



**TECNOLOGIA  
SETÚBAL**

ESCOLA SUPERIOR  
POLITÉCNICO SETÚBAL

GUILHERME  
GOMES AREDE

**INDÚSTRIA 4.0 –  
TRANSFORMAÇÃO TECNOLÓGICA  
E ORGANIZACIONAL**

Relatório de Dissertação de investigação do  
Mestrado em Engenharia de Produção

**ORIENTADOR**

Professor Doutor Pedro Filipe do Carmo Cunha

dezembro, 2025

GUILHERME  
GOMES AREDE

**INDÚSTRIA 4.0 –  
TRANSFORMAÇÃO TECNOLÓGICA  
E ORGANIZACIONAL**

**JÚRI**

*Presidente:* Professor Doutor Ricardo António  
Lamberto Duarte Cláudio, ESTSetúbal/IPS

*Orientador:* Professor Doutor Pedro Filipe do Carmo  
Cunha, ESTSetúbal/IPS

*Arguente:* Professora Doutora Helena Gouveia, ISQ

dezembro, 2025

# Agradecimentos

Com a conclusão desta dissertação de mestrado, expresso a minha gratidão a todas as pessoas e instituições que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que este percurso fosse possível.

Agradeço, em primeiro lugar, à minha família, à minha mãe, ao meu pai, à minha irmã e aos meus avós, pelo apoio incondicional que sempre me deram, pela motivação constante e por acreditarem nas minhas capacidades mesmo nos momentos mais desafiantes. O apoio deles foi essencial para que pudesse chegar até aqui. À minha namorada, deixo um agradecimento especial pela compreensão, paciência e incentivo ao longo de todo este processo, estando sempre presente e que me deu força nos momentos mais exigentes quando estava mais desmotivado. Ao meu orientador, Professor Pedro Filipe do Carmo Cunha, deixo o meu sincero agradecimento pela disponibilidade, orientação e incentivo para a concretização da dissertação e para o meu desenvolvimento académico.

Por último, expresso o meu reconhecimento ao Instituto Politécnico de Setúbal – Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, por todo o conhecimento transmitido ao longo do meu percurso académico.

O futuro será risonho.

A todos, o meu muito obrigado.

# Resumo

Esta dissertação analisa a transformação digital das empresas portuguesas, avaliando a integração das tecnologias da Indústria 4.0, o grau de maturidade digital e os principais desafios e benefícios associados. A investigação baseou-se numa revisão da literatura e num inquérito quantitativo aplicado a 82 empresas nacionais. Os resultados mostram que a maioria se encontra em fases iniciais ou intermédias, com apenas uma pequena percentagem a alcançar integração tecnológica avançada. Identificam-se como principais barreiras os custos, a falta de competências e a resistência à mudança. Conclui-se que a digitalização está a evoluir e que existem oportunidades claras para acelerar esta evolução.

**Palavras-chave:** Transformação digital, Indústria 4.0, Maturidade digital, PME, Barreiras organizacionais.

# Abstract

This dissertation analyzes the digital transformation of Portuguese companies, assessing the integration of Industry 4.0 technologies, the degree of digital maturity, and the main challenges and benefits associated with it. The research was based on a literature review and a quantitative survey applied to 82 national companies. The results show that most are in the early or intermediate stages, with only a small percentage achieving advanced technological integration. The main barriers identified are costs, lack of skills, and resistance to change. It is concluded that digitization is evolving and that there are clear opportunities to accelerate this evolution.

**Keywords:** Digital transformation, Industry 4.0, Digital maturity, SMEs, Organizational barriers.

# Índice

Agradecimentos .....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Índice .....	vi
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Siglas e Acrónimos .....	xii
Capítulo 1 .....	1
Introdução .....	1
1.1. Enquadramento e relevância .....	2
1.2. Objetivos .....	3
1.3. Metodologia.....	4
1.4. Estrutura da dissertação .....	5
Capítulo 2.....	7
Revisão Bibliográfica.....	7
2.1. Transformação digital.....	8
2.1.1. Conceito e definição .....	8
2.1.2. Implicações organizacionais da transformação digital .....	8
2.1.3. Contributos teóricos para a compreensão da transformação digital.....	9
2.2. Contexto empresarial em Portugal .....	11
2.2.1. Caracterização das empresas em Portugal .....	12
2.2.2. Níveis de digitalização das empresas portuguesas.....	14
2.3. Indústria 4.0 .....	16
2.3.1. Enquadramento e origem do conceito .....	16
2.3.2. Pilares tecnológicos da Indústria 4.0.....	18
2.4. Indústria 5.0 .....	21
2.4.1. Conceito e evolução.....	21
2.4.2. Sociedade 5.0.....	22
2.4.3. Diferenças e complementaridades com a Indústria 4.0 .....	24
2.5. Impacto da Indústria 4.0 nas Organizações .....	26
2.5.1. Benefícios estratégicos e operacionais.....	26

2.5.2. <i>Barreiras à implementação da Indústria 4.0/5.0</i> .....	29
2.6. Maturidade Digital .....	32
2.6.1. <i>Conceito e definição</i> .....	32
2.6.2. <i>Modelos de maturidade digital</i> .....	33
Capítulo 3.....	38
Metodologia de estudo.....	38
3.1. Elaboração do inquérito .....	39
3.2. Caracterização da amostra .....	40
3.3. Estrutura do inquérito .....	42
Capítulo 4.....	44
Resultados .....	44
4.1. Apresentação de resultados.....	45
4.2. Discussão de resultados .....	78
4.2.1. <i>Estado atual da transformação digital nas empresas portuguesas</i> .....	78
4.2.2. <i>Tecnologias implementadas e fases de adoção</i> .....	82
4.2.3. <i>Fatores estratégicos e humanos associados à adoção tecnológica</i> .....	84
4.2.4. <i>Barreiras e desafios identificados</i> .....	86
4.2.5. <i>Impactos percebidos sobre o desempenho organizacional</i> .....	94
Capítulo 5.....	97
Conclusões e trabalhos futuros.....	97
5.1. Conclusão sobre o trabalho .....	98
5.1.1. <i>Comparação das Perceções entre Fases de Maturidade Digital</i> .....	99
5.2. Contributos e limitações do estudo .....	101
5.3. Propostas de desenvolvimento futuro .....	101
Bibliografia .....	103
Anexo I.....	A1
Inquérito aplicado às empresas .....	A1

# Lista de Figuras

Figura 2.1 Evolução do número de PME em Portugal (2006-2023).....	13
Figura 2.2 Intensidade Digital (% PME). .....	14
Figura 2.3 Big Data (% Empresas).....	15
Figura 2.4 Cloud (% Empresas). .....	15
Figura 2.5 IA (% Empresas). .....	15
Figura 2.6 Pilares Tecnológicos da I4.0. ....	20
Figura 2.7 Evolução das revoluções industriais até à I5.0. ....	21
Figura 2.8 Valores da I5.0. ....	22
Figura 2.9 Transformação da Sociedade e evolução da Indústria .....	23
Figura 4.1 Aceitação dos participantes no inquérito.....	45
Figura 4.2 Dimensão das empresas inquiridas (nº de trabalhadores).....	47
Figura 4.3 Distribuição das empresas segundo o CAE.....	49
Figura 4.4 Localização geográfica das empresas inquiridas.....	50
Figura 4.5 Ano de constituição das empresas inquiridas. ....	51
Figura 4.6 Função exercida pelos respondentes. ....	52
Figura 4.7 Nível de familiaridade dos respondentes com a I4.0.....	52
Figura 4.8 Nível de conhecimento das empresas sobre I4.0. ....	53
Figura 4.9 Discussão interna sobre a I4.0 nas empresas inquiridas. ....	54
Figura 4.10 Fatores-chave para a transformação tecnológica. ....	54
Figura 4.11 Vantagens competitivas associadas à I4.0. ....	55
Figura 4.12 Tecnologias essenciais para transformação digital.....	56
Figura 4.13 Tecnologias digitais implementadas nas empresas. ....	56
Figura 4.14 Integração da transformação digital na cultura e estratégia das empresas. ....	57
Figura 4.15 Nível de preparação digital dos colaboradores. ....	58
Figura 4.16 Fase atual de implementação da I4.0 nas empresas.....	58
Figura 4.17 Principais barreiras à adoção da I4.0 nas empresas. ....	59
Figura 4.18 Principais barreiras enfrentadas pelas empresas na adoção da I4.0. ....	60
Figura 4.19 Principais barreiras enfrentadas na adoção da I4.0. ....	60

Figura 4.20 Estratégia de implementação das tecnologias da I4.0. ....	61
Figura 4.21 Apoios e incentivos para a implementação da I4.0. ....	62
Figura 4.22 Apoios e incentivos para a implementação da I4.0. ....	62
Figura 4.23 Apoios e incentivos para a implementação da I4.0. ....	63
Figura 4.24 Impacto da adoção das tecnologias da I4.0. ....	64
Figura 4.25 Perceção na produtividade das empresas. ....	64
Figura 4.26 Impacto das tecnologias da I4.0 na produtividade. ....	65
Figura 4.27 Impacto da I4.0 na qualidade dos produtos/serviços. ....	66
Figura 4.28 Perceção das empresas na qualidade dos produtos/serviços. .....	66
Figura 4.29 Impacto da I4.0 na qualidade dos produtos/serviços. ....	67
Figura 4.30 Impacto da I4.0 na competitividade nas empresas. ....	68
Figura 4.31 Impacto da I4.0 na competitividade das empresas. ....	68
Figura 4.32 Perceção das empresas sobre o impacto da I4.0 na competitividade. ....	69
Figura 4.33 Benefícios esperados com a adoção das tecnologias da I4.0. .....	70
Figura 4.34 Desafios técnicos específicos na implementação da I4.0. ....	71
Figura 4.35 Desafios técnicos específicos na implementação da I4.0. ....	72
Figura 4.36 Benefícios esperados com a adoção das tecnologias da I4.0. .....	73
Figura 4.37 Satisfação geral com a implementação da I4.0. ....	73
Figura 4.38 Opinião das empresas sobre as tecnologias da I4.0. ....	74
Figura 4.39 Perceção das empresas após a implementação da I4.0. ....	75
Figura 4.40 Participação em diagnósticos sobre a implementação da I4.0. .....	75
Figura 4.41 Experiência das empresas na participação em inquéritos sobre a I4.0. ....	76
Figura 4.42 Resultado após a realização do inquérito sobre a I4.0. ....	77
Figura 4.43 Fase atual de implementação da I4.0 nas empresas. ....	79
Figura 4.44 Relação entre fase de implementação da I4.0 e ano de fundação. ....	79

Figura 4.45 Fase de implementação da I4.0 segundo a dimensão das empresas. ....	80
Figura 4.46 Nível de familiaridade individual e conhecimento organizacional sobre a Indústria 4.0. ....	81
Figura 4.47 Frequência de tecnologias essenciais e implementadas. ....	82
Figura 4.48 Fase I4.0 x Tecnologias Implementadas.....	83
Figura 4.49 Setor x Tecnologias Implementadas.....	84
Figura 4.50 Estratégia digital x Fase I4.0.....	85
Figura 4.51 Competências x Fase I4.0. ....	85
Figura 4.52 Barreiras identificadas nas fases iniciais (Avaliação/Planeamento/Não existe implementação). ....	86
Figura 4.53 Barreiras identificadas na fase intermédia (Implementação Inicial).....	87
Figura 4.54 Barreiras nas fases avançadas (Integração Completa e Expansão).....	87
Figura 4.55 Barreiras x Setor de atividade (Fase Intermédia).....	89
Figura 4.56 Barreiras x Setor de atividade (Fase Inicial). ....	89
Figura 4.57 Barreiras x Setor de atividade (Fase Avançada).....	90
Figura 4.58 Respostas às perguntas P27 e P34 do inquérito. ....	93
Figura 4.59 Respostas às perguntas P21, P28 e P35 do inquérito.....	94

# Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Contributos teóricos para a compreensão da transformação digital.....	9
Tabela 2.2 Principais características das Revoluções. ....	17
Tabela 2.3 Comparação de vários aspetos entre I4.0 e I5.0.....	25
Tabela 2.4 Benefícios estratégicos e operacionais da I4.0 nas organizações.....	28
Tabela 2.5 Principais barreiras à I4.0.....	31
Tabela 4.1 Empresas Inquiridas.....	46
Tabela 4.2 Lista dos setores de atividade das empresas inquiridas. ....	48
Tabela 4.3 Matriz de risco das principais barreiras à implementação. ....	90
Tabela 4.4 Scores da matriz de risco (Frequência × Impacto).....	91
Tabela 4.5 Teste de Qui-quadrado aplicado aos fatores críticos da transformação digital.....	92
Tabela 4.6 Teste de Qui-Quadrado aplicado às vantagens da transformação digital.....	92
Tabela 4.7 Tabela das frequências observadas entre a opinião inicial e a perceção após a implementação. ....	95
Tabela 4.8 Resultados do teste do Qui-quadrado aplicado às perguntas P40 e P41. ....	96

# Lista de Siglas e Acrónimos

3D	Três Dimensões
5G	Quinta Geração
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> (Desenho Assistido por Computador)
CAE	Código de Atividade Económica
CAM	<i>Computer-Aided Manufacturing</i> (Fabrico Assistido por Computador)
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CMM	<i>Capability Maturity Model</i> (Modelo de Maturidade de Capacidade)
CMMI	<i>Capability Maturity Model Integration</i> (Integração do Modelo de Maturidade de Capacidades)
CPS	<i>Cyber-Physical Systems</i> (Sistemas Ciber-Físicos)
Covid-19	<i>Coronavirus Disease 2019</i> (Doença por Coronavírus 2019)
DREAMY	<i>Digital Readiness Assessment Maturity Model</i> (Modelo de maturidade da avaliação da preparação digital)
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> (Planeamento dos Recursos Empresariais)
I4.0	Indústria 4.0
I5.0	Indústria 5.0
IA	Inteligência Artificial
IIoT	<i>Industrial Internet of things</i> (Internet das Coisas Industrial)
IoT	<i>Internet of things</i> (Internet das Coisas)
ISQ	Instituto de Soldadura e Qualidade
MES	<i>Manufacturing Execution System</i> (Sistema da Execução da Produção)
NACE	Nomenclatura Estatística das Atividades Económicas
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i> (Gestão do Ciclo de vida do Produto)
PME's	Pequenas e Médias Empresas
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
S5.0	Sociedade 5.0
TI	Tecnologias de Informação
VDMA	<i>Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau</i> (Associação Alemã de Fabricação de Máquinas e Instalações Industriais)

# Capítulo 1

## Introdução

Este capítulo tem como objetivo introduzir o tema central desta dissertação, que se debruça sobre a Indústria 4.0 (I4.0) e a forma como esta influência a transformação tecnológica e organizacional na indústria nacional, bem como as dificuldades enfrentadas e os benefícios alcançados. Será definido o âmbito da pesquisa, definido o problema, estabelecidos os objetivos, e apresentada a metodologia que guiará o estudo. Finalmente, será delineada a estrutura da dissertação, fornecendo uma visão geral dos capítulos subsequentes.

## 1.1. Enquadramento e relevância

Nos últimos anos, o setor industrial tem passado por transformações profundas impulsionadas pela introdução de conceitos e tecnologias associados à quarta revolução industrial. O termo I4.0 foi oficialmente apresentado durante a Feira de Hannover em 2011, sendo utilizado para descrever essa nova era industrial. A essência da I4.0 reside na convergência entre a produção, os desenvolvimentos em várias tecnologias e as novas capacidades da internet, potenciando a criação de um ambiente de produção altamente conectado e automatizado. Esta abordagem integra de forma sinérgica, entre outras, a robótica, a automação e as tecnologias de informação e comunicação mais avançadas com os processos industriais convencionais, permitindo otimizar a eficiência e flexibilidade das operações industriais (Matt, Modrák & Zsifkovits, 2020).

Apesar dos avanços significativos trazidos pela I4.0, as suas oportunidades e benefícios para as comunidades e sociedade, como um todo, são frequentemente subvalorizados. A abordagem tradicional da I4.0 foca-se sobretudo na inovação tecnológica e nos ganhos industriais, ignorando os impactos organizacionais, portanto, torna-se essencial adotar uma visão mais abrangente, que integre os efeitos económicos e humanos das transformações tecnológicas. Desta forma, é necessária uma análise crítica dos impactos sociais, culturais e ambientais resultantes da implementação dessas inovações, reconhecendo que a verdadeira transformação deve promover tanto o progresso económico quanto o desenvolvimento sustentável da sociedade em geral (Schwab, 2017).

A transformação digital das empresas não é um processo isolado, mas sim uma mudança que envolve diversos intervenientes, desde os próprios gestores das empresas até aos *policymakers* e outros *stakeholders*, como fornecedores, clientes e comunidades locais. Estes grupos desempenham papéis fundamentais na adoção das tecnologias da I4.0, seja através da criação de políticas de apoio, da colaboração em projetos de inovação ou da adaptação às mudanças trazidas pela digitalização. Por exemplo, os *policymakers* são responsáveis por desenvolver programas de financiamento e políticas públicas que facilitam a transformação digital, enquanto os *stakeholders* representam todos os grupos impactados por essa transformação, incluindo trabalhadores, fornecedores de tecnologia e a sociedade em geral. A colaboração entre esses grupos é essencial para garantir uma transição digital eficaz e sustentável (Pataia, 2022).

A evolução da revolução industrial impulsionou desenvolvimentos transformadores em todos os subsistemas da sociedade. No entanto, com a introdução de novos conceitos de desenvolvimento social, como sustentabilidade, foco no ser humano e redução das emissões de carbono, o sistema ou o paradigma de produção tem sido forçado a mudar para se adaptar às exigências de uma sociedade inovadora, que neste contexto surge a ideia de um novo paradigma: a Indústria 5.0 (I5.0) e a Sociedade 5.0 (S5.0). Os novos paradigmas da I5.0 exigem alinhar a sociedade e a integração humana com a indústria, enfrentando desafios como o

desenvolvimento sustentável, a eficiência de recursos e a economia circular. Diferente das revoluções anteriores, a I5.0 centra-se no ser humano e nas necessidades sociais (Leng *et al.*, 2022).

O desenvolvimento de uma sociedade constitui um processo intrinsecamente complexo e multifacetado, caracterizado por transformações profundas no âmbito económico, político e social. Trata-se de um fenómeno contínuo e dinâmico, marcado por uma constante evolução, sem que se possa delinear um ponto final definitivo. Neste contexto, as revoluções industriais desempenharam um papel determinante, promovendo inovações tecnológicas e ganhos na capacidade produtiva que impulsionaram o crescimento económico e provocaram o surgimento de novas formas de organização social e política. Desde a consolidação do sistema fabril até à era da digitalização, essas revoluções ou evoluções industriais redefiniram permanentemente as relações humanas, os modos de trabalho e a interação com o mundo (Morrar, Arman & Mousa, 2017).

Esta dissertação pretende explorar os benefícios alcançados e as barreiras enfrentadas pelas empresas, a partir da experiência observada em empresas nacionais, na adoção da transformação tecnológica, essencial para que se mantenham ou se tornem competitivas no mercado atual, cuja inovação é um fator central para a sobrevivência e crescimento dessas empresas, sendo impulsionada pela integração de novas tecnologias e metodologias. Este processo de transformação digital não só permite que as empresas cresçam em ambientes de alta concorrência, como também promove o desenvolvimento de novos conhecimentos que favorecem a sustentabilidade e a adaptação ao ambiente tecnológico em constante evolução.

## 1.2. Objetivos

O presente trabalho tem como principal objetivo estudar de que forma as empresas em Portugal estão a integrar as tecnologias e os conceitos associados à I4.0, explorando os desafios e oportunidades decorrentes dessa transformação digital. Associado a este objetivo geral, foi definido um conjunto de objetivos específicos que orientam a realização da presente dissertação e que se apresentam de seguida.

