uma empresa que presta serviços nos 5 continentes, em mais de 40 países, em diferentes setores de atividade, que tem como principal objetivo proporcionar aos seus clientes soluções de excelência para o controlo da qualidade e inspeção dos seus produtos (Egitron, 2023c).

Para isso, conta com uma panóplia de produtos, desde *software* para controlo da qualidade e controlo estatístico de processo, a projetos de automação industrial feitos à medida de cada cliente. Como reconhecimento do excelente trabalho que tem vindo a desenvolver, nomeadamente na área da inovação, a EGITRON foi recentemente galardoada com o Prémio Nacional de Inovação para segmento “Inovação em PME”, e recebeu o estatuto de Inovadora Cotec 2023 (Leandro, 2023a).

Apesar dos diferentes setores em que opera, como são exemplo o setor automóvel, vidro, plástico ou de alimentação e bebidas (Egitron, 2023a), é no setor corticeiro que se apresenta na vanguarda no que respeita ao desenvolvimento de equipamentos e *software* para o controlo da qualidade e inspeção, elevando assim a afirmação da rolha de cortiça como um vedante de excelência e amigo do ambiente (Egitron, 2023c).

Com um percurso percorrido de braço dado com a indústria corticeira desde os seus primórdios, a EGITRON implementou, recentemente, em diversas áreas de negócio da CORTICEIRA AMORIM, a solução EGITRON Cork Control (ECC), integrando o controlo de produto acabado, baseado na matéria-prima cortiça, num único sistema de informação, integrando-o em multiplataformas como ERP, sistemas de *Business Intelligence* e Portal de Cliente (Leandro, 2023b)

## 5.9 Entrevista

Por forma a ver esclarecidas as questões levantadas ao longo do estudo, conforme enunciado na metodologia, foram elaborados dois guiões (um para cada uma das entrevistas semiestruturadas) com vista a explorar os conhecimentos e experiências dos entrevistados, assim como as suas perspetivas sobre a temática e o setor.

A construção dos guiões de entrevista adotados teve fundamento na revisão de literatura efetuada de maneira a, em jeito comparativo com esta, perspetivar, o estado de implementação e quais as determinantes influenciadoras da introdução (ou não) dos conceitos/ferramentas de indústria 4.0.

Desta forma, estes foram divididos em 4 grupos, intitulados por “Conhecimento da indústria 4.0”, “Ferramentas adotadas/estado de implementação”, “Desafios à implementação” e “Atualidade/Perspetivas futuras”

O primeiro grupo foi construído com o intuito de compreender as perspetivas dos entrevistados sobre a temática e a sua aplicação no setor. O segundo grupo visava entender quais as ferramentas maioritariamente adotadas, com mais utilização e o respetivo motivo, assim como os proveitos retirados da utilização das mesmas.

O grupo denominado por “Desafios à implementação” foi pensado com o intuito de assimilar quais as dificuldades sentidas aquando da adoção das ferramentas e de que forma é possível ultrapassar essas barreiras.

Por último, a designação “Atualidade/Perspetivas futuras”, teve como finalidade compreender as melhorias resultantes da implementação, assim como uma perspetiva do que a temática ainda pode acrescentar no seio da empresa.

A entrevista por parte da EGITRON viu-se materializada na pessoa do Diretor de *Software* da empresa e Team leader da EGITRON para a corticeira Amorim, no dia 22-08-2023, com um total de 14 perguntas realizadas. Esta realizada com base na estrutura constante na Tabela 2 e teve uma duração de cerca de 45 minutos.

Tabela 2 – Estrutura da Entrevista EGITRON

Objetivos	Questões
1. Conhecimento indústria 4.0	1. Qual o mote para se especializarem no desenvolvimento de ferramentas i4.0 para a indústria corticeira?
	2. Perceção de como está o setor corticeiro atualmente comparado com outras indústrias?
	3. Perspetivas de inovação / desenvolvimento de novas ferramentas para indústria corticeira?
2. Ferramentas adotadas / Estado implementação	1. Qual(ais) a(s) ferramenta(s) mais valorizada(s)? Quais os motivos para as adotar?
	2. Em que medida a adoção das ferramentas i4.0 tem ganho relevância no contexto das organizações corticeiras? / quais os benefícios retirados?
	3. Diferenças entre as pequenas médias e grandes empresas (número de ferramentas e estado de implementação)
	4. Objetivos/ Taxas de implementação estabelecidas para o setor?
3. Desafios à implementação	1. Como foi/é desenhado e pensado o processo de implementação das ferramentas?
	2. Quais as dificuldades / entraves sentidos? Como foi/é possível ultrapassar essas dificuldades?
	3. Perspetiva <i>versus</i> Realidade - Como é medido o sucesso/insucesso da implementação?
4. Atualidade/Perspetivas futuras	1. Factos/Melhorias resultantes da implementação no seio das empresas?
	2. Expectativa caso não fossem implementadas as ferramentas?
	3. Quais as ferramentas que ainda pretendem implementar? / Melhorar as ferramentas que já tem?
	4. Qual o estado atual da implementação global da indústria?

Esta entrevista teve um grande impacto, uma vez que permitiu retirar conhecimentos mais sólidos sobre o Grupo AMORIM (assim como um espetro da generalidade do setor) e dessa forma assegurar uma maior preparação e segurança para a entrevista seguinte, fruto de *inputs* mais específicos e detalhados.

A entrevista no Grupo AMORIM, ocorreu mais concretamente com a AMORIM CORK, uma vez que é a UN que apresenta maior expressão no seio do grupo e por essa razão, maioritariamente os projetos são iniciados nesta. Mediante as características de cada projeto assim como os reconhecidos benefícios retirados, estas podem ser extrapoladas (se aplicável) para as restantes UN do grupo.

Esta entrevista, com uma duração de sensivelmente 35 minutos, datou de 25-08-2023, via ZOOM, com a responsável pela Transformação Digital do Grupo com um total de 11 perguntas (ver Tabela 3).

Tabela 3 – Estrutura da Entrevista AMORIM

Objetivos	Questões
1. Conhecimento indústria 4.0	1. Qual a motivação para implementação das ferramentas i4.0 na empresa?
	2. Qual o papel da EGITRON no conhecimento/ajuda e implementação de ferramentas I4.0 na empresa?
2. Ferramentas adotadas / Estado implementação	1. Quais as ferramentas adotadas? Quais os motivos para as adotar?
	2. Qual a ferramenta mais valorizada? Motivo?
	3. Em que medida a adoção das ferramentas I4.0 tem ganho relevância no contexto da organização? / Quais os benefícios retirados?
3. Desafios à implementação	1. Como foi/é estruturado (quais as etapas) do processo de implementação dessas ferramentas?
	2. Quais as dificuldades / entraves sentidos? Como foi/é possível ultrapassar essas dificuldades?
	3. Perspetiva <i>versus</i> Realidade - Como foi/é medido o sucesso/insucesso da implementação?
4. Atualidade/Perspetivas futuras	1. Factos/Melhorias resultantes da implementação?
	2. Expectativa caso não fossem implementadas as ferramentas?
	3. Quais as ferramentas que ainda pretendem implementar? / Melhorar as ferramentas que já tem?