### **Objetivos Específicos:**

Para alcançar este objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- **Analisar o impacto da** transformação digital, destacando as suas implicações a nível organizacional, operacional e estratégico, e o papel que desempenha no contexto da I4.0;
- **Explorar o conceito de I4.0**, os seus pilares tecnológicos (como a *Internet of Things (IoT)*, Inteligência Artificial (IA), *Big Data*, computação em nuvem e robótica), bem como os benefícios e barreiras associados à sua implementação na indústria nacional;

- **Conhecer a realidade das empresas, em particular as Pequenas e Médias Empresas (PME) portuguesas**, com o objetivo de descrever a experiência que as empresas têm tido na adoção da I4.0, perceber o grau de Maturidade Digital, as principais dificuldades enfrentadas e as soluções encontradas;

- **Avaliar e caracterizar** através de métodos estatísticos, de forma a identificar padrões, correlações e fatores críticos de sucesso na transformação tecnológica e organizacional;

- **Definir recomendações** que possam potenciar a adoção das tecnologias da I4.0 em empresas nacionais, em particular em empresas de pequena e média dimensão.

### 1.3. Metodologia

Para atingir os objetivos definidos nesta dissertação, a metodologia escolhida baseia-se numa revisão da literatura sobre a transformação digital nas organizações e na observação da realidade das empresas, através da elaboração e realização de um inquérito direcionado a empresas em Portugal, com o intuito de avaliar o seu progresso em direção à adoção de tecnologias da I4.0.

A abordagem de inquérito foi selecionada por ser a mais apropriada para recolher dados diretos das empresas, permitindo identificar o estado atual de implementação de inovações tecnológicas e as barreiras que estas empresas possam estar a enfrentar nesse processo ou que já enfrentaram. O inquérito foi estruturado para obter informações sobre vários aspetos, incluindo:

- O grau de digitalização das empresas nacionais;
- O nível de conhecimento e integração das tecnologias associadas à I4.0;
- Os principais obstáculos tecnológicos, organizacionais e financeiros que impedem ou atrasam esta transição;
- As perceções das empresas em relação às oportunidades e benefícios associados a estas inovações.

A metodologia quantitativa, baseada em inquéritos, é adequada neste contexto, pois permitirá uma análise estatística dos dados, proporcionando uma visão geral das tendências entre as empresas nacionais. Esta abordagem facilita também a identificação de padrões comuns nas dificuldades que estas empresas enfrentam, ajudando a criar um quadro mais claro sobre as reais condições para a implementação da transformação digital. No decorrer desta análise, será possível comparar as respostas entre diferentes setores e tamanhos de empresas,

compreendendo ao detalhe os fatores que afetam a inovação no contexto das empresas nacionais.

Além disso, a metodologia adotada possibilitará:

- A identificação das barreiras à transformação digital, bem como benefícios que poderão decorrer desta;
- A comparação dos resultados com estudos anteriores, contribuindo para o debate académico e prático sobre a transformação digital das empresas nacionais;
- A formulação de recomendações para apoiar as empresas nacionais na adoção eficaz das tecnologias da I4.0.

## 1.4. Estrutura da dissertação

A presente dissertação está organizada em cinco capítulos principais, cada um subdividido em tópicos que abordam as diferentes fases do estudo. A estrutura foi cuidadosamente desenvolvida para proporcionar uma visão clara e coerente sobre o tema em estudo e os resultados obtidos.

O **Capítulo 1 - Introdução** contextualiza o estudo e estabelece as bases para o desenvolvimento da dissertação em questão, que será dividido em quatro subcapítulos: o enquadramento, onde é apresentado o tema e a sua relevância; os objetivos, onde são descritos o objetivo geral e os objetivos específicos da dissertação; a metodologia, que descreve os métodos utilizados para a recolha e análise de dados, combinando abordagens quantitativas e qualitativas; e, por fim, a estrutura da dissertação, onde é descrita a organização dos capítulos e subcapítulos que compõem este trabalho.

O **Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica** analisa a literatura sobre transformação digital e I4.0, desenvolvendo o enquadramento teórico da dissertação. Inclui definição e diferenciação de conceitos como digitalização; análise da realidade empresarial portuguesa (com foco em PME); tecnologias e impactos da I4.0; perspetiva da I5.0 centrada no humano e sustentabilidade; efeitos da transformação digital nas organizações e barreiras existentes, e modelos de avaliação da maturidade digital para medir a preparação das empresas.

O **Capítulo 3 - Metodologia de Estudo** descreve os métodos aplicados no desenvolvimento deste estudo, dividindo-se em três subcapítulos. O primeiro aborda a elaboração do inquérito, explicando o processo de desenvolvimento das questões. O segundo subcapítulo é a caracterização da amostra, onde são descritas as características das empresas participantes no estudo. O último subcapítulo, elaboração do questionário, detalha a estrutura do questionário utilizado para recolher os dados necessários à investigação.

O **Capítulo 4 - Resultados** apresenta e discute os resultados do estudo, dividindo-se em dois subcapítulos. O primeiro, apresentação de resultados, apresenta os dados recolhidos

através dos inquéritos, utilizando gráficos e tabelas para facilitar a interpretação. No segundo subcapítulo, discussão de resultados, é feita uma análise crítica dos resultados, comparando-os com as tendências e teorias descritas na revisão bibliográfica e com estudos anteriores.

Por fim, o **Capítulo 5 - Conclusões** sintetiza os principais contributos da dissertação, dividindo-se em dois subcapítulos. O primeiro, conclusões sobre o trabalho, resume os resultados mais significativos e as implicações práticas deste estudo. O segundo, propostas de desenvolvimento futuro, apresenta sugestões para futuras investigações e áreas de melhoria para as empresas nacionais no contexto da I4.0/5.0, considerando as limitações identificadas no estudo.

# Capítulo 2

## Revisão Bibliográfica

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica que sustenta a presente dissertação, reunindo os principais conceitos, modelos e contributos da literatura sobre transformação digital, I4.0, I5.0 e maturidade digital. A revisão contextualiza a evolução das revoluções industriais e o impacto das tecnologias resultantes nos processos produtivos, organizacionais e estratégicos.

Primeiro, analisa-se a transformação digital e as suas implicações nas PME. Segue-se a abordagem da I4.0, explorando os seus pilares tecnológicos e efeitos nas empresas. Posteriormente, apresenta-se a I5.0, que introduz uma perspetiva centrada no ser humano, sustentabilidade e resiliência.

Por fim, discute-se a maturidade digital e os principais modelos de avaliação organizacional para a digitalização, estabelecendo a base para a análise empírica dos capítulos seguintes.

## 2.1. Transformação digital

A transformação digital tem-se afirmado como um dos fenômenos mais impactantes da atualidade para as organizações, independentemente da sua dimensão ou setor de atividade. Mais do que uma simples adoção de tecnologias, trata-se de uma mudança estrutural profunda, que afeta os processos, a cultura organizacional, os modelos de negócio e a forma como as empresas geram valor.

### 2.1.1. Conceito e definição

O termo “transformação digital” refere-se ao processo de integração estratégica de tecnologias digitais em todas as áreas de uma organização, promovendo mudanças significativas na forma como estas operam e entregam valor aos seus clientes (Westerman *et al.*, 2014). Esta transformação implica uma abordagem global, em que tecnologia, pessoas e processos são alinhados para responder às exigências de um mercado cada vez mais dinâmico e digital.

Segundo Reis *et al.* (2018), a transformação digital é “um processo contínuo de mudança organizacional baseada na aplicação generalizada de tecnologias digitais, com o objetivo de melhorar o desempenho organizacional”. Segundo os autores, este processo pode envolver desde a automação de tarefas de rotina até à reinvenção completa do modelo de negócio.

É importante, no entanto, distinguir a transformação digital de outros conceitos relacionados, como **informatização** e **digitalização**:

- **Informatização:** introdução de sistemas informáticos para suportar atividades já existentes, sem necessariamente alterar os processos subjacentes;
- **Digitalização:** conversão de processos ou documentos analógicos para formato digital, melhorando a eficiência operacional;
- **Transformação digital:** envolve mudanças estratégicas e culturais, impulsionadas pela adoção de tecnologias digitais, que reformulam completamente a forma de operar da organização (Fitzgerald *et al.*, 2014).

Esta distinção é essencial para compreender o grau de maturidade digital das empresas, uma vez que muitas organizações acreditam estar em transformação digital quando, na verdade, estão apenas digitalizadas ou informatizadas.

### 2.1.2. Implicações organizacionais da transformação digital

Segundo Restrepo-Morales *et al.* (2024), a transformação digital afeta as organizações em variadas dimensões, tais como:

- **Processos internos:** maior automatização, integração de dados em tempo real e otimização da cadeia de valor;

- **Modelos de negócio:** surgem novas formas de gerar receita e de entregar produtos e serviços (por exemplo, modelos baseados em plataformas);
- **Cultura e estrutura organizacional:** necessidade de promover uma cultura de inovação, colaboração interdepartamental e agilidade na tomada de decisões;
- **Recursos humanos:** desenvolvimento de novas competências digitais, requalificação de trabalhadores e gestão da resistência à mudança.

Contudo e segundo Restrepo-Morales *et al.* (2024), este processo apresenta também diversos **desafios**, nomeadamente:

- **Resistência à mudança** por parte de colaboradores e lideranças tradicionais;
- **Falta de competências digitais**, especialmente em PME;
- **Dificuldades na integração de sistemas antigos com novas tecnologias;**
- **Investimento financeiro elevado**, nem sempre acessível para empresas de menor dimensão.

Apesar destes obstáculos, as empresas que conseguem alinhar tecnologia, pessoas e estratégia tendem a tornar-se mais competitivas, resilientes e inovadoras, adaptando-se melhor aos contextos de incerteza e mudança acelerada (Kane *et al.*, 2015).

### ***2.1.3. Contributos teóricos para a compreensão da transformação digital***

Diversos autores têm contribuído para o desenvolvimento do conceito de transformação digital, quer a partir de uma perspetiva estratégica, quer organizacional ou tecnológica. A literatura evidencia que a transformação digital não é um processo linear nem uniforme, variando em função da estrutura da empresa, da liderança, da cultura organizacional e do setor de atividade.

A Tabela 2.1. apresenta uma síntese dos principais contributos identificados na revisão bibliográfica, organizando os autores mais relevantes e as suas visões sobre o fenómeno da transformação digital.

Tabela 2.1 Contributos teóricos para a compreensão da transformação digital.

<b>Autor(es)</b>	<b>Contributo para a transformação digital</b>
<b><i>Westerman, Bonnet &amp; McAfee (2014)</i></b>	Destacam a importância da liderança digital e do alinhamento entre estratégia, processos e tecnologia. Introduzem o conceito de “ <i>digital masters</i> ”.

<b>Vial (2021)</b>	Propõe um modelo conceptual que estrutura a transformação digital em <i>drivers</i> , mecanismos e resultados orientados para a criação de valor.
<b>Kane et al. (2015)</b>	Defendem que a tecnologia só é eficaz se estiver integrada na estratégia. O sucesso da transformação depende da cultura digital e da liderança.
<b>Fitzgerald et al. (2014)</b>	Apontam que a maturidade digital é um fator crítico para o sucesso da transformação. Enfatizam o papel da liderança estratégica.
<b>Henriette, Feki &amp; Boughzala (2015)</b>	Apresentam a transformação digital como um processo multifacetado que envolve inovação tecnológica, mudança organizacional e impacto social.
<b>Matt, Hess &amp; Benlian (2015)</b>	Identificam quatro componentes estratégicos essenciais: tecnologia, proposta de valor, estrutura organizacional e planeamento estratégico.
<b>Reis et al. (2018)</b>	Concluem que a transformação digital é um processo contínuo, suportado por cultura de inovação, liderança ativa e integração de tecnologias emergentes.
<b>Bharadwaj et al. (2013)</b>	Reforçam que a estratégia digital deve ser parte integrante da estratégia empresarial, colocando a tecnologia no centro da vantagem competitiva.
<b>Li et al. (2018)</b>	Propõem um modelo de avaliação da maturidade digital, associando-a a indicadores de desempenho, agilidade e capacidade de inovação.
<b>Sebastian et al. (2020)</b>	Distinguem entre transformação digital exploratória (novos modelos de negócio) e de eficiência (otimização de processos).
<b>Verhoef et al. (2021)</b>	Argumentam que a transformação digital requer uma abordagem integrada, envolvendo múltiplas áreas da organização e uma visão sistémica.

<b>Hess et al. (2016)</b>	Enfatizam o papel da liderança e da cultura organizacional como fatores críticos para a concretização da transformação digital.
<b>Schallmo, Williams &amp; Boardman (2017)</b>	Propõem uma abordagem por fases para a transformação dos modelos de negócio, a partir da digitalização progressiva.
<b>Bouwman et al. (2019)</b>	Estudam o impacto da transformação digital em PME, evidenciando ganhos em flexibilidade, inovação e acesso a mercados digitais.
<b>Khurana, Dutta &amp; Ghura (2022)</b>	Demonstram que, durante crises como a pandemia de <i>Coronavirus Disease 2019</i> (Covid-19), as PME conseguem desenvolver resiliência organizacional através da transformação digital, fortalecendo a adaptação e a sobrevivência empresarial em ecossistemas empreendedores.
<b>Liu et al. (2011)</b>	Apresentam um estudo de caso detalhado sobre as barreiras e oportunidades da transformação digital no setor bancário.

Como se observa, a transformação digital é abordada por diferentes perspetivas desde a necessidade de alinhamento estratégico e cultural (Westerman *et al.*, Kane *et al.*), passando por propostas de modelos conceptuais (Vial, Li *et al.*), até à análise de casos aplicados em empresas reais (Liu *et al.*, Bouwman *et al.*). Esta diversidade de enfoques demonstra a complexidade e a relevância do fenómeno no contexto empresarial contemporâneo.

Na secção seguinte, será analisado o contexto empresarial em Portugal, com o objetivo de compreender o ponto de partida das organizações nacionais no seu processo de transformação digital.

## 2.2. Contexto empresarial em Portugal

O enquadramento da transformação digital nas organizações exige uma compreensão do contexto económico e empresarial em que estas operam. Será feito um levantamento do panorama empresarial nacional, analisando a composição e distribuição das empresas em Portugal e os níveis de digitalização registados nos últimos anos. Esta análise servirá de base para compreender o grau de preparação das organizações portuguesas face às exigências da era digital e às oportunidades que dela decorrem.

### 2.2.1. Caracterização das empresas em Portugal

O panorama económico nacional é amplamente marcado pela presença de microempresas e PME's, que constituem cerca de 99,9% do total de entidades empresariais ativas em Portugal (INE, 2023). Estas organizações são responsáveis por mais de 70% do emprego e por uma parte substancial do volume de negócios do setor empresarial não financeiro.

As microempresas, com menos de 10 trabalhadores, representam mais de 90% das empresas nacionais, refletindo o domínio de unidades produtivas de pequena escala e, muitas vezes, de base familiar. As pequenas (10 a 49 trabalhadores) e médias empresas (50 a 249 trabalhadores) têm um contributo relevante para o emprego qualificado e o valor acrescentado bruto, as grandes empresas, concentram os maiores volumes de investimento e atividade internacional.

Para além da dimensão, as empresas portuguesas distinguem-se também pelo setor de atividade económica em que se inserem, sendo esta classificação oficialmente regulada pela Classificação Portuguesa das Atividades Económicas (CAE), elaborada pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) e ajustada para Nomenclatura Estatística das Atividades Económicas (NACE). A CAE organiza as atividades de forma hierárquica em cinco níveis: Secções, Divisões, Grupos, Classes e Subclasses, sendo que as Secções correspondem ao nível mais agregado e que se identificam por letras, enquanto as subclasses apresentam o maior detalhe, através de códigos numéricos de cinco dígitos.

As secções da CAE atualmente em vigor em Portugal abrangem as seguintes áreas:

- **Secção A** – Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca;
- **Secção B** – Indústrias extrativas;
- **Secção C** – Indústrias transformadoras;
- **Secção D** – Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio;
- **Secção E** – Captação, tratamento e distribuição de água; saneamento, gestão de resíduos e despoluição;
- **Secção F** – Construção;
- **Secção G** – Comércio por grosso e a retalho; reparação de veículos automóveis e motociclos;
- **Secção H** – Transportes e armazenagem;
- **Secção I** – Alojamento, restauração e similares;
- **Secção J** – Atividades de informação e comunicação;
- **Secção K** – Atividades financeiras e de seguros;
- **Secção L** – Atividades imobiliárias;
- **Secção M** – Atividades de consultoria, científicas, técnicas e similares;
- **Secção N** – Atividades administrativas e dos serviços de apoio;
- **Secção P** – Educação;
- **Secção Q** – Atividades de saúde humana e apoio social;

- **Secção R** – Atividades artísticas, de espetáculos, desportivas e recreativas;
- **Secção S** – Outras atividades de serviço.

Em Portugal, predominam as atividades relacionadas com o comércio e serviços (secções G, I e M), refletindo a forte orientação do tecido empresarial para setores de menor intensidade capital e tecnológica, enquanto a indústria transformadora (secção C) e a agricultura e pesca (secção A) têm uma representação relativamente menor. Ainda assim, determinados subsectores industriais, como o calçado, a metalomecânica e a indústria automóvel, têm investido de forma crescente em tecnologias digitais e práticas da I4.0 como estratégia de competitividade internacional (Jafari-Sadeghi *et al.*, 2023; Amaral & Peças, 2021).

A tendência de crescimento sustentado no número de PME ao longo das últimas décadas pode ser observada na Figura 2.1, que mostra a evolução do número estimado de empresas deste segmento entre 2006 e 2023:

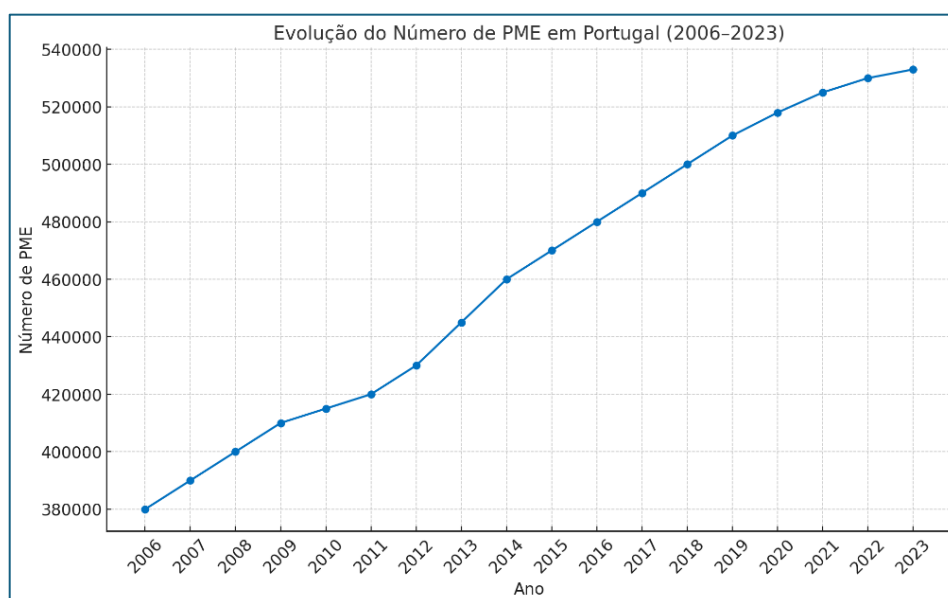


Figura 2.1 Evolução do número de PME em Portugal (2006-2023). *Adaptado do INE e Banco de Portugal.*

Como se observa, o número de PME em Portugal registou um crescimento contínuo, com um aumento de aproximadamente 150 000 empresas no espaço de menos de duas décadas. Esta evolução confirma a centralidade das PME na base económica portuguesa e levanta questões sobre a sua sustentabilidade e capacidade de adaptação às exigências tecnológicas e organizacionais da era digital. Nestas empresas predominam as atividades de comércio e serviços, com menor representação da indústria transformadora e da agricultura, no entanto, setores como o calçado, a metalomecânica e a indústria automóvel destacam-se pelo investimento crescente em tecnologias digitais e práticas associadas à I4.0 para que se consigam manter competitivas no mercado (Jafari-Sadeghi *et al.*, 2023; Amaral & Peças, 2021).

Apesar da sua importância estratégica, as PME enfrentam diversos desafios estruturais. Segundo Franco, Godinho e Rodrigues (2021), as principais limitações incluem a escassez de

competências digitais, o acesso restrito a financiamento, a resistência à mudança dos colaboradores e uma cultura empresarial ainda fortemente marcada por modelos de gestão tradicionais. Com estas limitações é possível perceber-se e compreender melhor o ponto de partida das empresas portuguesas em relação à transformação digital, e que serve de base para analisar os níveis de digitalização.

### 2.2.2. Níveis de digitalização das empresas portuguesas

A digitalização das empresas é um dos pilares fundamentais da competitividade no contexto atual da I4.0. Em Portugal, apesar dos avanços registados nos últimos anos, os níveis de maturidade digital das organizações, especialmente das PME, permanecem abaixo do desejável, revelando lacunas significativas em áreas como integração tecnológica, competências digitais e automação de processos (Amaral & Peças, 2021).

De acordo com o *Digital Decade Country Report – Portugal (2023)*, cerca de 70% das PME portuguesas atingem um nível básico de intensidade digital, o que representa um valor ligeiramente acima da média da União Europeia (69%), como mostra a Figura 2.2. No entanto, existem problemas significativos na adoção de tecnologias mais avançadas, como é possível ver na Figura 2.3, Figura 2.4 e Figura 2.5, respetivamente, apenas 11% recorrem a *big data*, 29% das PME utilizam *cloud computing*, e 17% aplicam soluções de IA, embora este último valor seja superior à média da UE (8%).

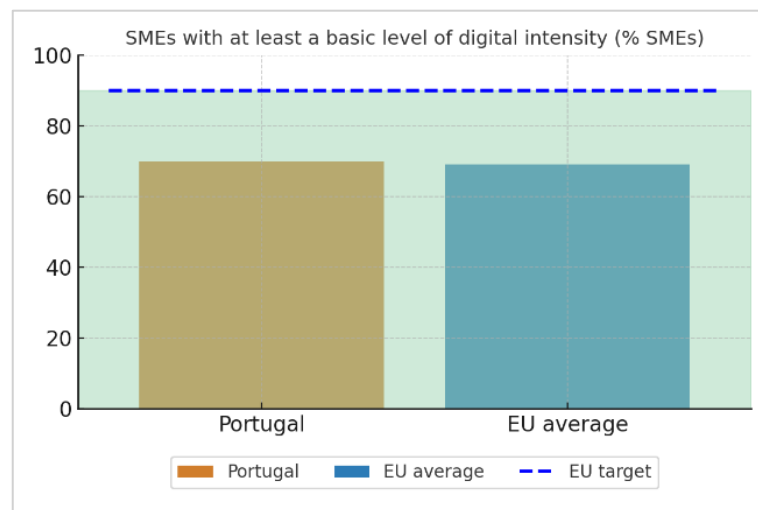


Figura 2.2 Intensidade Digital (% PME). Digital Decade Country Report – Portugal, Comissão Europeia (2023).

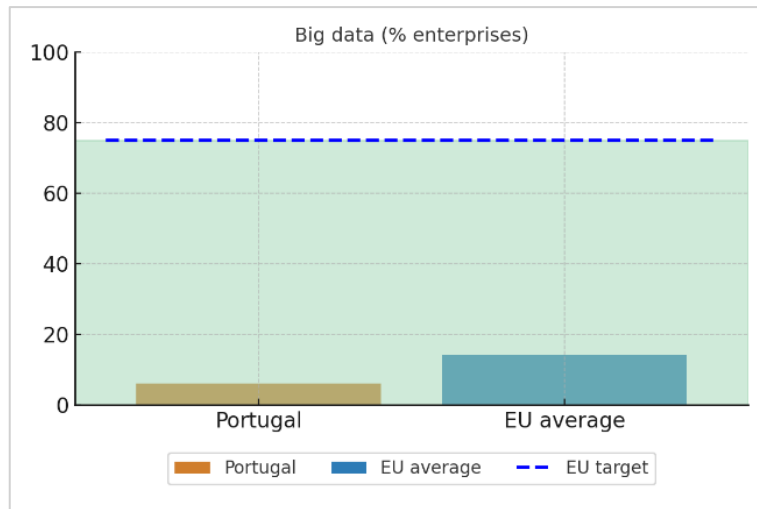


Figura 2.3 Big Data (% Empresas). Digital Decade Country Report – Portugal, Comissão Europeia (2023).

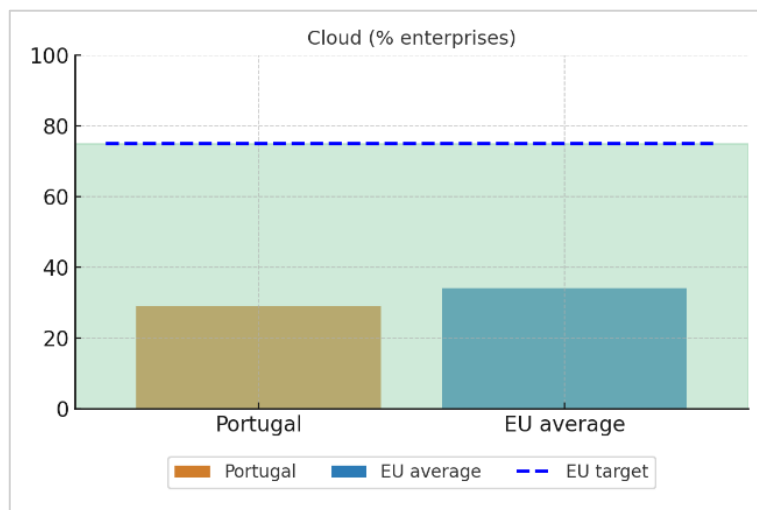


Figura 2.4 Cloud (% Empresas). Digital Decade Country Report – Portugal, Comissão Europeia (2023).

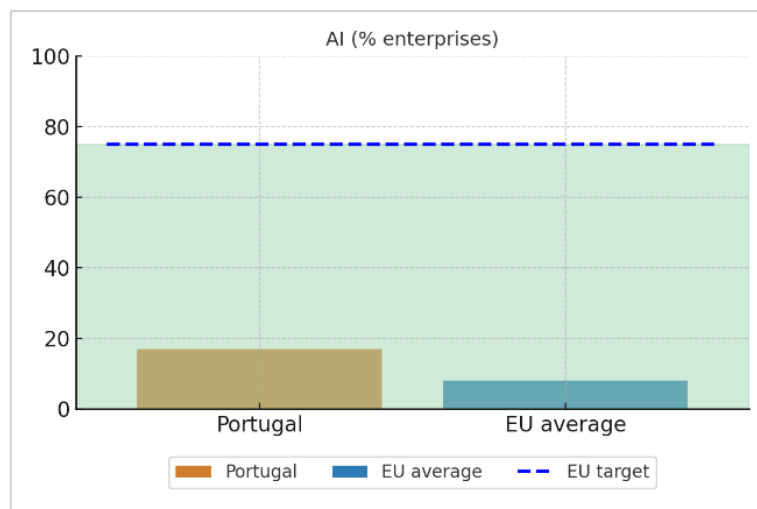


Figura 2.5 IA (% Empresas). Digital Decade Country Report – Portugal, Comissão Europeia (2023).

Uma das principais barreiras à digitalização das empresas portuguesas é resultado da falta de competências digitais internas, confirmada pelo facto de apenas cerca de 23% das empresas terem especialistas em Tecnologias de Informação (TI) nos seus quadros (Eurostat, 2022), pelo que esta limitação é agravada pela dificuldade em recrutar perfis qualificados e pelo reduzido investimento em formação contínua em tecnologias digitais.

## 2.3. Indústria 4.0

Este subcapítulo aborda o conceito de I4.0, explorando a sua origem, evolução e impacto no contexto empresarial. Serão apresentados os principais pilares tecnológicos que sustentam esta nova revolução industrial, bem como a forma como as Pequenas e Médias Empresas (PME) têm vindo a adotar estas tecnologias. A compreensão destes aspetos é essencial para enquadrar os desafios e oportunidades da transformação digital nas organizações.

### 2.3.1. Enquadramento e origem do conceito

O conceito de I4.0 teve origem na Alemanha, em 2011, durante a Feira de Hannover, no âmbito da *High-Tech Strategy 2020 Action Plan*. O termo surgiu como resposta à necessidade de reforçar a competitividade da indústria alemã, promovendo a modernização tecnológica através da integração de sistemas digitais avançados e da interconectividade em rede, que posteriormente, foi consolidado em documentos estratégicos elaborados pelo governo alemão, nomeadamente pela *Plattform Industrie 4.0*, que definiu linhas orientadoras para a transformação digital da indústria (Pereira & Romero, 2017; Oliveira, 2021).

A primeira revolução industrial, ocorrida entre o final do século XVIII e meados do século XIX, foi marcada pela introdução da máquina a vapor e pela mecanização dos processos produtivos. Esta transformação permitiu substituir em grande medida o trabalho manual e artesanal, potenciando o aumento exponencial da produção e o surgimento das primeiras fábricas modernas (Groumpos, 2021).

A segunda revolução industrial, no final do século XIX e início do século XX, foi caracterizada pela eletricidade, motor a combustão, aço, petróleo e químicos, que possibilitaram a produção em massa e a generalização das linhas de montagem. Este período consolidou a industrialização em larga escala e trouxe inovações organizacionais como a gestão científica de Frederick Taylor, que padronizou processos e aumentou a eficiência (Groumpos, 2021).

A terceira revolução industrial, iniciada na segunda metade do século XX, introduziu a eletrónica, a informática e as telecomunicações como motores da transformação industrial. O desenvolvimento dos computadores, da *Internet* e da automação permitiu digitalizar processos produtivos e criar sistemas de controlo mais fiáveis, como o Controlo Numérico Computorizado (CNC). Este período marcou a era da automação e da integração de TI nos negócios e na indústria (Groumpos, 2021).

A quarta revolução industrial, também conhecida como I4.0, iniciou-se em 2011, associada à estratégia alemã *High-Tech 2020*, e caracteriza-se pela conectividade digital e pela ligação de Cyber-Physical Systems (CPS), *IoT*, IA, *blockchain*, impressão 3D (3 Dimensões), realidade aumentada e *big data*. Esta nova fase permite a interconexão de máquinas, materiais e sistemas inteligentes, com mínima intervenção humana, favorecendo a produção flexível, acompanhamento digital e tomada de decisão em tempo real. Durante a pandemia de *Covid-19*, demonstrou-se como a I4.0 fornece soluções digitais, ao integrar o físico, o biológico e o digital num mesmo ecossistema (Pereira & Romero, 2017; Baltazar, 2021).

Para sintetizar as principais características de cada uma das revoluções industriais, apresenta-se a Tabela 2.2, que resume os períodos históricos, tecnologias-chave e impactos associados.

Tabela 2.2 Principais características das Revoluções.

Revolução	Período histórico	Tecnologias-chave	Impactos principais
<b>1ª Revolução Industrial</b>	Final do séc. XVIII – meados do séc. XIX	Máquina a vapor, tear mecânico, mecanização.	Aparecimento das fábricas; aumento da produção; início da industrialização moderna e urbanização.
<b>2ª Revolução Industrial</b>	Final do séc. XIX – início do séc. XX	Eletricidade, motor a combustão, aço, petróleo, químicos, linhas de montagem.	Produção em massa; surgimento das indústrias de grande escala; gestão científica de Taylor; transporte e comunicações em expansão.
<b>3ª Revolução Industrial</b>	Décadas de 1960 – 2000	Eletrónica, informática, computadores, telecomunicações, controlo numérico (CNC), Internet.	Automação e digitalização; aumento da eficiência e produtividade; globalização das cadeias de valor; integração da tecnologia da informação na indústria.
<b>4ª Revolução Industrial (I4.0)</b>	2011-2020	<i>CPS, IoT, IA, big data, blockchain, realidade aumentada, impressão 3D, cloud computing.</i>	Fábricas inteligentes ( <i>smart factories</i> ); interconectividade em tempo real; tomada de decisão baseada em dados; rastreabilidade digital.

Os pilares fundamentais da I4.0 incluem a integração vertical e horizontal das cadeias de valor, a integração entre sistemas, a automação inteligente, a *cloud*, a impressão 3D, a realidade aumentada e a robótica (Oliveira, 2021; Baltazar, 2021). Mais do que uma simples evolução

tecnológica, este paradigma representa uma transformação organizacional, alterando a forma como as empresas desenvolvem produtos, gerem processos e interagem com clientes e fornecedores (Ferreira, 2020; Teixeira, 2023).

Neste enquadramento, a I4.0 deve ser entendida não apenas como uma mudança tecnológica, mas sobretudo como um novo paradigma industrial e socioeconómico, que conjuga inovação digital, transformação organizacional e reconfiguração das cadeias de valor globais, representando um desafio e, simultaneamente, uma oportunidade para a competitividade empresarial.

### 2.3.2. Pilares tecnológicos da Indústria 4.0

A I4.0 assenta num conjunto de tecnologias habilitadoras que permitem a integração entre o mundo físico e o digital, potenciando processos produtivos mais inteligentes, flexíveis e eficientes. Estes pilares tecnológicos, também designados como “tecnologias facilitadoras”, constituem a base das *smart factories* e encontram-se interligados de forma organizada, possibilitando novos modelos de negócio e de criação de valor (Pereira & Romero, 2017; Oliveira, 2021). Como tal, de acordo com Elnadi & Abdallah, (2023):

- **Internet of things (IoT)** – interligação de dispositivos, sensores e máquinas que comunicam em rede, recolhendo e trocando dados em tempo real. No contexto industrial, fala-se em *Industrial IoT* (IIoT), que permite monitorizar equipamentos, prever falhas e otimizar linhas de produção. Este pilar é essencial para criar fábricas inteligentes, em que os fluxos de informação suportam processos autónomos e decisões rápidas. A sua utilização facilita ainda a rastreabilidade e transparência em toda a cadeia de valor, do fornecedor ao cliente final;
- **Big Data** – O *big data* refere-se ao processamento de grandes volumes de dados estruturados e não estruturados provenientes de sensores, máquinas e sistemas de gestão. Através da aplicação de *Analytics* e algoritmos de IA, esses dados são transformados em informação útil para decisões estratégicas e operacionais. Isto permite, por exemplo, prever necessidades de manutenção, otimizar consumos energéticos e identificar padrões de comportamento dos clientes. A análise em tempo real constitui uma vantagem competitiva, permitindo maior eficiência e inovação;
- **Integração de Sistemas** – Este pilar traduz-se na ligação entre todos os processos da cadeia de valor (integração horizontal) e entre os diferentes níveis da empresa, do topo da gestão ao chão de fábrica (integração vertical). A integração promove a interoperabilidade entre sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Manufacturing Execution System* (MES), *Product Lifecycle Management* (PLM) e outros, assegurando consistência da informação em toda a organização. Com esta abordagem, as empresas conseguem responder mais rapidamente às mudanças da procura, melhorar a colaboração com fornecedores e reforçar a personalização

da oferta. É um elemento-chave para transformar cadeias lineares em redes digitais dinâmicas;

- **Cloud** – A *Cloud Computing* permite armazenar e processar dados em plataformas remotas, com vantagens de crescimento, flexibilidade e redução de custos de infraestrutura. Já o *Edge Computing* complementa esta abordagem, processando dados junto da origem (equipamentos e sensores), diminuindo a latência e permitindo decisões quase imediatas. Estas tecnologias são fundamentais para lidar com os enormes volumes de informação gerados pela *IoT* e pelo *big data*. Em conjunto, oferecem suporte a aplicações críticas como manutenção preditiva e controlo em tempo real da produção;
- **Cibersegurança** – A digitalização expõe as empresas a riscos acrescidos de ataques cibernéticos, pelo que a cibersegurança é um pilar transversal da I4.0. Este pilar inclui práticas de proteção de redes, sistemas e dados, garantindo a integridade, confidencialidade e disponibilidade da informação. O aumento da conectividade através da *IoT* e da *cloud* exige soluções robustas de encriptação, autenticação e monitorização contínua. Sem uma abordagem sólida de segurança digital, a confiança em sistemas interconectados pode ficar comprometida, atrasando a adoção da I4.0;
- **Impressão 3D** – O fabrico aditivo permite produzir peças camada a camada, diretamente a partir de modelos digitais, recorrendo a materiais como polímeros, metais e compósitos. Esta tecnologia favorece a customização em massa, reduz desperdícios e diminui os prazos de desenvolvimento de novos produtos. Além disso, possibilita a prototipagem rápida e a produção descentralizada, próxima do consumidor final. A impressão 3D está a transformar indústrias como a aeronáutica, automóvel e saúde, com processos mais flexíveis e sustentáveis;
- **Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV)** – Estas tecnologias permitem criar ambientes virtuais ou sobrepor informação digital ao mundo real. No setor industrial, são aplicadas na formação de trabalhadores, apoio à manutenção remota e design de produtos. A RA e a RV aumentam a eficiência ao permitir que operadores visualizem instruções em tempo real ou simulem cenários complexos antes da execução prática, de modo a reduzir erros, custos e tempos de inatividade. São também ferramentas relevantes para melhorar a colaboração em equipas distribuídas globalmente;
- **Simulação e Gémeos Digitais (*Digital Twins*)** – Permite criar modelos virtuais de processos, produtos ou sistemas, possibilitando testar hipóteses sem comprometer a produção real. A evolução deste conceito deu origem aos gémeos digitais, réplicas virtuais que refletem o estado de ativos físicos em tempo real. Estes gémeos possibilitam prever desempenhos, antecipar falhas e otimizar operações. A aplicação em áreas como logística, manutenção e desenvolvimento de produtos

tem demonstrado ganhos expressivos de eficiência. Constitui, por isso, um dos pilares mais estratégicos da I4.0;

- **Automação e Robótica Avançada** – Abrange robôs autônomos e *cobots* que trabalham lado a lado com operadores humanos. Estes sistemas oferecem flexibilidade, adaptando-se a diferentes tarefas e ambientes de produção, ao contrário dos robôs tradicionais programados para operações fixas. Os *cobots* aumentam a produtividade sem comprometer a segurança, libertando trabalhadores de tarefas repetitivas e de menor valor acrescentado. Além disso, a integração com IA e sensores de última geração permite decisões rápidas e maior autonomia operacional.

Os pilares tecnológicos da I4.0, descritos anteriormente, podem ser melhor compreendidos através da Figura 2.6, que os apresenta de forma sistematizada e visual. Esta representação permite perceber a interligação entre as diferentes tecnologias, evidenciando o papel central que desempenham na transformação digital e no desenvolvimento das fábricas inteligentes.

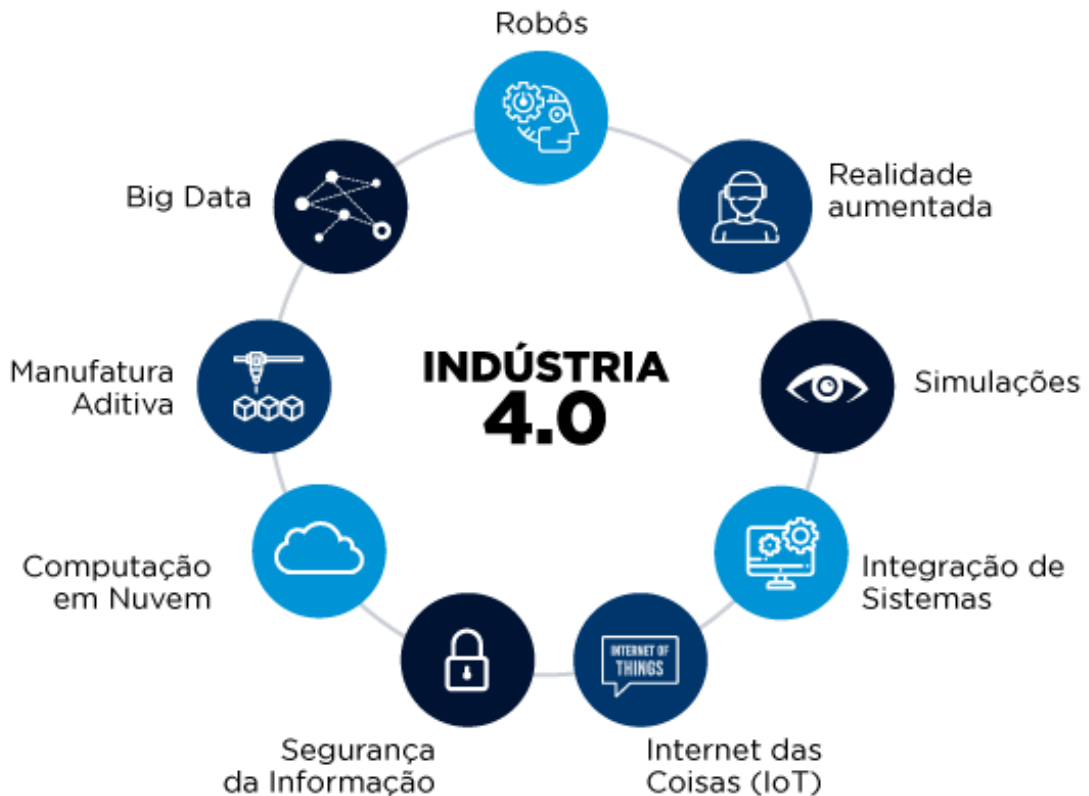


Figura 2.6 Pilares Tecnológicos da I4.0. Adaptado de Rößmann et al. (2015), Boston Consulting Group (BCG).