Como referido anteriormente, as entrevistas realizadas tiveram fundamento na revisão de literatura efetuada e, conjuntamente com a recolha de informação junto de personalidades com conhecimento profundo sobre a temática em estudo no seio do setor corticeiro permitem que, ao longo da parte dos resultados, estes possam ser comportados com a literatura existente, assim como com os objetivos definidos.

Com as duas entrevistas, foi possível ter a perceção do lado da empresa que cria a necessidade ou que identifica a necessidade e a satisfaz, neste caso a EGITRON e do outro lado, a perspetiva da empresa (AMORIM) que reconhece as mais valias das ferramentas apresentadas e das ferramentas que são criadas exclusivamente para as suas necessidades e as adota por forma a ver saciadas as suas carências.



## 6 Análise de resultados

Com base nas duas entrevistas semiestruturadas que foram realizadas (AMORIM e EGITRON), é possível concluir que as respostas obtidas vão ao encontro do apuramento feito através da realização da revisão bibliográfica.

Dessa forma, os resultados conseguidos surgem no seguimento do posicionamento da EGITRON, que se encontra presente nos vários departamentos de qualidade das UN do grupo AMORIM (como também noutras empresas corticeiras), sendo responsável, sempre de braço dado com a AMORIM, pela correta implementação e adoção de novas ferramentas que se traduzem em mais valias para a indústria.

Com o decorrer das entrevistas, foi notório o reconhecimento mútuo de que as empresas evoluem conjuntamente em virtude do *know-how* que foram adquirindo. Reconhecem, também, por casos de sucesso próprios, a importância da implementação das ferramentas 4.0 em consonância com as características do negócio, para o crescimento e competitividade no mercado.

Apesar de as empresas em entrevista possuírem este reconhecimento e terem em mente a constante evolução, o entrevistado da EGITRON transmite a ideia de que “várias empresas do setor ainda não estão cientes da totalidade das potencialidades destas ferramentas”. Para fomentar a sua ideia, deixa como exemplo que algumas empresas usam o *software* de gestão da qualidade “porque as características do negócio assim o exigem” uma vez que a rolha é considerada um bem alimentar e dessa forma é necessária certificação, não explorando todas as capacidades e vantagens que a evolução lhes está a oferecer.

Apesar de a AMORIM não o referir, por considerar que todos os *players* têm um papel de interesse no setor que operam, a EGITRON reconhece que o seu parceiro se encontra num patamar superior quando comparado com as restantes empresas do setor. Isto é possível graças à capacidade de investimento disponível em paralelo com um pensamento de querer constantemente evoluir, apostar e melhorar os seus processos de forma a se manter na vanguarda da cortiça.

Uma vez posicionada em lugares de topo, as preocupações sobre o controlo dos processos vêm-se acrescidas. Dessa forma, desde o momento da plantação do sobreiro (ou do descortiçamento) como é exemplo a monitorização montado com vista a ter cortiça em quantidade e qualidade, passando pela categorização da cortiça para os diferentes fins e os controlos de qualidade a que está sujeita, até ao momento da saída do produto para cliente final são realizados esforços para que toda a informação criada possa acrescentar valor à organização.

Com isto, torna-se possível ter mais e melhor conhecimento sobre todo o seu processo e reflete o reconhecimento da importância crescente que os dados têm nas suas conscientes tomadas de decisão.

Neste seguimento surge o ECC, *software* desenvolvido pela EGITRON e que é utilizado diariamente nos trabalhos do grupo Amorim. Este *software* foi desenvolvido com o intuito de permitir aprimorar o produto e otimizar os tempos de trabalho dos funcionários. Assim, com a utilização desta ferramenta, a digitalização das especificações da rede de clientes torna-se mais simples, ajudando numa resposta mais eficaz no que respeita ao controlo de qualidade.

Com este *software*, numa lógica de cadeia global, é possível integrar equipamentos de outros fabricantes, alavancando o estreitamento de relações entre cliente e fornecedor.

Dada a dimensão do grupo, assim como os vários *inputs* gerados ao longo da cadeia, uma infinidade de dados é produzida no quotidiano da AMORIM. Desta forma, a integração do SAP, MES e ECC permitiu que haja mais informação disponível via *Cloud* e que essa esteja acessível e tratada de forma centralizada em SAP, sistema incumbido de enviar informações e ser alimentado por outros sistemas externos de forma a compilar a informação num único sistema integrado.

De acordo com a entrevistada, “esta integração traduziu-se em ganhos relevantes para a organização, uma vez que em virtude de mais informação e maior visibilidade sobre a mesma”, de forma mais célere, “é reconhecida uma atuação mais rápida e eficaz na resolução e mitigação de problemas”.

Como concluído no estudo *Industry 4.0: At the intersection of readiness and responsibility* publicado pela Deloitte (2019) como uma das ferramentas de mais sucesso, face à dimensão do grupo AMORIM quer no contexto nacional, quer no contexto internacional, e por forma a albergar a informação constante no sistema integrado, o conceito *Cloud*, à semelhança de diferentes casos encontrados na literatura, torna-se de uso obrigatório.

Este conceito apresenta elevada expressão quer pela facilidade de partilha de informação e possibilidade de acesso em diferentes dispositivos informáticos (computadores portáteis, *tablets*, telemóveis), quer pelo baixo custo que lhe está associado.

Estas características levam a que, conforme descrito pela entrevistada, “num único sistema, possa estar demonstrado e passível de consulta e análise em qualquer dia, em qualquer hora, em qualquer parte do mundo por qualquer utilizador autorizado, a dinâmica em tempo real da empresa e assim atuar de forma preventiva, ou de resolução e mitigação de problemas de forma mais rápida e eficaz”.

Além das vantagens reconhecidas na literatura (Zheng et al., (2014)), e como reconhecido pelo entrevistado na EGITRON, esta integração entre sistemas possibilita que a sua gestão e suporte possa ser realizada a nível global a partir de um único ponto.

Uma vez que a informática apresenta uma relevância sem igual na envolvente diária das organizações e conscientes do valor da informação que têm em sua posse, a sua salvaguarda representa também uma elevada preocupação para o grupo, assim como para a empresa que fornece os produtos.