## 2.4. Indústria 5.0

### 2.4.1. Conceito e evolução

A I5.0 representa a etapa mais recente da evolução industrial e traduz-se numa nova visão para o desenvolvimento económico e social, que vai além da digitalização e automação produtiva, que surgiu como uma resposta às limitações da I4.0. Este novo paradigma introduz a ideia de uma indústria centrada no ser humano, sustentável e resiliente, em que o progresso tecnológico é colocado ao serviço do ser humano e da sociedade, e não apenas da eficiência produtiva (European Commission, 2021; Huang *et al.*, 2022). O conceito foi inicialmente promovido pela Comissão Europeia em 2021, no âmbito da sua estratégia para a dupla transição digital e verde, e rapidamente ganhou espaço no debate académico e político. A I5.0 propõe um modelo que articula inovação tecnológica com valores sociais e ambientais, promovendo a colaboração entre pessoas e máquinas, a eficiência energética, a economia circular e a resiliência das cadeias de valor (European Commission, 2023; Ziatdinov *et al.*, 2024). O termo começou a ganhar destaque em 2015, inicialmente promovido por Michael Rada, e foi formalmente consolidado em 2021 através da Comissão Europeia, no documento *Industry 5.0: Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry*. Esta visão propõe que a indústria deve contribuir não apenas para o crescimento económico, mas também para o bem-estar humano e para o equilíbrio ambiental, alinhando-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

A sua evolução pode ser compreendida na Figura 2.7 onde mostra a história das revoluções industriais, onde cada etapa corresponde a avanços que transformaram profundamente a economia e a sociedade: da mecanização a vapor da Indústria 1.0, à eletrificação e produção em massa da Indústria 2.0, seguida pela automação digital da Indústria 3.0, e pela digitalização interconectada da I4.0. A I5.0 aparece como a fase seguinte, marcada pela integração de tecnologias avançadas com objetivos humanos e ambientais (Schwab, 2017; Prause, 2019).

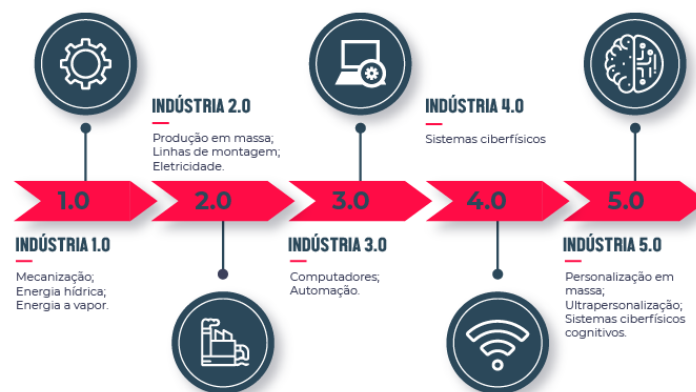


Figura 2.7 Evolução das revoluções industriais até à I5.0 (Furniture Magazine Online — Ready for Industry 5.0, 2022)

Desta forma, a I5.0 deve ser vista como a consolidação de um novo paradigma industrial, em que inovação, resiliência e sustentabilidade se tornam os eixos centrais da atividade

produtiva, cuja evolução traduz não apenas uma transformação tecnológica, mas sobretudo uma mudança de mentalidade, que pretende garantir que o progresso industrial contribui para o bem-estar humano e para um futuro mais sustentável, como é possível observar na Figura 2.8.



Figura 2.8 Valores da I5.0 (Xu et al., 2021).

De acordo com Xu *et al.*, (2021), a I5.0 traz um conjunto de vantagens estratégicas e sociais que ultrapassam os ganhos tradicionais de produtividade e eficiência, destacando-se:

- **Humanização:** valoriza os trabalhadores como ativos essenciais, promovendo ambientes de trabalho mais acessíveis, inclusivos e motivadores;
- **Resiliência:** fortalece a capacidade das empresas de responderem a crises e adaptarem-se a mudanças imprevistas, assegurando flexibilidade operacional e vantagem competitiva;
- **Análise preditiva e formação contínua:** utiliza dados e IA para apoiar decisões informadas, otimizar recursos e promover a aprendizagem contínua dos colaboradores;
- **Sustentabilidade:** reforça o compromisso com a responsabilidade ambiental e social, reduzindo o impacto ecológico e melhorando a reputação corporativa;
- **Eficiência energética e redução de desperdício:** implementa práticas circulares que reduzem custos energéticos e resíduos, beneficiando simultaneamente a empresa e o meio ambiente;

Estas vantagens demonstram que a I5.0 não se limita a um avanço tecnológico, mas representa uma mudança paradigmática na relação entre indústria, sociedade e planeta.

## 2.4.2. Sociedade 5.0

A S5.0 surge como uma visão inovadora de sociedade que pretende conciliar o avanço tecnológico com o bem-estar humano e o desenvolvimento sustentável. Este conceito foi introduzido pelo Governo do Japão, em 2016, no *5th Science and Technology Basic Plan*, como

resposta aos desafios sociais, económicos e demográficos do país, entre os quais se destacam o envelhecimento populacional, a estagnação económica e a necessidade de um modelo de crescimento mais inclusivo e sustentável (Hitachi-UTokyo Laboratory, 2020; Fukuyama, 2018).

Também designada por *Super Smart Society*, representa a quinta etapa da evolução social humana, sucedendo à sociedade de caçadores e recolectores (Sociedade 1.0), à sociedade agrícola (2.0), à sociedade industrial (3.0) e à sociedade da informação (4.0). Esta nova fase é caracterizada pela integração entre o ciberespaço e o espaço físico, através da aplicação de tecnologias emergentes como a IA, o *IoT*, o *big data*, a robótica inteligente e o 5G (Quinta Geração), com o propósito de criar uma sociedade centrada nas pessoas, inclusiva, sustentável e inteligente, como também é possível observar na Figura 2.9, a transformação da sociedade e evolução da indústria (Huang et al., 2022; Ziatdinov et al., 2024).

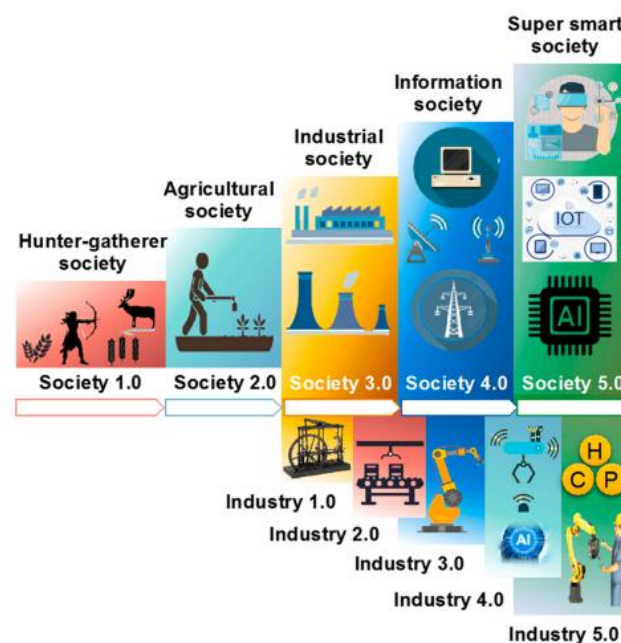


Figura 2.9 Transformação da Sociedade e evolução da Indústria (Huang et al., 2022).

Mais do que uma continuação da Sociedade 4.0, a S5.0 é uma transformação social abrangente, que procura resolver problemas complexos através de soluções digitais centradas no ser humano com a principal ambição de colocar a tecnologia ao serviço das pessoas, garantindo que a inovação científica e tecnológica contribui para o bem-estar coletivo, a equidade social e a sustentabilidade ambiental (Hitachi-UTokyo Laboratory, 2020; Ziatdinov *et al.*, 2024).

Ziatdinov, Atteraya e Nabiyeu (2024) identificam a S5.0 como um passo transformador da quinta revolução industrial, onde a integração homem-máquina assume uma dimensão social, cujo paradigma assenta em quatro princípios centrais:

1. **Humanização da tecnologia** – A tecnologia é desenhada para servir as necessidades humanas, promovendo qualidade de vida e inclusão social, ao invés de substituir o ser humano no trabalho;

2. **Sustentabilidade e bem-estar coletivo** – A S5.0 alinha-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), propondo um equilíbrio entre crescimento económico, justiça social e preservação ambiental;
3. **Inovação social e colaboração** – O avanço tecnológico deve ser acompanhado de inovação social, criando novas formas de cooperação entre governos, empresas, universidades e cidadãos (Alves, 2023);
4. **Segurança e ética digital** – A proteção da privacidade e a cibersegurança são elementos estruturantes, garantindo que a digitalização ocorre de forma ética e responsável.

Embora sejam conceitos distintos, a S5.0 e a I5.0 são interdependentes e complementares. A I5.0 fornece as bases tecnológicas e produtivas que permitem concretizar a S5.0, enquanto esta orienta o uso ético e socialmente responsável dessas tecnologias (Huang *et al.*, 2022; Alves, 2023). Assim, a S5.0 expande a lógica da I5.0 ao conjunto da sociedade, pretendendo um modelo de desenvolvimento inteligente, colaborativo e centrado nas pessoas.

### ***2.4.3. Diferenças e complementaridades com a Indústria 4.0***

A transição da I4.0 para a I5.0 reflete uma transformação profunda no modo como a tecnologia e o ser humano se relacionam no ambiente industrial. Enquanto a I4.0 se caracteriza por uma abordagem focada na automação, digitalização e eficiência produtiva, a I5.0 introduz uma visão humana, na qual a inovação tecnológica é orientada por valores de sustentabilidade, inclusão e bem-estar (European Commission, 2021; Xu *et al.*, 2021).

Na I4.0, o destaque recai sobre a utilização de tecnologias como IA, *IoT*, *big data* e *CPS*, procurando integrar processos, otimizar recursos e aumentar a competitividade global (Grabowska *et al.*, 2022). Este paradigma revolucionou o setor industrial desde 2011, mas também gerou críticas relacionadas à desumanização do trabalho e à ausência de preocupações sociais e ambientais. Do outro lado, surgiu a I5.0 que procura restabelecer o equilíbrio entre a eficiência tecnológica e os valores humanos, utilizando a automação como ferramenta de apoio, e não de substituição do trabalhador (Grabowska *et al.*, 2022; Pereira & dos Santos, 2023). A principal distinção entre ambos os paradigmas, está na finalidade atribuída à tecnologia, em que a I4.0 utiliza a digitalização e a robótica para maximizar a produtividade e reduzir custos, enquanto a I5.0 propõe uma integração colaborativa entre humanos e máquinas, promovendo a criatividade, o pensamento crítico e a personalização dos produtos, o que na nova lógica, as máquinas executam as tarefas repetitivas e perigosas, libertando os trabalhadores para funções mais estratégicas e criativas (Tóth *et al.*, 2023).

Além do foco humano, a I5.0 amplia a sua atuação para dimensões sociais e ambientais, enquanto a I4.0 tratava a sustentabilidade como consequência da eficiência energética, a I5.0 coloca-a no centro das operações, defendendo modelos produtivos alinhados aos ODS das Nações Unidas (European Commission, 2021). Essa mudança reflete uma nova consciência

empresarial, que considera o impacto ambiental e o papel social das organizações como determinantes da competitividade e da legitimidade industrial (European Commission, 2021). A I4.0 baseia-se em processos altamente otimizados, mas vulneráveis a disrupções, como se verificou durante a pandemia de *Covid-19*. Já a I5.0 propõe sistemas produtivos adaptativos e flexíveis, capazes de responder rapidamente a crises e alterações do mercado, integrando dados, IA e competências humanas para prever riscos e garantir continuidade operacional (Grabowska *et al.*, 2022). Contudo, a relação entre as duas abordagens não é de substituição, mas de complementaridade, visto que a I5.0 não rejeita as bases tecnológicas da I4.0; pelo contrário, reinterpreta-as sob uma ótica ética e sustentável, integrando valores sociais e ecológicos à estrutura tecnológica existente (Xu *et al.*, 2021; Moblicci, 2024).

Enquanto alguns autores (Leng *et al.*, 2022; Alves, 2023) descrevem a I5.0 como uma nova revolução industrial — com características únicas de personalização, colaboração homem-máquina e consciência ambiental —, outros defendem que ela constitui uma evolução natural da I4.0, alargando os seus objetivos para incluir o bem-estar humano e o desenvolvimento sustentável. Em ambos os casos, a I5.0 representa um avanço conceptual, que amplia a função da indústria para além do lucro e da produtividade. Assim, é possível afirmar que a I4.0 forneceu a base tecnológica necessária para o aparecimento da I5.0. O futuro industrial depende da integração equilibrada entre os dois paradigmas, onde a eficiência digital e a IA caminham lado a lado com a criatividade humana, a sustentabilidade e o propósito social.

De forma a sintetizar as principais distinções e complementaridades entre os dois paradigmas, a Tabela 2.3 apresenta uma comparação dos elementos estruturantes da I4.0 e da I5.0. Esta análise comparativa permite compreender como o enfoque tecnológico e produtivo entre os dois.

Tabela 2.3 Comparação de vários aspetos entre I4.0 e I5.0.

Aspeto de Análise	Indústria 4.0	Indústria 5.0
Orientação principal	Paradigma tecnológico e produtivo centrado na automação, digitalização e eficiência operacional.	Paradigma focado no ser-humano orientado por valores éticos, sociais e ambientais, com foco no bem-estar e sustentabilidade.
Papel da tecnologia	A tecnologia é o motor do processo industrial, usada para maximizar produtividade e reduzir custos.	A tecnologia é um meio de valorização das capacidades humanas e de apoio à inovação social e sustentável.
Papel do ser humano	O trabalhador é visto como supervisor de sistemas automatizados, com funções limitadas à monitorização.	O trabalhador é parceiro ativo da tecnologia, desempenhando papéis criativos, estratégicos e colaborativos.

Objetivo central	Aumentar a competitividade, eficiência e integração digital nas cadeias de valor.	Promover a colaboração homem-máquina, a personalização em massa e a criação de valor social e ambiental.
Sustentabilidade	Considerada um resultado indireto da eficiência energética e da automação.	Integrada como princípio orientador, em alinhamento com os (ODS).
Resiliência	Estruturas produtivas otimizadas, mas rígidas e vulneráveis a crises e disrupções.	Sistemas adaptativos, flexíveis e capazes de responder rapidamente a imprevistos e mudanças no mercado.
Modelo económico	Enfatiza o lucro, o desempenho e a redução de custos.	Valoriza a prosperidade partilhada e a criação de valor para todos os <i>stakeholders</i> .
Visão organizacional	Estruturas hierárquicas e baseadas na eficiência.	Estruturas colaborativas, inclusivas e orientadas à inovação e responsabilidade social.
Natureza da relação homem-máquina	Substituição do trabalho humano por robôs.	Cooperação entre humanos e tecnologias inteligentes.

A análise comparativa apresentada evidencia que a I5.0 não deve ser vista como uma substituição da I4.0, mas como a sua evolução natural e complementar. As tecnologias desenvolvidas no âmbito da I4.0, constituem a base técnica que viabiliza os princípios humanistas, sustentáveis e colaborativos da I5.0.

## 2.5. Impacto da Indústria 4.0 nas Organizações

### 2.5.1. Benefícios estratégicos e operacionais

A implementação da I4.0 tem vindo a ser reconhecida como um vetor transformador para organizações de diferentes setores, oferecendo benefícios que podem ser classificados em duas dimensões complementares: estratégicos e operacionais, enquanto que os primeiros se relacionam com a criação de vantagem competitiva sustentável, abertura de novos modelos de negócio e reforço da resiliência organizacional, os segundos incidem na eficiência dos processos, redução de custos e aumento da qualidade e flexibilidade produtiva (Pereira & Romero, 2017; Moeuf *et al.*, 2018).

No plano estratégico, a I4.0 promove a integração das empresas em cadeias de valor globais, permitindo-lhes aceder a mercados mais dinâmicos e exigentes. Esta integração é possibilitada pela digitalização e interconexão de processos, que asseguram uma comunicação fluida entre clientes, fornecedores e parceiros (Masood & Sonntag, 2020). A adoção de tecnologias como *IoT*, *big data* e *CPS* gera novos modelos de negócio baseados em dados e em serviços associados ao produto. (Kamble *et al.*, 2018). A transição de modelos centrados exclusivamente em bens para soluções híbridas produto-serviço tem sido vista como essencial para sustentar a competitividade em setores maduros (Ferreira, 2020). Existe outro benefício estratégico que se prende com a capacidade de inovação e personalização em massa cuja combinação de fabrico aditivo, robótica e análise de dados permite às organizações desenvolver produtos customizados, alinhados com as preferências individuais dos consumidores, sem perder economias de escala (Oliveira, 2021). Este aspeto é relevante num contexto em que os clientes valorizam experiências únicas e soluções adaptadas, tornando a personalização um fator diferenciador para as empresas (Mittal *et al.*, 2018). Ainda numa perspetiva estratégica, a I4.0 contribui para a sustentabilidade e resiliência organizacional, respondendo aos desafios ambientais e sociais que caracterizam a economia contemporânea.

A integração de tecnologias digitais permite monitorizar consumos energéticos, otimizar a utilização de matérias-primas e reduzir desperdícios, alinhando-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos pela União Europeia (Baltazar, 2021; Ziatdinov *et al.*, 2024). Simultaneamente, a capacidade de recolher e analisar dados em tempo real aumenta a resiliência das cadeias de fornecimento, possibilitando respostas rápidas a interrupções e crises, como ficou demonstrado durante a pandemia de *Covid-19* (Moeuf *et al.*, 2018).

No plano operacional, os benefícios mais evidentes da I4.0 relacionam-se com a eficiência e redução de custos. A automação avançada e a digitalização de processos permitem eliminar redundâncias, reduzir tempos de ciclo e melhorar a utilização dos equipamentos, conduzindo a aumentos significativos de produtividade (Oliveira, 2021). Estudos de caso realizados em Portugal, demonstram que a digitalização de processos de controlo de produção permite não apenas ganhos de eficiência, mas também uma maior transparência nos indicadores de desempenho, facilitando a tomada de decisão baseada em dados (Teixeira, 2023). Outro benefício operacional central é a melhoria da qualidade e da rastreabilidade. A utilização de sensores e sistemas *IoT*, em conjunto com tecnologias como *blockchain* e gémeos digitais, permite acompanhar em tempo real o estado dos produtos e processos, garantindo elevados padrões de conformidade e reduzindo a probabilidade de defeitos (Boyes *et al.*, 2018). Esta capacidade é particularmente valorizada em setores regulados, como a indústria alimentar e farmacêutica, onde a rastreabilidade constitui não apenas um requisito legal, mas também um fator de confiança para os consumidores (Lu, 2017). A flexibilidade e rapidez de resposta representam igualmente um ganho operacional crucial. Através da integração horizontal e vertical de sistemas, as empresas conseguem adaptar rapidamente a produção às variações da procura, introduzir novos produtos com menor tempo de colocação no mercado (*time-to-market*) e ajustar as cadeias logísticas em função de alterações externas (Hermann *et al.*, 2016; Kumar

*et al.*, 2022). A flexibilidade de produção é um fator-chave para organizações que operam em ambientes competitivos e sujeitos a volatilidade (Moeuf *et al.*, 2018). A gestão de dados e a tomada de decisão suportada em *analytics* constituem igualmente benefícios operacionais decisivos. O *big data*, quando aliado a algoritmos de IA, permite prever falhas em equipamentos, antecipar necessidades de manutenção e otimizar o planeamento da produção (Wamba *et al.*, 2015). Estes mecanismos de previsão e simulação contribuem para reduzir paragens não planeadas e aumentar a fiabilidade dos processos (Tao *et al.*, 2018).

De forma transversal, importa salientar que os benefícios estratégicos e operacionais estão intrinsecamente ligados: a eficiência interna gera capacidade de competir globalmente; a inovação em produtos e serviços resulta de processos digitais mais ágeis; e a sustentabilidade operacional reforça a legitimidade estratégica das organizações. Para clarificar, a tabela 2.4 apresenta um comparativo dos principais benefícios identificados na literatura.

Tabela 2.4 Benefícios estratégicos e operacionais da I4.0 nas organizações.

Dimensão	Benefícios identificados	Fontes
<b>Estratégicos</b>	- Integração em cadeias de valor globais.	Masood & Sonntag (2020); Kamble <i>et al.</i> (2018); Oliveira (2021); Baltazar (2021); Ziatdinov <i>et al.</i> (2024).
	- Criação de novos modelos de negócio baseados em dados e serviços.	
	- Inovação e personalização em massa ( <i>mass customization</i> ).	
	- Sustentabilidade e resiliência organizacional (eficiência energética, redução de desperdícios, alinhamento com ODS).	
	- Vantagem competitiva sustentável e diferenciação no mercado.	
<b>Operacionais</b>	- Aumento da eficiência e produtividade.	Oliveira (2021); Boyes <i>et al.</i> (2018); Lu (2017); Hermann <i>et al.</i> (2016); Wamba <i>et al.</i> (2015); Tao <i>et al.</i> (2018)
	- Redução de custos operacionais.	
	- Melhoria da qualidade e da rastreabilidade ( <i>IoT</i> , <i>blockchain</i> , gémeos digitais).	
	- Flexibilidade produtiva e rapidez de resposta ao mercado.	
	- Apoio à tomada de decisão em tempo real ( <i>Big Data &amp; Analytics</i> , IA).	
	- Redução de falhas e paragens não planeadas (manutenção preditiva).	

- Transparência em indicadores de desempenho e maior fiabilidade dos processos.
---

Em Portugal, os estudos mais recentes evidenciam que a maioria das organizações reconhece os potenciais benefícios da I4.0, mas a sua concretização ainda se encontra em fases iniciais. Relatórios da Comissão Europeia (2023) revelam que 70% das PME nacionais apresentam um nível básico de intensidade digital, valor semelhante à média europeia, mas com utilização ainda limitada de tecnologias avançadas como *big data* ou *cloud computing* (Portugal Digital Report, 2023). A investigação nacional também sublinha que os gestores identificam benefícios estratégicos claros — competitividade, sustentabilidade, inovação — mas continuam a enfrentar obstáculos significativos na tradução destes benefícios em ganhos operacionais consistentes (Fernandes, 2021; Teixeira, 2023).

### 2.5.2. Barreiras à implementação da Indústria 4.0/5.0

Apesar dos benefícios estratégicos e operacionais associados à I4.0, a sua implementação encontra-se frequentemente limitada por um conjunto de barreiras que dificultam a adoção e o desenvolvimento sustentado destas tecnologias. Estas barreiras não se restringem apenas a fatores financeiros ou tecnológicos, mas incluem também lacunas de competências, problemas de integração de sistemas, resistência cultural e constrangimentos relacionados com sustentabilidade. A compreensão destas limitações é fundamental para que organizações, em especial as pequenas e médias empresas (PME), possam delinear estratégias eficazes de transformação digital.

Uma das barreiras mais significativas prende-se com as competências digitais e tecnológicas. A introdução de sistemas de gestão integrados, como o *ERP* ou ferramentas avançadas de *Computer-Aided Design* (CAD) e *Computer-Aided Manufacturing* (CAM), requer formação especializada que muitas organizações não possuem (Schwab, 2017). Além disso, áreas como a programação, a automação industrial e a cibersegurança são frequentemente apontadas como críticas para a I4.0, mas continuam a representar lacunas de competências tanto em gestores como em trabalhadores operacionais (Prause, 2019). Esta falta de qualificação compromete a capacidade das empresas em implementar soluções digitais de forma eficaz e segura.

Outro desafio central relaciona-se com a gestão de dados. Tecnologias como o *big data* e a IA oferecem um enorme potencial para apoiar decisões estratégicas, otimizar processos e prever comportamentos de mercado. Contudo, muitas organizações enfrentam dificuldades em recolher, armazenar e interpretar grandes volumes de dados devido à falta de profissionais qualificados em *data science* e *machine learning* (Wamba *et al.*, 2015). Esta lacuna compromete a capacidade de gerar conhecimento acionável a partir da informação recolhida, limitando os ganhos da digitalização.

A integração de sistemas constitui outra barreira crítica. A adoção de soluções baseadas em *IoT* e *CPS* implica a interoperabilidade entre equipamentos, plataformas e redes, algo que muitas empresas ainda não conseguem garantir (European Commission, 2017). A fragmentação de normas, os sistemas legados e a ausência de infraestruturas digitais robustas dificultam a implementação de soluções integradas, especialmente em PME que operam com recursos limitados.

No que respeita às novas tecnologias de produção, como a robótica avançada, a impressão 3D ou as soluções de RA e RV, as barreiras são sobretudo económicas e organizacionais. O investimento inicial elevado, a escassez de casos de uso adaptados à realidade das PME e a falta de competências técnicas para explorar estas ferramentas dificultam a sua adoção generalizada (Prause, 2019). Embora estas tecnologias possam oferecer vantagens em termos de flexibilidade, prototipagem rápida e formação de trabalhadores, a sua aplicação prática continua restrita a empresas de maior dimensão e capacidade financeira.

A gestão e transformação organizacional também se destaca como barreira relevante. A adoção da *I4.0* exige não apenas mudanças tecnológicas, mas também alterações profundas na cultura organizacional e nos modelos de gestão. A resistência à mudança, a ausência de uma visão estratégica clara por parte da liderança e a dificuldade em promover uma cultura de inovação constituem entraves significativos (Lu *et al.*, 2021). Sem um compromisso efetivo da gestão de topo e políticas de gestão de mudança estruturadas, os investimentos tecnológicos tendem a não gerar os resultados esperados.

A sustentabilidade e a produção verde emergem igualmente como desafios na adoção da *I4.0*. Apesar do potencial das tecnologias digitais para promover eficiência energética, reduzir desperdícios e apoiar a economia circular, muitas empresas ainda não possuem estratégias ou recursos para alinhar a digitalização com objetivos de sustentabilidade (European Commission, 2017). A transição para processos produtivos sustentáveis exige não só investimento em tecnologia, mas também competências específicas em gestão ambiental e novos modelos de produção.

Por fim, a inovação e desenvolvimento de produto enfrentam obstáculos associados à integração de metodologias digitais e ágeis, como o *design thinking*. Embora estas ferramentas possam acelerar a criação de novos produtos e serviços, muitas organizações ainda carecem da agilidade e da estrutura necessárias para aplicá-las de forma sistemática (Schwab, 2017). A ausência de competências multidisciplinares e a dificuldade em articular equipas digitais com áreas tradicionais da empresa agravam estas limitações.

A literatura identifica diferentes grupos de barreiras que afetam diretamente a capacidade das organizações em concretizar a transformação digital. Para clarificar esta diversidade, a tabela 2.5 apresenta uma sistematização das principais barreiras identificadas.

Tabela 2.5 Principais barreiras à I4.0.

Categoria	Barreiras identificadas	Fontes
<b>Competências digitais e tecnológicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de formação em <i>software</i> e ferramentas digitais (<i>ERP</i>, <i>CAD</i>, etc.);</li> <li>- Lacunas em programação e automação industrial;</li> <li>- Escassez de competências em cibersegurança.</li> </ul>	Schwab (2017); Prause (2019)
<b>Gestão de dados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldades na recolha, armazenamento e análise de grandes volumes de dados;</li> <li>- Falta de especialistas em <i>data science</i>, IA e <i>machine learning</i>;</li> <li>- Incapacidade de transformar dados em conhecimento acionável.</li> </ul>	Lu, Papagiannidis & Li (2021)
<b>Integração de sistemas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fragmentação de normas e interoperabilidade limitada;</li> <li>- Sistemas legados obsoletos;</li> <li>- Infraestruturas digitais insuficientes (ex.: conectividade 5G).</li> </ul>	European Commission (2017)
<b>Novas tecnologias de produção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevados custos de investimento inicial;</li> <li>- Falta de casos de uso adaptados às PME;</li> <li>- Escassez de competências para operar robótica avançada, impressão 3D, RA/RV.</li> </ul>	Prause (2019)
<b>Gestão e transformação organizacional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistência cultural à mudança;</li> <li>- Ausência de visão estratégica por parte da liderança;</li> <li>- Dificuldade em promover uma cultura de inovação.</li> </ul>	Lu <i>et al.</i> (2021)
<b>Sustentabilidade e produção verde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldade em alinhar digitalização com objetivos ambientais;</li> <li>- Falta de recursos para investir em produção eficiente e economia circular;</li> <li>- Carência de competências em gestão ambiental.</li> </ul>	European Commission (2017)

<b>Inovação e desenvolvimento de produto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitações na aplicação de metodologias ágeis e <i>design thinking</i>;</li> <li>- Falta de competências multidisciplinares;</li> <li>- Barreiras à integração entre equipas digitais e tradicionais.</li> </ul>	Schwab (2017)
--	---	---------------

Apesar de a identificação destas barreiras revelar um cenário bastante desafiante, também constitui um ponto de partida essencial para a formulação de estratégias de superação, cujas empresas podem compreender as suas limitações técnicas, humanas e organizacionais permitindo a transformação digital, visto que esta não depende apenas da aquisição de tecnologia, mas sobretudo da formação das pessoas, da integração dos sistemas e da redefinição da cultura organizacional.

## 2.6. Maturidade Digital

### 2.6.1. Conceito e definição

O conceito de maturidade digital surgiu da necessidade de compreender o grau de evolução das organizações no processo de transformação digital e de adoção dos princípios da I4.0. A transformação digital, impulsionada pela I4.0, exige instrumentos capazes de avaliar de forma objetiva a capacidade das organizações de forma a adotar, integrar e expandir novas tecnologias, portanto, neste contexto, os modelos de maturidade digital assumem um papel crucial nesta temática, uma vez que permitem diagnosticar o estado atual das empresas e orientar estratégias de evolução. Este conceito deriva dos primeiros modelos de maturidade organizacional, aplicados na engenharia de *software* e gestão de processos, nomeadamente o *Capability Maturity Model* (CMM), desenvolvido por Paulk *et al.* (1993), que definia diferentes estágios de desenvolvimento das capacidades de uma organização. Estes modelos são criados para oferecer uma visão estruturada da situação em que a organização se encontra, identificar níveis de preparação e destacar as áreas que necessitam de desenvolvimento (De Carolis, Macchi, Negri, & Terzi, 2017).

No contexto da I4.0, a maturidade digital é entendida como um processo evolutivo, composto por níveis crescentes que refletem a capacidade das empresas em integrar tecnologias inteligentes, *CPS*, *IoT*, análise de dados e automação em todos os níveis da cadeia de valor, o que segundo Schumacher *et al.* (2016), a maturidade traduz-se na capacidade de adaptação e transformação das organizações em nove dimensões fundamentais, desde a estratégia e liderança até à tecnologia, cultura e pessoas formando assim uma ferramenta de diagnóstico que permite avaliar o estado atual de uma empresa face à I4.0 e planear a sua evolução de forma pensada. Mais do que instrumentos de diagnóstico, os modelos de maturidade digital funcionam como guias estratégicos para a definição de *roadmaps* de transformação, que

apoiam gestores das empresas a priorizar investimentos e alinhar tecnologia, processos e pessoas. A sua utilidade vai além da medição, assumindo também uma função de apoio à decisão, uma vez que permitem às organizações antecipar necessidades e preparar respostas face às exigências do mercado e às mudanças nos ecossistemas industriais (De Carolis *et al.*, 2017).

Os modelos de maturidade digital, neste sentido, organizam-se em duas componentes principais: dimensões de análise e níveis de maturidade. As dimensões representam áreas críticas de avaliação, como a tecnologia, os processos, as pessoas, a estratégia e a cultura organizacional. Já os níveis de maturidade correspondem a etapas progressivas de evolução, que descrevem a transição desde um estado inicial, caracterizado por processos pouco estruturados e baixo nível de digitalização até estágios mais avançados, nos quais a empresa apresenta elevada integração digital, grande adaptação às mudanças (Schumacher, Erol, & Sihn, 2016). Cada modelo de maturidade, possui diferentes dimensões e níveis de maturidade, de acordo com o que pretendem estudar. E, portanto, Santos e Martinho (2020) desenvolveram um modelo de maturidade industrial que integra cinco dimensões principais — Estratégia e Cultura, Força de trabalho, Fábricas Inteligentes, Processos Inteligentes e Serviços — e 41 variáveis de avaliação. Este modelo foi validado em empresas portuguesas e brasileiras, destacando a sua viabilidade prática como instrumento de diagnóstico e planeamento estratégico. Ao contrário de Mittal *et al.*, 2018, que segundo os mesmos, os modelos existentes podem ser classificados em três categorias principais:

1. Tecnológicos, centrados em infraestruturas e sistemas;
2. Organizacionais, orientados para gestão, cultura e estratégia;
3. Integrais, que incorporam as duas perspetivas — tecnológica e humana.

Contudo, existem limitações nos modelos de maturidade, como por exemplo os modelos ficarem ultrapassados devido a alterações que ocorram nas condições dentro das organizações, como mudanças de comportamento ou mesmo tecnológicas, portanto são necessárias verificações frequentes do modelo aplicado (Schumacher *et al.*, 2016).

### ***2.6.2. Modelos de maturidade digital***

Os Modelos de maturidade digital têm como principal objetivo avaliar o grau de preparação das organizações para a adoção das tecnologias e princípios associados à I4.0, e para tal, ao longo dos anos, diversos autores foram criando esses modelos de maturidade digital de acordo com as necessidades que achavam pertinentes. Estes modelos foram desenvolvidos assumindo que a transformação digital é um processo evolutivo e multidimensional, no qual as empresas evoluem por diferentes estágios de desenvolvimento, combinando avanços tecnológicos, organizacionais e humanos. Entre os modelos mais reconhecidos destacam-se ***IMPULS***, ***DREAMY***, ***Industrie 4.0 Maturity Index***, ***Industry 4.0 Maturity Model***, ***SHIFTo4.0***.

## Modelo “IMPULS - Industrie 4.0- Readiness”

O modelo *IMPULS*, desenvolvido por Lichtblau *et al* (2015) e adotado pela Associação de Fabricantes de Máquinas da Alemanha (VDMA), uma das ferramentas de diagnóstico mais utilizadas na Europa para medir o grau de prontidão e de capacidade das empresas na adoção da I4.0, tendo como objetivo principal avaliar de forma estruturada o nível de digitalização das organizações industriais, identificar as lacunas existentes e apoiar a definição de *roadmaps* de transformação digital.

O modelo foi concebido para funcionar como um instrumento de autoavaliação, permitindo às empresas comparar-se internamente ao longo do tempo (*benchmarking* interno) e também entre empresas e setores (*benchmarking* externo). A metodologia baseia-se em **seis dimensões** fundamentais, consideradas pelos autores como as chaves para o sucesso da transformação digital:

1. **Estratégia e Organização** – avalia a integração da I4.0 na estratégia empresarial, a gestão da inovação, o planeamento de investimentos, o uso de indicadores de desempenho e a capacidade de operacionalizar novos modelos de negócio digitais;
2. **Fábrica Inteligente** – mede o grau de interconexão dos sistemas de produção com as TI, promovendo a integração horizontal e vertical;
3. **Operações Inteligentes** – avalia a integração dos processos industriais ao longo da cadeia de valor, através da conectividade, automação e análise de dados;
4. **Produtos Inteligentes** – refere-se à capacidade da empresa em incorporar sensores, *software* e conectividade nos produtos, permitindo a recolha e análise de dados durante o ciclo de vida;
5. **Serviços baseados em Dados** – mede a utilização e monetização dos dados gerados pelos produtos e processos, nomeadamente na criação de novos serviços digitais;
6. **Funcionários** – avalia o desenvolvimento de competências digitais e a capacitação da força de trabalho para operar num ambiente inteligente e conectado.

Cada uma destas dimensões subdivide-se em 18 campos de interesse específicos, que fornecem uma visão detalhada da maturidade digital da organização. O modelo define seis níveis de maturidade, que representam estágios progressivos de integração da I4.0:

1. Iniciante;
2. Intermédio;
3. Experiente;
4. Especialista;
5. Alta Performance.

Segundo Lichtblau *et al.* (2015), o modelo deve ser visto como uma ferramenta de diagnóstico evolutivo, que não só avalia o estado atual, mas também indica as áreas prioritárias para o avanço da maturidade digital.

### **Modelo “DREAMY”**

O modelo DREAMY (*Digital Readiness Assessment Maturity Model*) foi desenvolvido por De Carolis, Macchi, Negri e Terzi (2017) no Politécnico de Milão, com o objetivo de avaliar o nível de prontidão digital das empresas industriais e identificar os respetivos pontos fortes e áreas de melhoria no seu percurso de transformação digital. Este modelo surge da necessidade de apoiar as organizações no diagnóstico estruturado do seu estado atual, servindo simultaneamente como instrumento de análise e de planeamento estratégico para a transição rumo à I4.0. Baseia-se nos princípios do *Capability Maturity Model Integration (CMMI)* e avalia cinco áreas de processo (*Design* e Engenharia, Produção, Qualidade, Manutenção e Logística) através de quatro dimensões: Processo, Controlo, Tecnologia e Organização.

Este modelo é de natureza descritiva e prescritiva, oferecendo um diagnóstico detalhado do estado atual e orientações práticas para melhoria. É um dos primeiros a propor uma integração entre análise tecnológica e organizacional.

### **Modelo “Industrie 4.0 Maturity Index”**

O Modelo *Industrie 4.0 Maturity Index*, também desenvolvido na Alemanha, representa um dos modelos de referência europeus, desenvolvido por Schuh *et al.* (2020).

Define uma trajetória evolutiva composta por seis níveis de maturidade:

1. Informatização;
2. Conectividade;
3. Visibilidade;
4. Transparência;
5. Capacidade Preditiva;
6. Adaptabilidade.

Este modelo introduz uma abordagem mais estratégica, permitindo às empresas planear o progresso digital em etapas claras, alinhando os investimentos tecnológicos com os objetivos organizacionais. É amplamente utilizado por grandes empresas e governos europeus como guia de políticas industriais.

### **Modelo “Industry 4.0 Maturity Model”**

O modelo proposto por Schumacher, Erol e Sihm (2016), desenvolvido no Instituto de Engenharia de Produção da Universidade Técnica de Viena (TU Wien), é reconhecido como um dos modelos académicos mais influentes na literatura sobre maturidade digital e I4.0. A sua

relevância resulta da abordagem geral que propõe as dimensões tecnológicas, organizacionais e humanas da transformação digital.

O modelo de Schumacher *et al.* (2016) organiza-se em nove dimensões principais, que abrangem a totalidade do ecossistema organizacional:

1. **Estratégia** – avalia a incorporação da I4.0 na visão e nos objetivos estratégicos da empresa, incluindo o planeamento de investimentos digitais e a adaptação de modelos de negócio;
2. **Liderança** – mede o papel da gestão de topo e o grau de comprometimento da liderança com a transformação digital, bem como o incentivo à inovação;
3. **Clientes** – analisa a interação digital com o cliente, a personalização de produtos e o uso de dados de *feedback* no desenvolvimento de soluções;
4. **Produtos** – avalia a digitalização dos produtos e a incorporação de tecnologias inteligentes (sensores, *IoT*, *software* integrado);
5. **Operações** – examina a digitalização e automação dos processos produtivos, integração vertical e horizontal e uso de dados em tempo real;
6. **Cultura** – avalia a predisposição organizacional à mudança, a abertura à inovação e a mentalidade digital dos colaboradores;
7. **Pessoas** – mede as competências, formação e envolvimento da força de trabalho na adoção de tecnologias emergentes;
8. **Comando** – analisa a estrutura de controlo, regras, políticas e mecanismos de gestão da informação digital;
9. **Tecnologia** – avalia a infraestrutura tecnológica disponível, a interoperabilidade de sistemas e o uso de tecnologias-chave da I4.0 (*big data*, *IoT*, *Cloud*, Robótica, IA).