Por este motivo, de forma a minimizar a exposição ao risco e consequentemente conseguir reduzir a possibilidade de ataques informáticos e inerente perda de dados bastante valiosos para a tomada de decisão, os procedimentos de desenvolvimento de soluções de *software* por parte da EGITRON têm de cumprir requisitos específicos, de modo que, em caso de penetração por parte de piratas informáticos, as informações sejam mais difíceis de aceder.

Conscientes desta problemática, os entrevistados reconhecem que “a sensibilização, nomeadamente através de formação, apresenta um papel relevante para todos os utilizadores, de maneira que estes evitem passos em falso que possam colocar em risco todos os envolvidos na operação, sejam eles de dentro ou de fora da organização”, aumentando assim a prevenção.

Numa lógica de melhoria contínua, de forma a prevenir potenciais ataques, ambas as empresas são colocadas à prova com regularidade por entidades externas de consultoria, seja com conhecimento prévio ou não. Desta maneira é possível detetar possíveis vulnerabilidades no sistema, conseguindo assim ter um sistema mais robusto e também identificar e minimizar comportamentos de risco, prevalecendo a garantia de segurança da informação nas organizações.

Dado o número de atividades rotineiras e repetitivas inerentes ao processo de produção, a robotização já está muito presente no setor, tendo o grupo AMORIM linhas totalmente automáticas.

Começando pela brocagem, secagem, retificação, passando pela categorização da rolha. Segue-se a desinfecção, fase muito importante para a erradicação do TCA, (isto é, o composto químico que dá origem ao aroma/gosto a mofo no vinho) e por fim o embalamento.

Esta utilização robotizada permite, como refere a entrevistada do grupo Amorim, que “a produção seja atualmente além de mais precisa, muito mais elevada e com menor desperdício associada, isto é, da mesma peça conseguem-se fazer mais rolhas”.

Contudo, como o mercado procura sempre mais e melhor, a criatividade deve ser sempre estimulada para continuar a singrar num universo cada vez mais competitivo, continuando a ser desenvolvidas e lançadas inovações, estando para breve o lançamento de um novo *robot* desenvolvido pela EGITRON orientado para o controlo de qualidade.

À medida que a robotização vai tomando conta do setor, em conformidade com o expresso por Nunes et al., (2017), os entrevistados reconhecem que os postos de trabalho, inevitavelmente, vêm-se obrigados a sofrer alterações/adaptações, alocando diferentes e, porventura, novas tarefas aos colaboradores identificados.

Neste sentido, as entrevistas convergiram na ideia de que, através da existência de um processo bem delineado por parte das organizações, em que estejam incluídos todos os intervenientes que façam parte da necessidade de integração em diferentes/novas funções, a reticência à sua adoção e o pensamento de que “os *robots* apenas servem retirar postos de trabalho e originar despedimentos” acaba por ficar abolido.

Por este motivo, como identificado na revisão de literatura desenvolvida por Tay et al., em 2019 e expressamente referido por Bhatia & Kumar, (2022), a robotização deverá ser mostrada aos colaboradores como uma evolução natural para o trabalho em conjunto, ficando atribuído às máquinas a realização das tarefas repetitivas, de elevada precisão e perigosas e incumbido ao homem atividades mais interessantes como a tomada de decisão, a criatividade e as habilidades interpessoais.

Conhecedor das diferentes realidades que compõem o setor corticeiro, o entrevistado da EGITRON realça que, em virtude de, por exemplo, os recursos e a capacidade de investimento serem bastante dispare, são várias as empresas que tem poucas ou nenhuma ferramentas em seu poder e que, dadas as características do setor, paira sobre o mesmo um conceito enraizado de contágio “a outra empresa não tem, não preciso de adquirir” ou “a outra empresa tem, vou adquirir” ou “não preciso porque a quem vou vender, tem” tornando mais lento o alavancar das ferramentas 4.0 no setor.

Como referido por Santos & Alberto, (2018), citado também pelo estudo da Deloitte (2019) e percebido pelos entrevistados, é necessário sensibilizar as PME's e os seus gestores para as oportunidades oferecidas pelo paradigma da I4.0 e sobre o inequívoco valor acrescentado que essa cooperação pode oferecer em condições dinâmicas e em ambientes de complexidade crescente.

Com a experiência de implementação de novos processos e procedimentos, assim como recém-adquiridas ferramentas, existe concordância entre os entrevistados que, para ter sucesso na implementação das ferramentas 4.0, é fundamental a correta escolha das pessoas envolvidas, os *timings* necessários e a inerente formação e suporte durante todo o processo de implementação, de forma a ultrapassar as dificuldades e quaisquer contrariedades que vão surgindo.

O entrevistado da EGITRON defende que conseguir transmitir o correto funcionamento das novas ferramentas e a mais-valia que as mesmas podem trazer se forem bem aproveitadas é fundamental para o sucesso da implementação. Na mesma linha de raciocínio, embora maioritariamente como utilizador, por parte da AMORIM surge a contribuição de que apenas com uma excelente condução do projeto se consegue uma melhor e mais rápida adaptação e se elimina o receio de utilização das ferramentas ou a falta de consciencialização geral e consequentemente subaproveitamento de todas as potencialidades disponíveis.

Como já havia sido reconhecido, por exemplo no estudo *Industry 4.0: Building the digital Enterprise* publicado pela PWC (2016), de maneira a tornar a implementação das suas ferramentas mais suave e assertiva, a EGITRON faz-se sempre acompanhar de ROADMAPS. Estes são adaptados à realidade de cada negócio e à estrutura selecionada por parte dos clientes para funcionar como elos (designado por *Key Users*).

Com base na formação por módulos, estes documentos permitem espelhar, de forma faseada, os diferentes passos que devem ser dados para o sucesso da implementação, estando sempre disponíveis para customizar mediante as necessidades de cada cliente, dado o reconhecimento

de que “só assim é possível retirar maiores proveitos das potencialidades das ferramentas que oferecem”.

No caso da AMORIM, em paralelo com o ROADMAP concebido conjuntamente com as empresas externas, é também definido um ROADMAP interno com todas as atividades críticas e identificados os respetivos intervenientes para cada uma, assim como as datas obrigatórias para conclusão, uma vez que “a formação interna por vezes torna-se um desafio”.

Neste seguimento, com base nos conhecimentos transmitidos, os *Key User* de cada setor/tarefa ficam responsáveis por uma fase de formação aos utilizadores finais, assim como um acompanhamento próximo e contínuo.

Esta formação, de acordo com a entrevistada da AMORIM, deve contemplar e realçar “de uma forma clara todas as mais valias das novas tarefas tanto para os formandos, como para a empresa” comparativamente com os procedimentos atuais (se já existiam) na medida que “alguns utilizadores apresentam bastante resistência à utilização das ferramentas até perceberem quais as mais valias desta mudança para o trabalho deles”.