Estas dimensões são interdependentes, permitindo avaliar de forma abrangente o grau de maturidade organizacional, tanto a nível estratégico e humano quanto tecnológico e operacional.

A avaliação baseia-se em cinco níveis progressivos de maturidade, que representam a evolução da empresa desde a adoção inicial até à plena integração da I4.0:

1. **Inicial (Incompleto)** – ausência de práticas estruturadas; processos digitais inexistentes ou experimentais;
2. **Gerido (Managed)** – projetos-piloto isolados e gestão básica de dados e tecnologias;
3. **Definido (Defined)** – processos padronizados e parcialmente integrados; digitalização em algumas áreas-chave;
4. **Quantitativamente Gerido (Quantitatively Managed)** – integração vertical e horizontal dos sistemas; uso de dados em tempo real para apoio à decisão;

5. **Otimizado (*Optimized*)** – empresa totalmente digital, com processos autónomos, interoperabilidade completa e cultura orientada à inovação contínua.

Cada nível de maturidade reflete a capacidade de integração entre pessoas, processos e tecnologias. Assim, o modelo permite às empresas posicionar-se numa evolução digital contínua, fornecendo uma visão clara do ponto de partida e dos passos necessários para alcançar a maturidade plena.

### **Modelo “SHIFTo4.0”**

O modelo SHIFTo4.0 é a adaptação portuguesa do modelo alemão *IMPULS – Industrie 4.0 Readiness Model* (Lichtblau *et al.*, 2015), e foi desenvolvido no âmbito do projeto nacional SHIFTo4.0, promovido pelo Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ) em parceria com o IAPMEI (Agência para a Competitividade e Inovação).

A criação do modelo teve como objetivo adaptar a estrutura do IMPULS às características específicas do tecido empresarial português, marcado por um predomínio de PME's com recursos limitados, baixo investimento tecnológico e reduzida maturidade digital. Assim, o SHIFTo4.0 foi concebido como uma ferramenta simples, prática e acessível, capaz de avaliar de forma objetiva o nível de maturidade digital e de apoiar a definição de *roadmaps* de transformação personalizados.

O modelo mantém a estrutura de seis dimensões do IMPULS, mas introduz ajustes e ponderações adequadas à realidade nacional:

1. Estratégia e Organização;
2. Fábrica Inteligente;
3. Operações Inteligentes;
4. Produtos Inteligentes;
5. Serviços baseados em Dados;
6. Recursos Humanos.

Estas dimensões são avaliadas através de um questionário de autoavaliação, que permite gerar automaticamente relatórios de diagnóstico e gráficos radar, identificando as áreas mais desenvolvidas e as que necessitam de melhoria, com o modelo a utilizar seis níveis de maturidade (0 a 5), que representam a progressão das empresas desde um estado inicial até à plena integração da I4.0.

# Capítulo 3

## Metodologia de estudo

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para o estudo da transformação tecnológica e organizacional das empresas portuguesas no contexto da I4.0. A metodologia define o percurso seguido para atingir os objetivos e garantir a validade e fiabilidade dos resultados. Primeiro, descreve-se a elaboração do inquérito, principal instrumento de recolha de dados, incluindo a definição das questões e a estrutura para avaliar o conhecimento, implementação e impacto das tecnologias da I4.0 nas empresas.

Segue-se a caracterização da amostra, com destaque para as dimensões e setores das empresas, assegurando a representatividade dos resultados.

Por fim, são explicadas as técnicas e ferramentas de análise aplicadas, estabelecendo os fundamentos metodológicos que sustentam as conclusões dos capítulos seguintes.

## 3.1. Elaboração do inquérito

A elaboração do inquérito constitui uma etapa fundamental desta investigação, uma vez que é através dele que se pretende recolher dados diretamente das empresas sobre a implementação e os desafios associados à I4.0. O inquérito foi selecionado como principal método de recolha de dados por diversas razões: permite captar a perceção dos gestores e responsáveis técnicos sobre as novas tecnologias, facilita a obtenção de uma amostra diversificada e oferece a flexibilidade necessária para abordar um conjunto alargado de tópicos relevantes.

**Objetivo do Inquérito:** O principal objetivo do inquérito é compreender o grau de conhecimento, adoção e impacto das tecnologias associadas à I4.0 nas empresas portuguesas. Adicionalmente, procura identificar as principais barreiras que estas empresas enfrentam ou enfrentaram na implementação dessas tecnologias, bem como os fatores que consideram cruciais para uma transição bem-sucedida. O inquérito também procura analisar as expectativas das empresas em relação ao futuro, especialmente no contexto das inovações tecnológicas e da competitividade no mercado global.

**Planeamento e Estrutura do Inquérito:** O inquérito foi cuidadosamente planeado para abranger todas as dimensões pertinentes ao estudo. Estruturou-se em três grandes secções: **Dados Gerais, Conhecimento e Implementação das Tecnologias da Indústria 4.0 e Foco em Experiências Anteriores**. Cada secção foi pensada para captar aspetos específicos, desde as características básicas da empresa até às suas experiências e expectativas em relação às novas tecnologias.

1. **Dados Gerais:** Esta secção reúne informações essenciais para a caracterização das empresas inquiridas, como o setor de atividade, dimensão, localização, antiguidade e a função do inquirido. Estes dados permitirão contextualizar os resultados e identificar padrões específicos de acordo com diferentes perfis de empresa.

2. **Conhecimento e Implementação das Tecnologias da Indústria 4.0:** Aqui, o foco está em medir o nível de familiaridade das empresas com os conceitos de I4.0, além de explorar o estado atual de implementação dessas tecnologias e identificar os principais obstáculos que as empresas enfrentam na transição para a I4.0. As perguntas desta secção ajudam a entender não apenas o que as empresas conhecem sobre estas inovações, como estão a posicionar-se em termos de adoção tecnológica e outras questões relacionadas com custos, falta de conhecimento, resistência à mudança e limitações infraestruturais são abordadas, permitindo uma visão clara dos desafios mais críticos.

3. **Foco em Experiências Anteriores:** Por fim, esta secção tenta perceber se as empresas inquiridas já passaram por este tipo de inquéritos, que resultados tiraram das experiências anteriores.

**Justificação da Escolha do Método de Inquérito:** A opção pelo inquérito como instrumento de recolha de dados justifica-se pela sua capacidade de atingir um público-alvo diversificado, espalhado por diferentes regiões e setores da economia. Além disso, o inquérito permite a quantificação de opiniões e perceções, o que é essencial para a análise estatística e para a obtenção de resultados gerais. A utilização de escalas de resposta, como a escala *Likert*, por exemplo, facilita a análise comparativa e a identificação de tendências e padrões.

**Desenvolvimento e Testagem do Inquérito:** O desenvolvimento do inquérito envolveu uma fase preliminar de revisão de literatura, de modo a assegurar que as perguntas fossem pertinentes e bem formuladas. Posteriormente, o inquérito foi submetido a um pré-teste junto de um pequeno grupo de empresas nacionais de forma a avaliar o conteúdo, o que permitiu identificar e corrigir eventuais ambiguidades ou falhas na formulação das perguntas. Este processo garantiu que o inquérito fosse claro, objetivo e adaptado ao público-alvo.

**Conclusão:** A elaboração deste inquérito foi uma etapa crucial do estudo, não apenas pela riqueza dos dados que se espera obter, mas também porque permite captar a realidade das empresas portuguesas em relação à I4.0 de uma forma direta e fundamentada. A partir dos dados recolhidos, será possível realizar uma análise dos desafios e oportunidades que estas empresas enfrentam ou enfrentaram, contribuindo assim para a construção de conhecimento relevante.

O inquérito foi desenvolvido na plataforma *Google Forms*, sendo o seu preenchimento realizado online. Esta opção permitiu uma maior flexibilidade e comodidade na participação, bem como uma gestão eficiente das respostas recolhidas. A participação foi inteiramente voluntária e anónima, salvo se o participante optasse por se identificar. Nenhuma informação sensível ou de cariz pessoal foi exigida no formulário.

No que respeita às questões éticas, os participantes foram devidamente informados, na introdução do questionário, sobre os objetivos do estudo e o tratamento confidencial dos dados. Reforçou-se que os dados seriam utilizados exclusivamente para fins académicos, no âmbito da presente dissertação, e que as respostas seriam tratadas de forma agregada, sem qualquer possibilidade de identificação individual, se assim o entendessem. Com estas medidas, assegurou-se o cumprimento dos princípios éticos e de proteção de dados aplicáveis à investigação científica.

## 3.2. Caracterização da amostra

A caracterização da amostra é uma etapa essencial para garantir a validade dos resultados obtidos através do inquérito. Neste estudo, o público-alvo são as empresas nacionais de norte a sul do país.

**Seleção da Amostra:** A amostra foi definida com o objetivo de incluir empresas de diversos setores de atividade, distribuídas geograficamente por todo o território nacional. O critério de

inclusão teve por base a definição oficial de empresas segundo o contexto empresarial português, abrangendo organizações dos setores primário, secundário e terciário.

**Dimensão e Setores de Atividade:** Foram incluídas empresas de várias dimensões, desde microempresas com menos de 10 colaboradores até grandes empresas com mais de 1.000 colaboradores. Esta diversidade permite captar diferentes níveis de maturidade digital e percepções sobre a adoção das tecnologias da I4.0. Os principais setores representados na amostra incluem:

- **Produção:** Um setor de grande relevância, dada a aplicação direta das tecnologias da I4.0 nos processos de fabrico e automação.
- **Logística e Transporte:** Um setor com elevado potencial de transformação através do uso de tecnologias como *IoT*, *big data* e IA.
- **Saúde e Biotecnologia:** Incluído para compreender o impacto da digitalização em setores que requerem alta precisão, rastreabilidade e personalização de serviços.

**Distribuição Geográfica:** A amostra foi construída de forma a assegurar a representatividade nacional, incluindo empresas de várias regiões de Portugal. Estão representadas áreas metropolitanas, como Lisboa e Porto, bem como regiões menos urbanizadas. Esta abordagem permite identificar possíveis assimetrias regionais na adoção tecnológica, influenciadas por fatores como o acesso à infraestrutura digital, o apoio institucional ou a concentração de inovação.

**Perfil dos Inquiridos:** Os inquéritos foram dirigidos a gestores e responsáveis técnicos dentro das empresas, que possuem um conhecimento profundo ou mesmo nenhum sobre as operações e as estratégias de implementação de tecnologias nas suas organizações. Estes grupos incluem CEO, i.e. *Chief Executive Officer* ou diretores executivos, diretores de operações e operadores.

**Tamanho da Amostra:** O tamanho da amostra foi definido tendo em consideração a representatividade estatística, as limitações de tempo e os recursos disponíveis. Estimou-se que entre 60 a 90 empresas participassem no inquérito, permitindo uma análise das tendências, desafios e oportunidades relacionados com a I4.0 em Portugal. Este número é considerado adequado para captar uma diversidade de opiniões e possibilitar comparações entre diferentes setores e regiões.

**Conclusão:** A caracterização da amostra foi orientada para garantir que o estudo reflita, de forma precisa e abrangente, a realidade empresarial portuguesa no que diz respeito à transformação digital impulsionada pela I4.0. A diversidade de setores, a abrangência geográfica e o foco em decisores estratégicos asseguram que os dados recolhidos são representativos e relevantes para a análise dos fatores críticos de adoção tecnológica nas empresas nacionais.

### 3.3. Estrutura do inquérito

O inquérito aplicado no âmbito deste estudo foi constituído por um total de 45 perguntas, organizadas em três secções:

1. Dados Gerais;
2. Conhecimento e Implementação das Tecnologias da I4.0;
3. Foco em Experiências Anteriores.

Tem como objetivo recolher informação relevante sobre a realidade empresarial portuguesa no contexto da I4.0. A estrutura foi concebida de forma a equilibrar a profundidade dos dados obtidos com a simplicidade e clareza necessárias para facilitar a participação e o preenchimento por parte dos inquiridos.

O inquérito foi desenhado com lógica de ramificação, permitindo diferenciar os percursos de resposta de acordo com o nível de implementação das tecnologias da I4.0 em cada empresa. Esta abordagem adaptativa permitiu recolher dados mais específicos e relevantes à realidade de cada organização, sem sobrecarregar os participantes com questões que não se aplicavam ao seu contexto.

A pergunta 18 funcionou como ponto de decisão, questionando os inquiridos sobre o estado atual de implementação das tecnologias da I4.0 na sua empresa. Consoante a resposta, foram direcionados para um de três caminhos distintos:

- **Caminho 1** – Empresas em fase prematura de implementação, corresponde às opções: Não Existe, Avaliação Preliminar e Planeamento Estratégico. Os inquiridos avançam para a pergunta 19, respondendo a um total de 7 perguntas sobre motivos da não adoção, intenções futuras e principais barreiras percecionadas.
- **Caminho 2** – Empresas com implementação em andamento associadas à opção Implementação Inicial, serão direcionadas para a pergunta 26, com 7 perguntas focadas no processo em curso, desafios encontrados e suporte institucional.
- **Caminho 3** – Empresas com implementação completa, corresponde às opções Expansão e Integração Completa. Os inquiridos avançam para a pergunta 33, respondendo a 9 perguntas sobre resultados obtidos, impactos organizacionais e boas práticas.

Esta lógica de caminhos permitiu adequar as questões à realidade de cada empresa, possibilitando uma análise mais profunda e segmentada sobre os diferentes estágios de maturidade digital. Além disso, possibilitou uma maior eficiência na recolha de dados, reduzindo o tempo de resposta e aumentando a qualidade da informação obtida.

Após a conclusão do respetivo caminho, todos os inquiridos foram redirecionados para a pergunta 42, correspondente à secção final intitulada “Foco em Experiências Anteriores”. Esta

secção visava recolher informação adicional sobre a participação prévia das empresas em inquéritos similares e as aprendizagens retiradas dessas experiências.

A maioria das perguntas do inquérito foi de carácter fechado, incluindo escalas de resposta do tipo *Likert*, questões de resposta múltipla e de escolha única, possibilitando uma análise estatística rigorosa.

O inquérito completo, incluindo todas as questões e respetivas escalas de resposta, encontra-se disponível no Anexo I.

# Capítulo 4

## Resultados

Este capítulo apresenta os resultados do inquérito aplicado a 82 empresas portuguesas, com o objetivo de analisar a transformação tecnológica e organizacional resultante da I4.0. Pretende-se compreender o nível de adoção das tecnologias, as principais barreiras enfrentadas e as impressões sobre os impactos da digitalização na competitividade.

O capítulo divide-se em duas partes: na primeira (4.1 – Apresentação dos Resultados), são expostos os dados de forma descritiva, apoiados por gráficos e tabelas; na segunda (4.2 – Discussão e Análise Estatística), realiza-se uma análise aprofundada, para identificar relações entre variáveis.

Esta abordagem permite avaliar, por exemplo, se o grau de digitalização se relaciona com as barreiras percebidas ou se os desafios variam entre setores de atividade.

## 4.1. Apresentação de resultados

A apresentação dos resultados segue a estrutura do próprio inquérito, começando pela caracterização geral das empresas participantes, passando pela análise do grau de conhecimento e implementação tecnológica, identificação das barreiras mais relevantes e, por fim, pelas percepções e experiências anteriores dos inquiridos. Esta abordagem permite evidenciar padrões entre as respostas, preparando o terreno para a análise estatística aprofundada que será desenvolvida no ponto seguinte.

### Pergunta 1

O objetivo desta primeira pergunta foi identificar a receptividade das empresas em participar no estudo e avaliar o interesse das organizações no tema da I4.0.

Como se observa na Figura 4.1, a taxa de aceitação foi bastante elevada, com 98% das empresas a aceitarem participar no inquérito e apenas 2% a recusarem, sem razões aparentes para tal.

Este resultado demonstra uma forte abertura e interesse das empresas portuguesas em contribuir para o estudo da transformação digital e da I4.0. O elevado nível de adesão pode também refletir uma crescente consciencialização das organizações para a importância da inovação e da modernização tecnológica no contexto atual.

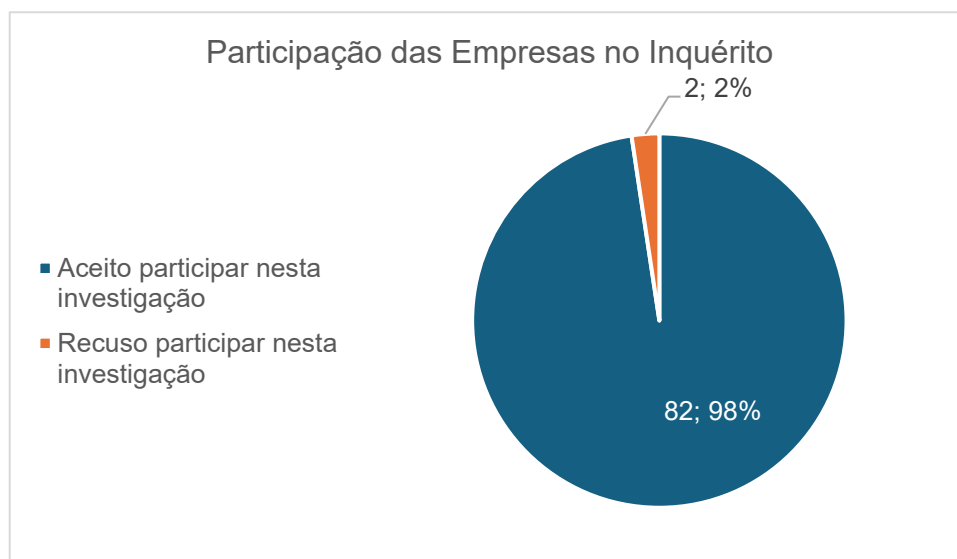


Figura 4.1 Aceitação dos participantes no inquérito.

### Pergunta 2

Esta pergunta teve como objetivo identificar as empresas participantes no estudo, de modo a caracterizar a amostra e garantir a diversidade de contextos organizacionais.

A Tabela 4.1 apresenta a lista de algumas empresas inquiridas, onde se observa a presença de organizações provenientes de diferentes setores de atividade, incluindo a indústria

transformadora, serviços, construção, tecnologia, hotelaria e comércio, no entanto estes dois últimos setores não serão tão importantes para o estudo.

A diversidade verificada entre as entidades participantes reforça a importância do inquérito, permitindo uma análise mais completa sobre a aplicação dos princípios da I4.0 em realidades empresariais distintas. Esta diversidade contribui para uma visão mais completa do panorama nacional relativamente ao grau de transformação digital nas empresas.

Tabela 4.1 Empresas Inquiridas.

<b>Empresas</b>	
Tecnofisil	Deloitte Processes & Operations, S.A
OGMA	Axians Digital Consulting
Unidade Local de Saúde da Arrábida	CROMOLDE
Cartocunha, Lda	Carnes Landeiro
Meteoro	Renovais - Indústria de meias Unip. Lda.
Gestamp Cerveira	Fama Fabrica de Mármore e Granitos Lda
Secil, Companhia geral de cal e cimento	Alexandre Sampaio
Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A	SPR Esperanças
Telfer	VIPEX
LEF SA	Extrasecurity unipessoal lda
Carmona	LCG, Consulting
HFAR	Ageas
Nestlé Portugal	CGI
Lauak Portugal S.A.	Mercer
BomportoHotels	PHC
Drogaria União do Beato, Lda	Worten
IFERMOL	CTT - Correios de Portugal
Centro de Formação para o Sector Alimentar	SGR - SGPS
GONVARRI - PRODUTOS SIDERÚRGICOS, S.A.	Volkswagen Group Services
CATIM	Selmatron
Vista Alegre	NCS Steel Service Center SA
Volkswagen Autoeuropa Lda	Microprocessador, Sistemas Digitais, SA

### **Pergunta 3**

O objetivo desta pergunta foi caracterizar as empresas participantes segundo a sua dimensão, medida pelo número de trabalhadores, de forma a compreender a diferença da amostra face ao tecido empresarial português.

Como se observa na Figura 4.2, a maioria das empresas inquiridas enquadra-se no grupo das PME, destacando-se as organizações com 51 a 250 trabalhadores (28%). Seguem-se as empresas com mais de 1000 colaboradores (22%), enquanto as microempresas (0–10 trabalhadores) e as pequenas empresas (11–50 trabalhadores) representam 17% e 16%, respetivamente.

Estes resultados demonstram que a amostra é composta predominantemente por PME, que corresponde a 61%, refletindo a estrutura típica do panorama empresarial português. A forte presença deste tipo de empresas é particularmente relevante, uma vez que representam o núcleo da economia nacional e enfrentam desafios significativos na adoção das tecnologias da I4.0.

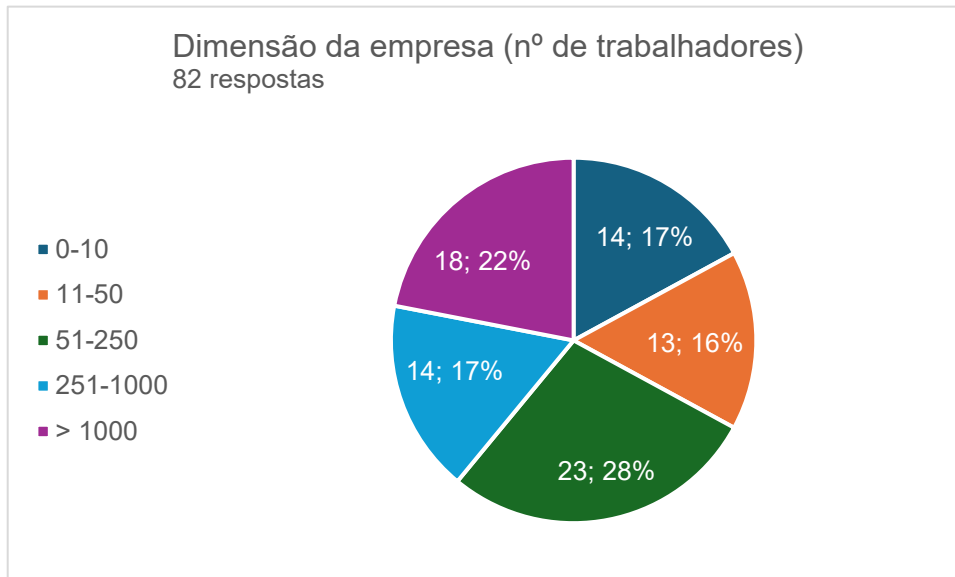


Figura 4.2 Dimensão das empresas inquiridas (nº de trabalhadores).

## Pergunta 4

O objetivo desta pergunta foi identificar o setor de atividade das empresas participantes, permitindo compreender a distribuição da amostra e avaliar a diversidade dos contextos empresariais envolvidos.

A Tabela 4.2 apresenta as categorias dos setores de atividade das empresas inquiridas, agrupados em dez categorias principais. Entre estas, destacam-se a Indústria Transformadora / Fabrico, com forte presença de empresas dos ramos automóvel, metalomecânico, têxtil, alimentar e cerâmico, e a categoria de Serviços e Consultoria, que inclui empresas de formação, contabilidade e tecnologias de informação.

Esta diversidade de setores evidencia uma amostra equilibrada, onde coexistem empresas industriais e de serviços. Tal variedade é essencial para compreender como a I4.0 é percecionada e implementada em realidades organizacionais distintas.

Tabela 4.2 Lista dos setores de atividade das empresas inquiridas.

<b>Categoria Principal</b>	<b>Setores das empresas inquiridas</b>
<b>Indústria Transformadora / Fabrico</b>	Indústria Automóvel, Metalomecânica, Indústria Transformadora, Indústria Cerâmica, Fabrico de equipamentos, Indústria Cimenteira, Transformação de plásticos, Cortiça, Têxteis, Cromagem e niquelagem química; Alimentar, Indústria Alimentar, Agroindústria, Vinho, Agrícola
<b>Construção e Engenharia</b>	Construção Civil, Engenharia Civil, Serralharia, Fornecedor/Transformador no Setor da Construção Civil, Construção de máquinas à medida
<b>Energia e Ambiente</b>	<i>Oil and Gas</i> , Energético, Resíduos, Gestão de Resíduos, Ambiente
<b>Serviços e Consultoria</b>	Consultoria, Serviços à Indústria, Centro Tecnológico, Formação, Gestão e contabilidade, Consultoria IT, Centro de serviços de aço, Atividade de factoring
<b>Comércio e Distribuição</b>	Comércio, Comércio por grosso, Distribuição e Logística, Distribuição de Material Elétrico
<b>Saúde e Bem-Estar</b>	Saúde, Desporto
<b>Transportes e Hotelaria</b>	Transportes, Hotelaria
<b>Tecnologia e Eletrónica</b>	IT, Eletrónica
<b>Finanças e Serviços Empresariais</b>	Financeiro, Sector Financeiro, Finanças, Mediação Imobiliária
<b>Outros / Especificos</b>	Climatização, Artes gráficas, Exploração de pedreiras, Mergulho Profissional, Secundário

## Pergunta 5

Esta pergunta teve como objetivo identificar as CAE das empresas participantes, de modo a analisar a distribuição das atividades representadas no inquérito.

Como se observa na Figura 4.3, os resultados revelam uma grande dispersão entre diferentes códigos, com destaque para os setores ligados à indústria transformadora, construção, comércio e serviços especializados, como se identificou na pergunta anterior. Esta diversidade confirma a variedade da amostra e reforça o estudo face ao panorama empresarial português.

A variedade de CAE demonstra que a I4.0 é um tema transversal, aplicável a diferentes contextos produtivos e de serviços. Esta característica reforça a relevância do estudo, permitindo avaliar como as novas tecnologias e práticas digitais se estendem por múltiplas áreas económicas.

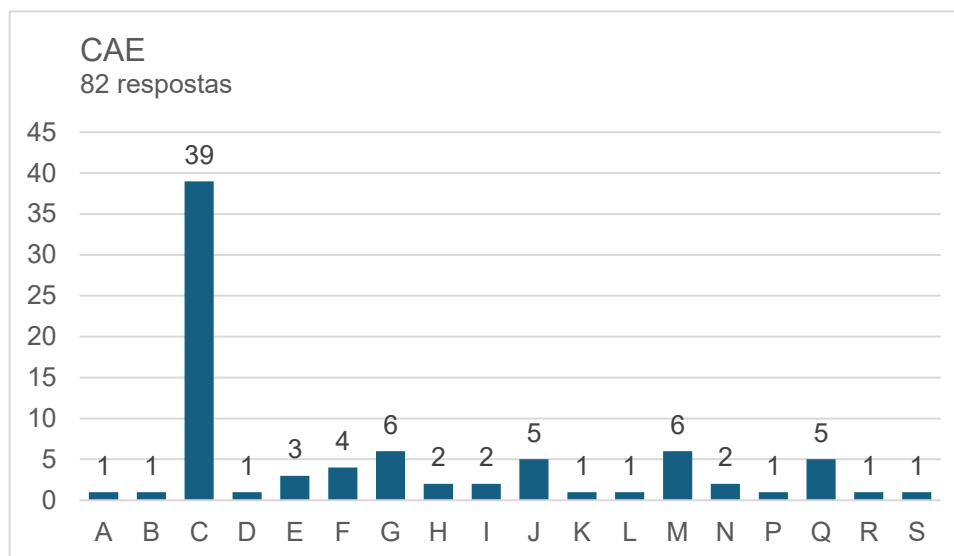


Figura 4.3 Distribuição das empresas segundo o CAE.

As categorias apresentadas no gráfico correspondem às secções CAE, conforme a seguinte legenda:

- A – Agricultura, floresta e pesca;
- B – Indústrias extrativas;
- C – Indústrias transformadoras;
- D – Eletricidade, gás e climatização;
- E – Água, saneamento e resíduos;
- F – Construção;
- G – Comércio e reparação automóvel;
- H – Transportes e armazenagem;
- I – Alojamento e restauração;
- J – Informação e comunicação;
- K – Atividades financeiras e seguros;
- L – Atividades imobiliárias;
- M – Consultoria e atividades científicas/técnicas;
- N – Atividades administrativas e serviços de apoio;
- P – Educação; Q – Saúde e apoio social;

Q – Atividades de saúde humana e apoio social;

R – Atividades artísticas, desportivas e recreativas;

S – Outras atividades de serviços.

## Pergunta 6

O objetivo desta pergunta foi identificar a distribuição geográfica das empresas participantes, de forma a compreender a representatividade regional da amostra.

Como se observa na Figura 4.4, a maioria das empresas encontra-se localizada na região de Lisboa e Vale do Tejo (55%), seguindo-se o Norte (20%) e o Centro (18%). As restantes regiões — Alentejo (7%), Algarve (0%) e Ilhas (0%) — apresentam uma representatividade residual.

Esta distribuição reflete a concentração da atividade económica nas regiões mais industrializadas e urbanas do país, onde se verifica uma maior presença de infraestruturas e recursos tecnológicos. Apesar disso, a presença de empresas em diferentes zonas do território evidencia um interesse alargado no tema da I4.0, independentemente da localização geográfica.

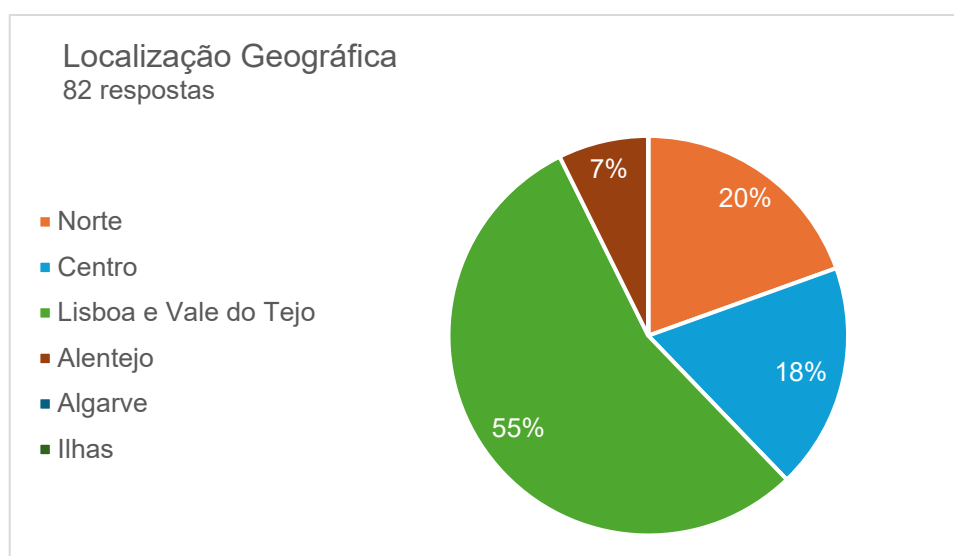


Figura 4.4 Localização geográfica das empresas inquiridas.

## Pergunta 7

O objetivo desta pergunta foi compreender a antiguidade das empresas participantes, de modo a relacionar o seu tempo de existência com o nível de modernização e adoção de práticas associadas à I4.0.

De acordo com a Figura 4.5, 43 empresas que corresponde a 52% dos inquiridos, foram constituídas entre 1981 e 2010, destacando-se os períodos 1991–2000 e 2001–2010 como os mais representativos. Observa-se ainda um número relevante de empresas mais recentes,

fundadas entre 2011 e 2020, bem como algumas organizações com mais de 40 anos de atividade.

Esta distribuição demonstra um equilíbrio entre empresas consolidadas e empresas mais recentes, o que permite avaliar como está a transformação digital das empresas. As empresas mais antigas tendem a enfrentar desafios maiores na adaptação tecnológica, enquanto as mais recentes revelam maior agilidade para integrar soluções digitais e inovadoras.

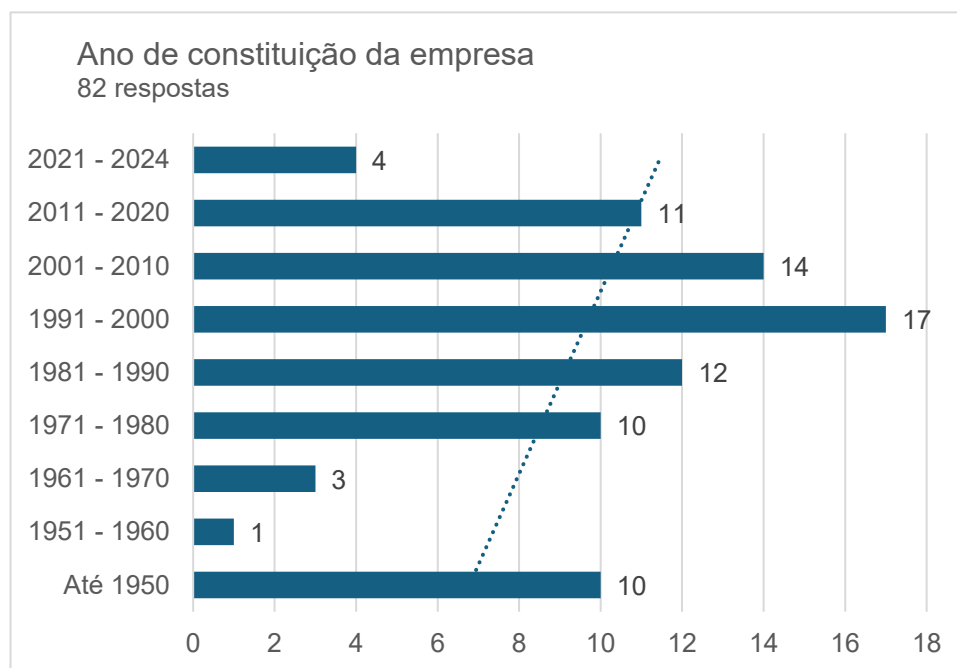


Figura 4.5 Ano de constituição das empresas inquiridas.

## Pergunta 8

Esta pergunta teve como objetivo identificar a função profissional dos participantes dentro das respectivas organizações, permitindo compreender o perfil dos respondentes e a diversidade de perspetivas presentes no estudo.

Como se observa na Figura 4.6, as funções mais representadas correspondem a áreas de direção e gestão intermédia, bem como funções técnicas especializadas e tecnológicas. Em menor número, surgem cargos administrativos, financeiros e outras funções específicas.

Esta distribuição demonstra que o inquérito foi respondido por profissionais com responsabilidades de decisão ou competências técnicas relevantes (46 respostas), assegurando uma leitura qualificada sobre o grau de implementação e perceção da I4.0.



Figura 4.6 Função exercida pelos respondentes.

## Pergunta 9

O objetivo desta pergunta foi avaliar o grau de familiaridade pessoal dos inquiridos com os conceitos associados à I4.0, procurando perceber até que ponto os profissionais têm conhecimento sobre o assunto.

Como se observa na Figura 4.7, 52 dos inquiridos, que representa 63%, apresentam um nível de familiaridade intermédio a elevado, situando-se maioritariamente entre os níveis 3 e 4 da escala utilizada. Apenas uma pequena parte revelou possuir um conhecimento mais reduzido sobre o tema.

Estes resultados demonstram que o conceito de I4.0 já é amplamente reconhecido e compreendido entre os profissionais das empresas portuguesas, no entanto, a existência de respostas mais baixas sugere que ainda há necessidade de promover ações de sensibilização e formação contínua, de forma a garantir uma compreensão dos princípios da transformação digital.

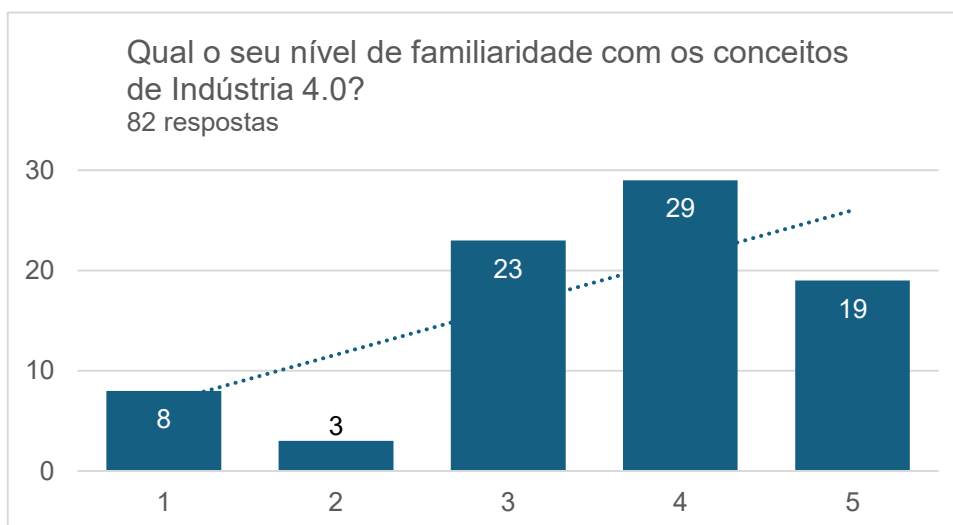


Figura 4.7 Nível de familiaridade dos respondentes com a I4.0.

## Pergunta 10

Esta pergunta procurou avaliar o nível de conhecimento organizacional relativamente aos conceitos da I4.0, de forma a perceber se o tema está em discussão ativa.

De acordo com a Figura 4.8, 52 das empresas, que representa 63%, revelam um nível de conhecimento moderado, situando-se entre os níveis 3 e 4 da escala. No entanto, uma parte considerável ainda apresenta um grau de conhecimento mais limitado, enquanto apenas uma minoria demonstra domínio elevado sobre o tema.

Estes resultados indicam que, embora o conceito da I4.0 já esteja presente nas organizações, a sua compreensão e aplicação prática ainda são desiguais. Tal constatação evidencia a necessidade de reforçar a formação para que tal aconteça.

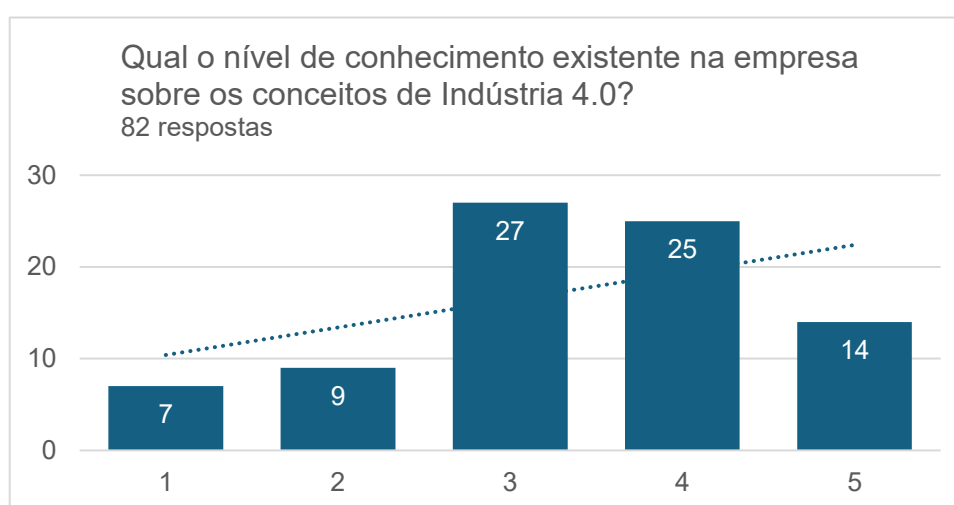


Figura 4.8 Nível de conhecimento das empresas sobre I4.0.

## Pergunta 11

O objetivo desta pergunta foi identificar se o tema da I4.0 faz parte da discussão interna das empresas, procurando avaliar o grau de integração do conceito nas suas estratégias e processos de gestão.

Como se observa na Figura 4.9, 66% das empresas afirmam que o tema é abordado internamente, enquanto 34% indicam que ainda não o discutem. Esta diferença mostra que, embora a maioria das organizações já reconheça a relevância do tema, uma parte significativa ainda não o integrou formalmente nas suas práticas.