Como todas as ações devem ser medidas, por forma a ser possível concluir se foram ou não bem-sucedidas, ambas as empresas consideram como ponto de partida para o sucesso de implementação se as dúvidas e receios dos utilizadores finais relativos às novas ferramentas foram dissipados e se na data definida para o “arranque”, efetivamente se começou a utilizar a ferramenta em força, apesar de pequenos ajustes que possam ser feitos com o decorrer da utilização com vista a tornar os procedimentos mais céleres.

Na ótica dos entrevistados, assim como referido na revisão de literatura efetuada por Mohamed, (2018), e concluído ao longo deste trabalho, existe o reconhecimento de que a correta implementação das ferramentas, conjuntamente com todos os intervenientes alinhados e focados em extrair todas as potencialidades, se traduz, “sem dúvida”, em dividendos muito positivos para o quotidiano das organizações.

Neste sentido, a AMORIM destaca como ganhos reais, com base na sua experiência, a centralização da informação, a redução do erro humano, o aumento da eficácia e eficiência na resolução de problemas, assim como a antecipação de possíveis problemas fruto da informação circular na organização em tempo real. Reconhece e realça que estagnar, isto é, a não implementação de diferentes ferramentas, assim como a integração de algumas, colocaria em causa o crescimento e sustentabilidade futura da empresa.

No seguimento do realce feito pelo entrevistado de que “parar é morrer”, a entrevistada deixa a ideia de que “a cada dia devemos ser melhores” e nesse seguimento consideram que devem ser desenvolvidas ações de melhoria constantes, nomeadamente nos processos já implementados, tentando a sua automatização. Dar continuidade ao investimento realizado em investigação e desenvolvimento, é também uma necessidade, uma vez que só dessa forma a indústria poderá continuar a apresentar índices de crescimento e a aumentar o seu leque de produtos oferecidos no mercado.

Por último, fruto da enormidade de dados gerados e possíveis de extrair no quotidiano dos processos industriais, os convidados consideram que a DATA SCIENCE ganhará relevo. Nesse sentido começam-se a desenhar projetos perspectivando-se a criação de sinergias entre os dados disponíveis, extraíndo daí informação que até então não era possível ser analisada.

Por parte da EGITRON fica a consideração de que este conceito terá um grande desenvolvimento e será preponderante nomeadamente no encontro e exploração de correlações entre os diferentes conjuntos de dados e daí se retirem conclusões com impacto relevante para a organização e para todo o setor corticeiro.

## 7 Conclusões

A presente dissertação incidiu no estudo do estado de implementação das ferramentas da temática da indústria 4.0 no setor corticeiro português, enumerando vantagens identificadas, assim como barreiras sentidas e oportunidades reconhecidas para o crescimento e desenvolvimento da indústria corticeira.

Através da revisão de literatura, foi possível verificar que a quarta revolução industrial é uma temática relativamente recente uma vez que a maioria dos estudos desenvolvidos tem cinco ou menos anos, pelo que é uma matéria em exploração, crescimento e desenvolvimento e que apesar das várias melhorias provenientes da sua implementação, muitos resultados positivos ainda se esperam para o setor industrial mundial.

Como confirmado através das entrevistas efetuadas, a Indústria 4.0, é já um conceito com tentáculos enraizados na indústria corticeira portuguesa. Se por opção ou porque as características do setor assim o exigem, a sua implementação é percebida, como inevitável para o crescimento e sustentabilidade das empresas assim como para o desenvolvimento do setor.

Apesar dos avanços sentidos, é também perceptível que o setor ainda se encontra numa fase embrionária quando comparado com outros setores, nomeadamente com os setores relacionados com a tecnologia, e que um longo caminho deverá ser percorrido na tentativa de igualar padrões.

Este pensamento é partilhado pelos entrevistados que antevêm a necessidade da indústria corticeira percorrer um longo caminho, dado os patamares dispare de implementação em que se encontram por variados fatores. Se por um lado, ambos reconhecem que há quem não disponha de recursos financeiros para adotar diferentes ferramentas ou quem, apesar de as possuir, não valoriza a totalidade das potencialidades que estas oferecem, por outro há reticência e falta de meios para aceder aos apoios existentes para assim emergir no seio no qual operam.

Neste seguimento, os esforços por parte da política nacional e europeia para o desenvolvimento devem ser relevantes e impulsionadores, fruto da consciencialização das vantagens que estas apresentam, para que haja uma maior aposta na utilização das ferramentas e dessa forma um inevitável crescimento e modernização do setor industrial corticeiro. Exemplos como o COMPETE2020, a modernização/adaptação do sistema de ensino e a formação profissional devem continuar a ser valorizados na medida em que apresentam especial relevo para um futuro próspero, no sentido de manter as economias europeias competitivas no setor mundial.

Apesar de diferentes barreiras que vão surgindo ao longo do trajeto de implementação, como o caso da índole humana, nomeadamente com falta de consciencialização das vantagens associadas e inerente resistência à mudança e preocupação com a perda do local de trabalho, um devido acompanhamento ao longo de todo o processo aliado com as pessoas devidamente selecionadas e a correta adoção dos conceitos, traduzem-se em casos de sucesso.

Desta forma, como explanado na análise dos resultados, os entrevistados, assim como a literatura, convergem na ideia de que, através do adequado envolvimento de todos os intervenientes numa dinâmica positiva, assente numa apropriada formação profissional com a demonstração e o reconhecimento das mais valias da utilização de diferentes ferramentas associadas ao conceito 4.0, torna-se possível ter êxito numa relação laboral quotidiana homem-máquina.

Dos vários pilares que compõe a ideologia 4.0, nomeadamente o *Cyber-Physical Systems (CPS)* - Sistemas Integrados, *Big Data*, *Internet of Things (IoT)*, Manufatura Aditiva, Simulação Virtual, Realidade Aumentada, *Robots*, *Cloud* e Segurança da Informação, a *Cloud* apresenta especial relevância. Este fenómeno foi realçado na literatura explanada, assim como na ideia transmitida pelos entrevistados e justifica-se pela globalização crescente e o trabalho remoto (ou *home office*) cada vez mais presente no seio empresarial.

Com isto, tendo em conta as vantagens que oferece à organização, como é exemplo a possibilidade de consultar dados em tempo real, em qualquer parte do mundo, num único sistema e assim permitir tomadas de decisão mais rápidas, conscienciosas e com maior precisão, o custo de implementação é visto como baixo.

Nesta sequência, e sendo a *internet*, nos dias de hoje, uma ferramenta de trabalho indispensável ao normal funcionamento das empresas, a segurança dos dados jamais poderá ser colocada de parte, gerando cada vez mais preocupação entre os autores estudados e os entrevistados.

Esta preocupação vê-se acrescida nomeadamente em empresas com elevado impacto na economia mundial (como o caso do grupo AMORIM), estando as mesmas cada vez mais expostas a riscos e conseqüentemente obrigadas, tanto as empresas detentoras, como as empresas que desenvolvem as soluções de *software*, a criar barreiras para se protegerem de possíveis ataques.

A entrevistada da AMORIM, em sintonia com o da EGITRON, perspetivam um futuro alicerçado com a continuidade de desenvolvimento de novas tecnologias, permitindo elevar os padrões de qualidade em todos os pressupostos envolvidos à cortiça, culminando, inevitavelmente, com a ascensão do setor no panorama mundial.

Os entrevistados deixam no horizonte que a robotização no setor tenderá a continuar, apesar deste conceito estar bastante presente e desenvolvido nas linhas de produção, nomeadamente na transformação de peças de cortiça em rolas. Para se manter os padrões de investimento nesta área, não se deverá esquecer o papel determinante dos colaboradores, uma vez que só com os colaboradores envolvidos, motivados e satisfeitos é que estes vão dar o melhor de si em prol do crescimento da organização.

## 7.1 Limitações do Estudo

Com a conclusão deste estudo, é possível identificar algumas limitações.



Apesar das leituras feitas e troca de impressões realizadas com o intuito de conhecer o melhor possível o setor corticeiro, a reduzida experiência direta do autor poderá traduzir-se num fator condicionante de todo o estudo.

Uma vez que se adotou a tipologia de estudo de caso único, com base em entrevistas, estas podem ter inibido os entrevistados, assim como o entrevistador, originando que possam ter ficado por questionar e registar algumas informações que poderiam enriquecer este estudo.

Dado todas as envolventes do Grupo AMORIM, nomeadamente a sua dimensão e capacidade de investimento, procurando incessantemente por mais e melhor, alavancando toda a indústria, as suas respostas poderão não ser extrapoladas para a totalidade das empresas do setor, uma vez que as características da empresa não podem ser equiparadas à maioria das empresas que compõe a indústria.

Neste sentido, uma vez que esta indústria é composta por muitas PME's, de diferentes realidades, algumas delas ainda a dar os primeiros passos, apesar dos resultados obtidos serem condizentes com a revisão da literatura, é importante salientar que as conclusões a que este estudo chegou podem não se verificar quando extrapoladas para outras empresas do setor. Uma amostra maior certamente fortaleceria os resultados obtidos originando maior certeza para generalização científica.

## **7.2 Proposta de trabalhos futuros**

Além das limitações identificadas no subcapítulo anterior, acredita-se ser oportuno deixar algumas considerações futuras sobre a temática abordada.

Desta forma, considera-se pertinente um estudo comparativo sobre a temática 4.0 no seio dos diferentes setores industriais portugueses, assim como a geografia, dimensão da empresa e/ou volume de negócios. Com isto, será possível estabelecer comparações entre as diferentes áreas de atuação, retirando o que, com base nas características de cada setor, de bom é feito noutros setores e estudar a possibilidade de reuplicar com os devidos ajustes, ao setor corticeiro (e vice-versa).

Outra investigação que poderá ser feita para futuro será analisar individualmente cada pilar da indústria 4.0 e estudar os ganhos concretos da aplicabilidade de cada uma, no mesmo ou em diferentes setores de atividade.

Com este estudo será possível determinar onde a alavanca deverá ser mais incisiva (também do ponto de vista governamental com vista a orientar apoios concretos para as empresas e áreas geográficas), tornando o tecido industrial português mais competitivo e robusto no paradigma mundial.

Poderá também ser relevante realizar um estudo de caso múltiplo agrupando várias PME's do setor corticeiro com diferentes localizações geográficas, com o intuito de ver repercutido um paradigma diferente, com as problemáticas quotidianas, embora certamente com pontos condizentes dos concluídos neste estudo.

Em conclusão, é necessário que se continuem os estudos nesta área uma vez que é uma temática com importância crescente no setor industrial mundial. Só empresas enraizadas com o conceito de melhoria com foco em se posicionar na vanguarda dos seus setores permitem alavancar toda a indústria tornando-os mais seguros, desafiantes e atrativos.

## Referências

- Amorim Cork Composites. (2022a). *Amorim Cork Composites - Inovação*.  
<https://amorimcorkcomposites.com/pt/inovacao/casos-de-estudo/>
- Amorim Cork Composites. (2022b). *Amorim Cork Composites - Porquê a Cortiça?*  
<https://amorimcorkcomposites.com/pt/porque-a-cortiça/fatos-e-curiosidades/o-montado/>
- APCOR. (2020). *Cortiça | Cork 2020*. 1–108. <https://www.apcor.pt/portfolio-posts/boletim-estatistico-2020/>
- APCOR. (2022). *Associação Portuguesa da Cortiça*. <https://www.apcor.pt/montado/sobreiro/>
- Arroyabe, M. F., Arranz, C. F. A., Arroyabe, I., & Arroyabe, J. C. (2024). The effect of IT security issues on the implementation of industry 4.0 in SMEs: Barriers and challenges. *Technological Forecasting and Social Change*, 199. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123051>
- Babo, M. J. (2023). Lucro da Corticeira Amorim sobe 32% para 98 milhões em 2022. *Jornal de Negócios*. <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/industria/detalhe/lucro-da-corticeira-amorim-sobe-32-para-98-milhoes-em-2022>
- Bajic, B., Rikalovic, A., Suzic, N., & Piuri, V. (2021). Industry 4.0 Implementation Challenges and Opportunities: A Managerial Perspective. *IEEE Systems Journal*, 15(1), 546–559. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2020.3023041>
- Batista, B., Rodrigues, D., Moreira, E., Silva, F., Alves, A., Nascimento, A., Ulhôa, A., Capela, C., Venturine, C., Ribeiro, E., Demba, J., Lapa, L., Mota, M., Fortunato, M., & Silva, P. (2021). Técnicas de Recolha de Dados em Investigação: inquirir por questionário e/ou inquirir por entrevista. *Reflexões Em Torno de Metodologias de Investigação: Recolha de Dados*, 2, 13–36.
- Baxter, P., & Jack, S. (2008). Qualitative Case Study Methodology: Study Design and Implementation for Novice Researchers. *The Qualitative Report*, 13(4), 544–559. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2008.1573>
- Bhatia, M. S., & Kumar, S. (2022). Critical Success Factors of Industry 4.0 in Automotive Manufacturing Industry. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69. <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.3017004>
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2014). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 8(2–3), 73–272. <https://doi.org/10.1561/11000000049>
- Cardoso, J. N. S. A. (2022). *Towards Industry 4.0: Visibility over Production and Maintenance in the Cork Industry*. FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Chowdhury, G. G., & Chowdhury, S. (2003). *Introduction to digital libraries*. Facet publishing.
- Clim, A. (2019). Cyber Security Beyond the Industry 4.0 Era. A Short Review on a Few Technological Promises. *Informatika Economica*, 23(2/2019), 34–44. <https://doi.org/10.12948/issn14531305/23.2.2019.04>
- Correio, L. M., Correio, C. M., & Correio, J. A. da C. (2021). *A Quarta Revolução Industrial : Desafios E Características Da Gestão De Pessoas 4.0. 1*. <https://doi.org/10.1017/S0022050700014467>
- Corticeira Amorim. (2021a). *Cortiça - O que é?* <https://www.amorim.com/pt/cortiça/o-que-e/>

- Corticeira Amorim. (2021b). *Corticeira Amorim - Sobre nós*.  
<https://www.amorim.com/pt/corticeira-amorim/sobre-nos/>
- Corticeira Amorim. (2023a). *Corticeira Amorim*. <https://www.amorim.com/pt/>
- Corticeira Amorim. (2023b). *Corticeira Amorim | Aglomerados Compósitos*.  
<https://www.amorim.com/pt/negocio/unidades-de-negocio/aglomerados-compositos/44/>
- Corticeira Amorim. (2023c). *Corticeira Amorim | Isolamentos*.  
<https://www.amorim.com/pt/negocio/unidades-de-negocio/isolamentos/45/>
- Corticeira Amorim. (2023d). *Corticeira Amorim | Matérias Primas*.  
<https://www.amorim.com/pt/negocio/unidades-de-negocio/materias-primas/746/>
- Corticeira Amorim. (2023e). *Corticeira Amorim | Negócio*.  
<https://www.amorim.com/pt/negocio/overview/>
- Corticeira Amorim. (2023f). *Corticeira Amorim | Presença Mundial*.  
<https://www.amorim.com/pt/corticeira-amorim/presenca-mundial/>
- Corticeira Amorim. (2023g). *Corticeira Amorim | Revestimentos*.  
<https://www.amorim.com/pt/negocio/unidades-de-negocio/revestimentos/43/>
- Corticeira Amorim. (2023h). *Corticeira Amorim | Rolhas*.  
<https://www.amorim.com/pt/negocio/unidades-de-negocio/rolhas/35/>
- Creswell, W. J. (2007). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches* (L. Shaw & K. Greene (eds.); 2nd ed.). SAGE Publications.
- Creswell, W. J., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed., Vol. 53, Issue 9). SAGE Publications Inc.
- Crowe, S., Cresswell, K., Robertson, A., Huby, G., Avery, A., & Sheikh, A. (2011). The case study approach. *BMC Medical Research Methodology*, 1. <http://www.biomedcentral.com/1471-2288/11/100>
- Culot, G., Fattori, F., Podrecca, M., & Sartor, M. (2019). Addressing Industry 4.0 Cybersecurity Challenges. *IEEE Engineering Management Review*, 47(3), 79–86.  
<https://doi.org/10.1109/EMR.2019.2927559>
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- Deloitte. (2018). The Fourth Industrial Revolution is here—are you ready? *Deloitte Insights*, 28. <https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/consumer-industrial-products/articles/industry-4-0-technology-manufacturing-revolution.html>
- Deloitte. (2019). The fourth industrial revolution. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*. <https://doi.org/10.4337/9781786430328.00006>
- Egitron. (2023a). *Catálogo Geral Egitron*.  
[https://www.egitron.pt/client/files/0000000001/2263/Catalogo EGITRON\\_v1.1.1.pdf](https://www.egitron.pt/client/files/0000000001/2263/Catalogo EGITRON_v1.1.1.pdf)
- Egitron. (2023b). *Egitron*. <https://www.egitron.pt/>
- Egitron. (2023c). *Egitron | Quem Somos*. <https://www.egitron.pt/pt/quem-somos/>
- Fernandez de Arroyabe, J. C., Arroyabe, M. F., Fernandez, I., & Arranz, C. F. A. (2023). Cybersecurity Resilience in SMEs. A Machine Learning Approach. *Journal of Computer Information Systems*, 00(00), 1–17. <https://doi.org/10.1080/08874417.2023.2248925>
- Ferreira, L. P., Ares, E., Peláez, G., Tjahjono, B., & Areal, J. J. (2012). Production planning and control in an automobile closed-loops assembly line. *Key Engineering Materials*, 502, 103–

108. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.502.103>
- Foley, I., McDermott, O., Rosa, A., & Kharub, M. (2022). Implementation of a Lean 4.0 Project to Reduce Non-Value Add Waste in a Medical Device Company. *Machines*, 10(12), 1119–1133. <https://doi.org/10.3390/machines10121119>
- Fortin, M.-F. (1999). O Processo de Investigação. In *Lusociência - Edições Técnicas e Científicas, Lda*.
- Freixo, M. J. V. (2018). *Metodologia científica: fundamentos, métodos e técnicas* (5th ed.). Instituto Piaget.
- Gadre, M., & Deoskar, A. (2020). Industry 4.0–digital transformation, challenges and benefits. *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, 13(2), 139–149. [https://www.researchgate.net/publication/344832176\\_Industry\\_40\\_Digital\\_Transformation\\_Challenges\\_and\\_Benefits](https://www.researchgate.net/publication/344832176_Industry_40_Digital_Transformation_Challenges_and_Benefits)
- Gaspar Direi, D. (2021). *A Indústria da Cortiça e o seu Potencial de Inovação*. <https://doi.org/10.21747/16466195/lingespa1>
- Gates, R. H., & Jarboe, G. R. (1987). Changing trends in data acquisition for marketing research. *Journal of Data Collection*, 27(1), 9–25.
- Gil, A. C. (2002). Como classificar as pesquisas? *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*, 44.
- Gil, L. (2009). Cork composites: A review. *Materials*, 2(3), 776–789. <https://doi.org/10.3390/ma2030776>
- Grupo Américo Amorim. (2011). *Grupo Américo Amorim - História*. <https://www.grupoamericoamorim.com/grupo-americo-amorim/historia/>
- Hartley, J. F. (1994). *Case studies in organisational research*, in: CASSELL C. SYMON G.(Eds) *Qualitative Methods in Organisational Research: A practical guide*. London, Sage Publications.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2016-March*, 3928–3937. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Hernández, E., Senna, P., Silva, D., Rebelo, R., Barros, A. C., & Toscano, C. (2020). Implementing rami4. 0 in production-a multi-case study. *Progress in Digital and Physical Manufacturing: Proceedings of ProDPM'19*, 49–56.
- Holmström, J., Holweg, M., Khajavi, S. H., & Partanen, J. (2016). The direct digital manufacturing (r)evolution: definition of a research agenda. *Operations Management Research*, 9(1–2). <https://doi.org/10.1007/s12063-016-0106-z>
- Hox, J. J., & Boeije, H. R. (2005). Data Collection, Primary vs. Secondary. In *Encyclopedia of Social Measurement* (pp. 593–599). <https://doi.org/10.1016/B0-12-369398-5/00041-4>
- Humayun, M. (2021). Industry 4.0 and cyber security issues and challenges. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(10), 2957–2971.
- IAPMEI. (2020a). *IAPMEI - Capacitar I4.0*. <https://www.iapmei.pt/PRODUTOS-E-SERVICOS/Industria-e-Sustentabilidade/Transformacao-digital/InCoDe-2030/Capacitar-i4-0.aspx>
- IAPMEI. (2020b). *IAPMEI - Indústria 4.0*. <https://www.iapmei.pt/Paginas/Industria-4-0.aspx>
- ISOCOR. (2022). *ISOCOR*. <https://isocor.pt/cortica/>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2021). Substantial capabilities of robotics in enhancing industry 4.0 implementation. *Cognitive Robotics*, 1(June), 58–75.

<https://doi.org/10.1016/j.cogr.2021.06.001>

- Johnston, M. (2014). Secondary Data Analysis: A Method of which the Time Has Come. *Qualitative and Quantitative Methods in Libraries*. <https://doi.org/10.1159/000479695>
- Kagermann, Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. *Final Report of the Industrie 4.0 WG, April*.
- Kamarul Bahrin, M. A., Fauzi Othman, M., Nor Azli, N. H., & Farihin Talib, M. (2016). Industry 4.0: A Review on Industrial Automation and Robotic. *Jurnal Teknologi*, 78(6–13), 137–143. [www.jurnalteknologi.utm.my](http://www.jurnalteknologi.utm.my)
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408–425. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>
- Keller, M., Rosenberg, M., Brettel, M., & Friederichsen, N. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 8(1), 37–44.
- Khan, A., & Turowski, K. (2016). A perspective on industry 4.0: From challenges to opportunities in production systems. *IoTBD 2016 - Proceedings of the International Conference on Internet of Things and Big Data, IoTBD*, 441–448. <https://doi.org/10.5220/0005929704410448>
- Leandro, T. (2023a). EGITRON é sinónimo de revolução. *Jornal de Negócios*. <https://www.jornaldenegocios.pt/negocios-em-rede/pme/detalhe/egitron-e-sinonimo-de-revolucao>
- Leandro, T. (2023b, August). *MAIS DE 30 ANOS DE INOVAÇÃO E PROFICIÊNCIA NA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL*. <https://revistabusinessportugal.pt/mais-de-30-anos-de-inovacao-e-proficiencia-na-automacao-industrial/>
- Leonard-Barton, D. (1990). A dual methodology for case studies: Synergistic use of a longitudinal single site with replicated multiple sites. *Organization Science*, 1(3), 248–266.
- Li, G., Hou, Y., & Wu, A. (2017). Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods. *Chinese Geographical Science*, 27(4), 626–637. <https://doi.org/10.1007/s11769-017-0890-x>
- Liu, Y., Peng, Y., Wang, B., Yao, S., & Liu, Z. (2017). Review on cyber-physical systems. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 4(1), 27–40. <https://doi.org/10.1109/JAS.2017.7510349>
- Malhotra, N. K. (2019). *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada* (7ª Edição). Bookman Editora.
- Mattos, P. L. C. L. De, & Goldenberg, M. (2005). A entrevista não-estruturada como forma de conversação: razões e sugestões para sua análise. *Revista de Administração Pública*, 39(4), 57. <http://www.ufjf.br/labesc/files/2012/03/A-Arte-de-Pesquisar-Mirian-Goldenberg.pdf>
- Meirinhos, M., & Osório, A. (2010). The case study as research strategy in education. *EDUSER: Revista de Educação Inovação, Investigação Em Educação*, 2. <https://doi.org/10.5944/reop.vol.21.num.3.2010.11551>
- Mohamed, M. (2018). Challenges and benefits of industry 4.0: An overview. *International Journal of Supply and Operations Management*, 5(3), 256–265. <https://doi.org/10.22034/2018.3.7>
- Moura, B. do C. (2006). *Logística: conceitos e tendências* (Vol. 1). Centro Atlântico. <https://doi.org/10.3390/app122412844>

- Mussi, R. F. de F., Mussi, M. P. T., Assunção, E. T. C., & Nunes, C. P. (2019). Pesquisa Quantitativa e / ou Qualitativa : distanciamentos , aproximações e possibilidades Investigación Cuantitativa y / o Cualitativa : *Revista SUSTINERE*, 7(2), 411–430. <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/sustinere/article/view/41193/32038>
- Nascimento, A., Venturine, C., Demba, J., & Alves, A. (2021). Testes Estatísticos: Uma ferramenta importante em pesquisas quantitativas. *Reflexões Em Torno de Metodologias de Investigação: Recolha de Dados*, 2, 87–101. [https://ria.ua.pt/bitstream/10773/30772/3/Metodologias investigacao\\_Vol2\\_Digital.pdf](https://ria.ua.pt/bitstream/10773/30772/3/Metodologias%20investigacao_Vol2_Digital.pdf)
- Nunes, M. L., Pereira, A. C., & Alves, A. C. (2017). Smart products development approaches for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing Engineering Society International Conference*, 13, 1215–1222. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.035>
- Olsen, T. L., & Tomlin, B. (2022). Industry 4.0: Opportunities and challenges for operations management. *Manufacturing and Service Operations Management*, 22(1), 113–122. <https://doi.org/10.1287/msom.2019.0796>
- Ozcan, P., Han, S., & Graebner, M. (2017). Single Cases: The What, Why and How. *The Routledge Companion to Qualitative Research in Organization Studies*, 92–112. <http://www.pinarozcan.com/wp-content/uploads/2018/07/Ozcan-et-al-Single-Case-Chapter-2017-Pre-edit.pdf>
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>
- Pereira, T., Barreto, L., & Amaral, A. (2017). Network and information security challenges within Industry 4.0 paradigm. *Procedia Manufacturing*, 13, 1253–1260. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.047>
- Pinto, C. S. (2019). *Compete 2020 - Notícias*. <https://www.compete2020.gov.pt/noticias/detalhe/Proj35947-Plataformaportugali40-Siac-NL201-11042019>
- Poór, P., & Basl, J. (2019). Readiness of Companies in Relation to Industry 4.0 Implementation. *Proceedings of the International Scientific Conference Hradec Economic Days 2019 Part II.*, 9, 236–248. <https://doi.org/10.36689/uhk/hed/2019-02-024>
- Portugal2020. (2018). *Vale Indústria 4.0*. 1–11.
- PWC. (2016). Industry 4.0: Building the digital enterprise. *Global Industry 4.0 Survey*. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., Lopes de Sousa Jabbour, A. B., & Rajak, S. (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107546>
- Ramos, L. A. (2021). *How to improve the corporate framework of the Portuguese cork industry* [ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa]. <https://repositorio.iscte-iul.pt/handle/10071/23890>
- Ramos, P., Ramos, M. M., & Busnello, S. J. (2003). Manual prático de metodologia da pesquisa: artigo, resenha, projeto, TCC, monografia, dissertação e tese. In *Blumenau: Acadêmica*.
- Reinhardt, I. C., Oliveira, D. J. C., & Ring, D. D. T. (2020). Current Perspectives on the Development of Industry 4.0 in the Pharmaceutical Sector. *Journal of Industrial Information Integration*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100131>

- Reis, C. (2017). *Entrevista semi estruturada: características, vantagens e desvantagens*. Ekonomista. <https://www.e-konomista.pt/entrevista-semi-estruturada/>
- Ribeiro, L., & Silva, P. (2020). The impacts of the Industry 4.0 in organisations – from Brazil and Portugal perspectives. *Rev UI\_IPSantarém*, 8(4), 151–160. <https://revistas.rcaap.pt/uiips/>
- Richardson, R. J., Peres, J. A., Wanderley, J. C. V., Correia, L. M., & Peres, M. de H. de M. (1999). *Pesquisa social: métodos e técnicas* (3ª Edição). Editora Atlas S.A.
- Rosental, C., Frémontier-Murphy, C., & Godinho, J. L. (2002). *Introdução aos métodos quantitativos em ciências humanas e sociais*.
- Russmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing. *The Boston Consulting Group*, 1–20. [https://www.bcg.com/publications/2015/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_4\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries](https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries)
- Santos, B., & Alberto, A. (2018). *Indústria 4.0: desafios e oportunidades*. January.
- Selltiz, C., Jahoda, M., Deutsch, M., & Cook, S. W. (1975). Métodos de pesquisa nas relações sociais. In *Métodos de pesquisa nas relações sociais*.
- Simons, S., Abé, P., & Naser, S. (2017). Learning in the AutFab – The Fully Automated Industrie 4.0 Learning Factory of the University of Applied Sciences Darmstadt. *Procedia Manufacturing*, 9, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.023>
- Singhania, V. (2015). THE INTERNET OF THINGS: AN OVERVIEW Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World. *The Internet Society*. <http://electronicdesign.com/communications/internet-things-needs-firewalls-too>
- Smit, J., Kreutzer, S., Moeller, C., & Carlberg, M. (2016). Industry 4.0. In *Analytics for the Sharing Economy: Mathematics, Engineering and Business Perspectives*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-35032-1\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-35032-1_18)
- Stake, R. E. (1995). *The Art of Case Study Research*. Sage. <https://doi.org/10.1108/eb024859>
- Stentoft, J., & Rajkumar, C. (2020). The relevance of Industry 4.0 and its relationship with moving manufacturing out, back and staying at home. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2953–2973. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1660823>
- Sykes, W. (1990). Validity and reliability in qualitative market research: A review of the literature. *Journal of the Market Research Society*.
- Tay, S. I., Chan, S. W., Chuan, L. Te, & Alipal, J. A. (2019). An Overview of the Rising Challenges in Implementing Industry 4.0. *International Journal of Supply Management*, 8.
- Thomaz, J. P. C. F., & Bispo, H. I. N. (2022). Lean Manufacturing and Industry 4.0/5.0: Applied Research in the Portuguese Cork Industry. In *Increasing Supply Chain Performance in Digital Society* (pp. 101–130). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-9715-6.ch006>
- Tupa, J., Simota, J., & Steiner, F. (2017). Aspects of Risk Management Implementation for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1223–1230. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.248>
- Universidade de Aveiro. (2023). *Serviços de Biblioteca, informação documental e museologia*. [https://www.ua.pt/pt/sbidm/pesquisa?fbclid=IwAR28dxGWBG6A6c4NmRppcZp2nT\\_MbTKYHEXmQRovqVE2WmgfBhcWTNsJKHI#anchor.Acesso-aos-recursos-da-UA](https://www.ua.pt/pt/sbidm/pesquisa?fbclid=IwAR28dxGWBG6A6c4NmRppcZp2nT_MbTKYHEXmQRovqVE2WmgfBhcWTNsJKHI#anchor.Acesso-aos-recursos-da-UA)
- Volpato, N. (2018). *Manufatura Aditiva: tecnologias e aplicações de impressão 3D* (1ª). Edgard Blusher Ltda. <https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=ni9dDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA15&dq=manufatura+aditiva&ots=Jq7MeACtTS&>



sig=ndifVQCrr26u34iclM9loeHbE0o&redir\_esc=y#v=onepage&q&f=false

- Wadhwa, R. S. (2012). Flexibility in manufacturing automation: A living lab case study of Norwegian metalcasting SMEs. *Journal of Manufacturing Systems, 31*(4), 444–454. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2012.07.008>
- Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 - Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering, 182*, 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.197>
- Wolf, W. (2009). Cyber-physical Systems. *Georgia Tech*. [https://people.cs.ksu.edu/~danielwang/Investigation/CPS\\_Concept/Cyber\\_physical\\_Systems.pdf](https://people.cs.ksu.edu/~danielwang/Investigation/CPS_Concept/Cyber_physical_Systems.pdf)
- Yin, R. (2003). Case Study Research: Design and Methods. In *Qualitative Methods in Business Research*. SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.4135/9780857028044.d66>
- Zanero, S. (2017). Cyber-Physical Systems. *Computer, 50*(4), 14–16. <https://doi.org/10.1109/MC.2017.105>
- Zhang, Y., Ren, S., Liu, Y., & Si, S. (2017). A big data analytics architecture for cleaner manufacturing and maintenance processes of complex products. *Journal of Cleaner Production, 142*, 626–641. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.123>
- Zheng, X., Martin, P., Brohman, K., & Xu, L. Da. (2014). Cloud service negotiation in internet of things environment: A mixed approach. *IEEE Transactions on Industrial Informatics, 10*(2), 1506–1515. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2305641>