Os resultados sugerem que a I4.0 começa a ganhar espaço nas agendas estratégicas das empresas, com a consolidação deste tema nas discussões internas a ser um passo decisivo para acelerar a transformação digital.



Figura 4.9 Discussão interna sobre a I4.0 nas empresas inquiridas.

## Pergunta 12

O objetivo desta pergunta foi identificar os principais fatores considerados determinantes para que uma empresa consiga realizar uma transformação tecnológica eficaz no contexto da I4.0.

De acordo com a Figura 4.10, os fatores mais valorizados pelas empresas são a formação e o desenvolvimento de competências digitais (61 respostas; 74,4%), o investimento em tecnologia e infraestrutura digital (54; 65,9%) e a gestão eficaz da mudança (45; 54,9%). Em menor grau, surgem o suporte da liderança e cultura de inovação (37; 41,1%) e o acesso a financiamento (14; 17,1%).



Figura 4.10 Fatores-chave para a transformação tecnológica.

## Pergunta 13

O objetivo desta pergunta foi identificar as principais vantagens competitivas que as empresas associam à adoção das tecnologias e práticas da I4.0.

Como se observa na Figura 4.11, as vantagens mais referidas foram o aumento da eficiência operacional (69 respostas; 84,1%) e a redução de custos de produção (50; 61%). Outras vantagens destacadas incluem a maior capacidade de inovação (35; 42,7%) e a sustentabilidade e eficiência energética (42; 51,2%).

Estes resultados revelam que as empresas reconhecem a I4.0 como um fator impulsionador de competitividade e modernização, associando-a a ganhos de eficiência, inovação e sustentabilidade. No entanto, a percepção ainda se centra essencialmente nos benefícios operacionais e produtivos, sendo necessário reforçar a visão estratégica e organizacional desta transformação.

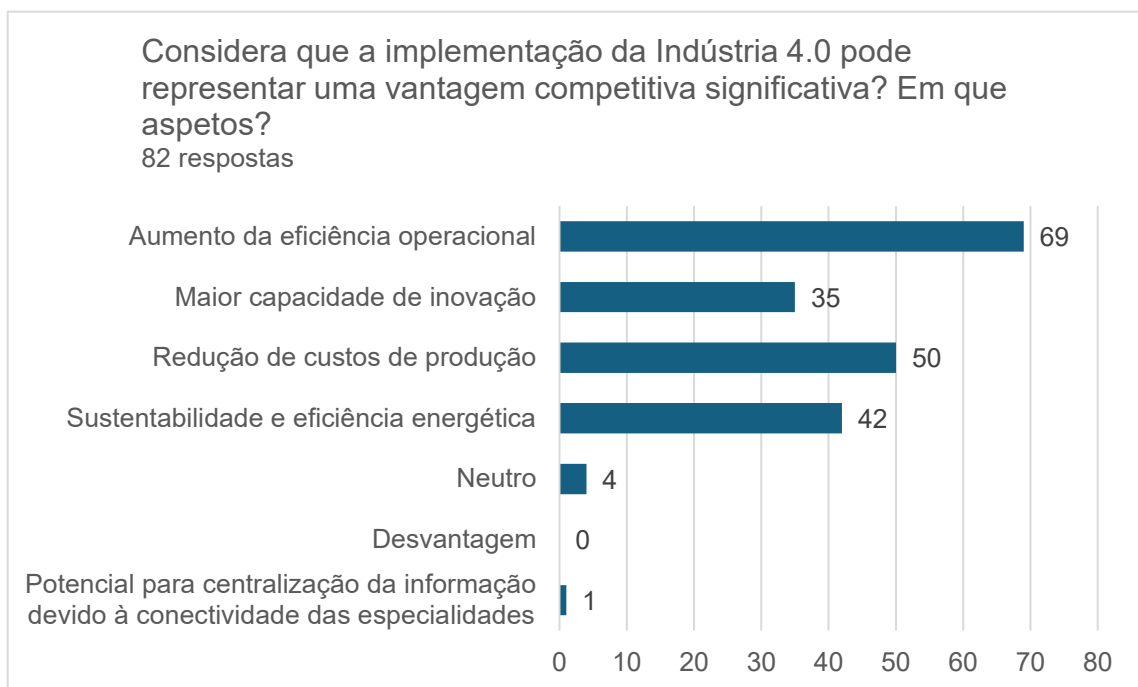


Figura 4.11 Vantagens competitivas associadas à I4.0.

## Pergunta 14

O objetivo desta pergunta foi identificar as tecnologias prioritárias na percepção das empresas.

Como se observa na Figura 4.12, destacam-se IA (59 respostas; 72%) e IoT (42; 51,2%), seguidas de Cibersegurança (42; 51,2%) e big data (35; 42,7%). Robótica (29; 35,4%) e Cloud (28; 34,1%) têm adesão moderada, enquanto Impressão 3D (8; 9,8%) surge como menos prioritária.

Os resultados mostram um foco claro em dados, conectividade e segurança, alinhado com necessidades atuais de análise e integração.

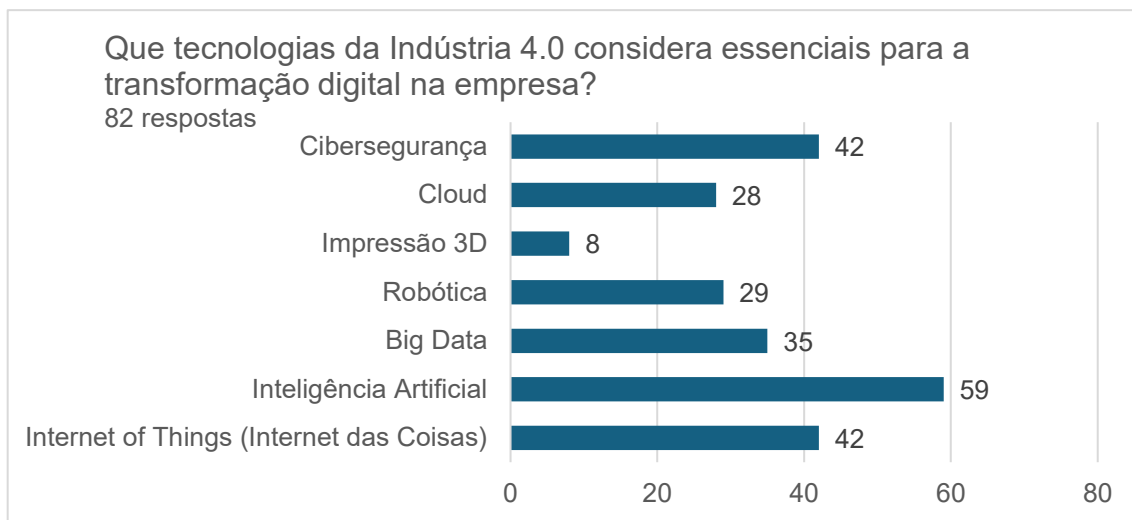


Figura 4.12 Tecnologias essenciais para transformação digital.

## Pergunta 15

Teve como principal objetivo perceber as principais tecnologias digitais já implementadas nas empresas, avaliando o grau de adoção prática das ferramentas da I4.0.

De acordo com a Figura 4.13, as tecnologias mais implementadas são a Cibersegurança (48 respostas; 58,5%) e a Cloud (45; 54,9%), seguidas da IoT (30; 36,6%), IA (30; 36,6%), big data (22; 26,8%), Robótica (22; 26,8%) e Impressão 3D (16; 19,5%). Salientar que 6 inquiridos afirmam que não têm nenhuma tecnologia digital na empresa.

Os resultados mostram que as empresas estão a adotar gradualmente tecnologias digitais, com maior foco em conectividade e análise de dados. Ainda assim, nota-se espaço para expandir a integração tecnológica, sobretudo em áreas de segurança e produção avançada.

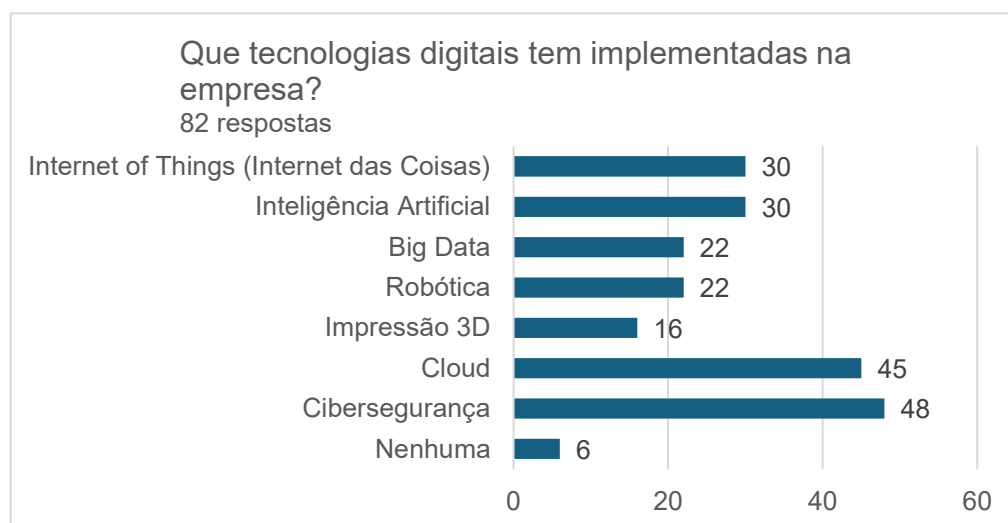


Figura 4.13 Tecnologias digitais implementadas nas empresas.

## Pergunta 16

A pergunta 16 teve como objetivo avaliar o grau de integração da transformação digital na cultura organizacional e na estratégia das empresas.

Como se observa na Figura 4.14, a maioria das empresas considera-se moderadamente integrada (36%), seguida das que afirmam estar bem integradas (23%) e totalmente integradas (10%). Por outro lado, 27% referem uma integração reduzida e 4% afirmam não possuir qualquer integração digital.

Os resultados evidenciam que a maioria das empresas se encontra num estágio intermédio de maturidade digital, refletindo um progresso consistente, mas ainda com margem significativa para reforçar a integração estratégica e cultural da transformação digital.

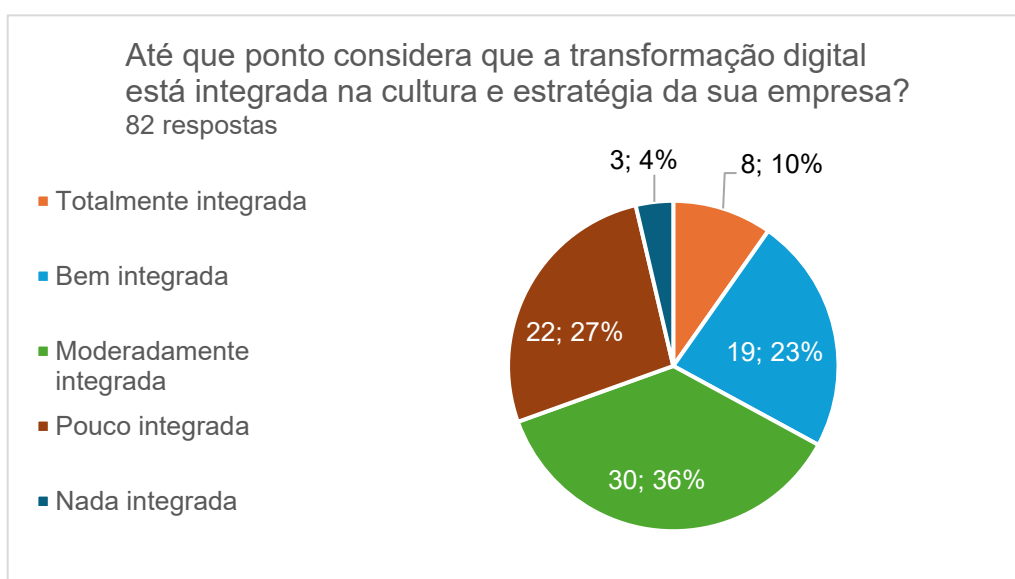


Figura 4.14 Integração da transformação digital na cultura e estratégia das empresas.

## Pergunta 17

O principal objetivo é avaliar o grau de preparação digital dos colaboradores, de modo a compreender o nível de competências existentes para acompanhar a transformação tecnológica.

De acordo com a Figura 4.15, 48% das empresas afirmam que os colaboradores têm conhecimentos básicos, mas necessitam de mais formação, enquanto 24% consideram que possuem formação contínua e estão preparados. Por outro lado, 28% reconhecem dificuldades de adaptação ou resistência à mudança.

Estes resultados demonstram que, embora exista uma base de competências digitais, há necessidade de reforçar a formação, de modo a promover uma maior confiança e capacidade de adaptação às exigências da I4.0.

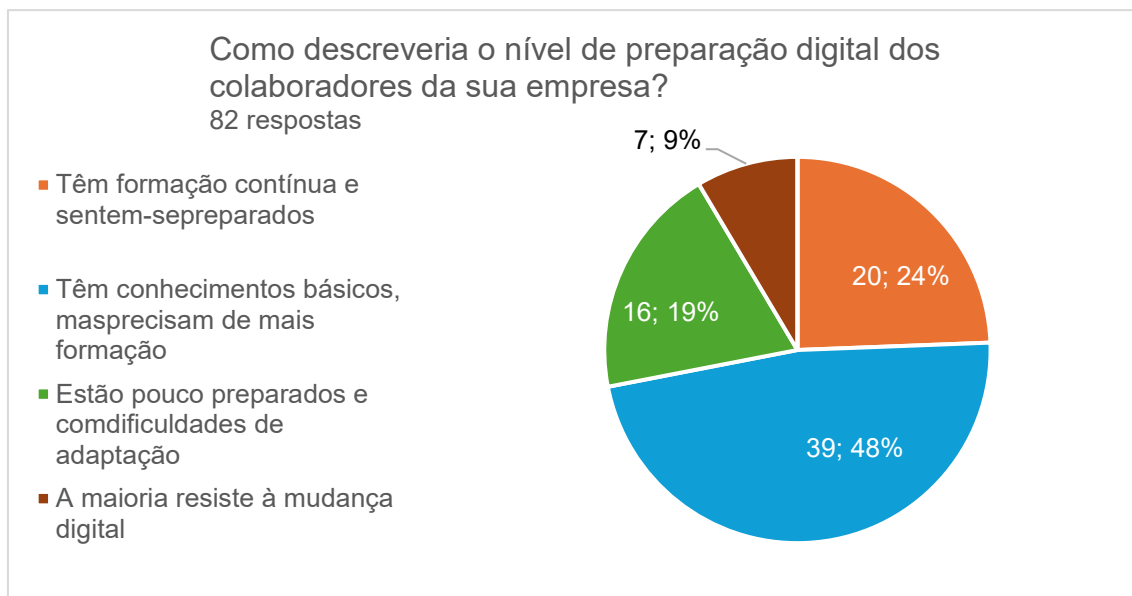


Figura 4.15 Nível de preparação digital dos colaboradores.

## Pergunta 18

Teve com finalidade identificar a fase de desenvolvimento em que as empresas se encontram no processo de implementação das tecnologias associadas à I4.0.

Conforme apresentado na Figura 4.16, a maioria das empresas encontra-se nas fases iniciais de maturidade, sendo estes valores, Não existe (17%), Avaliação Preliminar (15%) e Planeamento Estratégico (18%). As fases intermédias, nomeadamente, Implementação Inicial (21%). Por sua vez, em fases avançadas apenas 2% afirmam ter alcançado integração completa, e 27% indicam que estão em expansão.

Estes resultados revelam que a maioria das empresas se encontra em estágios iniciais ou intermédios de transformação, o que demonstra interesse e também uma necessidade de acelerar a execução prática das estratégias digitais.

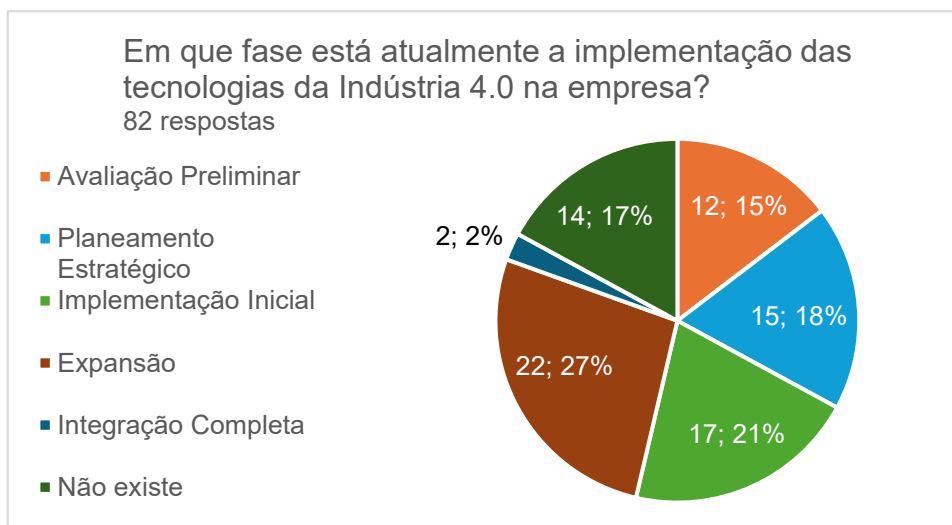


Figura 4.16 Fase atual de implementação da I4.0 nas empresas.

## Pergunta 19 (Caminho 1)

O principal objetivo é identificar as principais dificuldades sentidas pelas empresas no processo de adoção das tecnologias da I4.0.

Como se observa na Figura 4.17, as barreiras mais referidas são a resistência à mudança (21 respostas; 51,2%) e os custos elevados (19; 46,3%) e seguem-se as infraestruturas inadequadas (14; 34,1%) e a falta de competências digitais (12; 29,3%), fatores que, embora menos expressivos, continuam a afetar parte das organizações.

Estes resultados evidenciam que a resistência à mudança por parte dos colaboradores e as limitações financeiras permanecem as principais dificuldades à digitalização. Torna-se, assim, essencial investir na cultura da empresa e apoio à inovação.

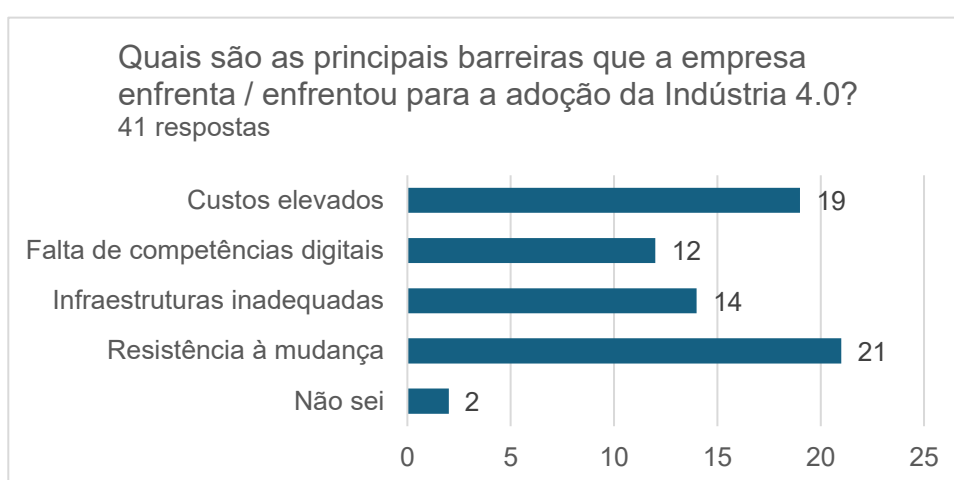


Figura 4.17 Principais barreiras à adoção da I4.0 nas empresas.

## Pergunta 26 (Caminho 2)

Nesta questão procurou-se identificar os principais obstáculos que dificultam a adoção das tecnologias da I4.0 nas empresas.

De acordo com a Figura 4.18, as barreiras mais mencionadas foram a falta de competências digitais (10 respostas; 58,8%), a resistência à mudança (9; 52,9%), os custos elevados (8; 47,1%) e por último, infraestruturas inadequadas (6;35,3%).

Os resultados evidenciam que os desafios financeiros e a resistência à mudança são os maiores obstáculos à transformação digital nas empresas que estão na implementação inicial, reforçando a necessidade de investimento em formação e apoio à inovação.

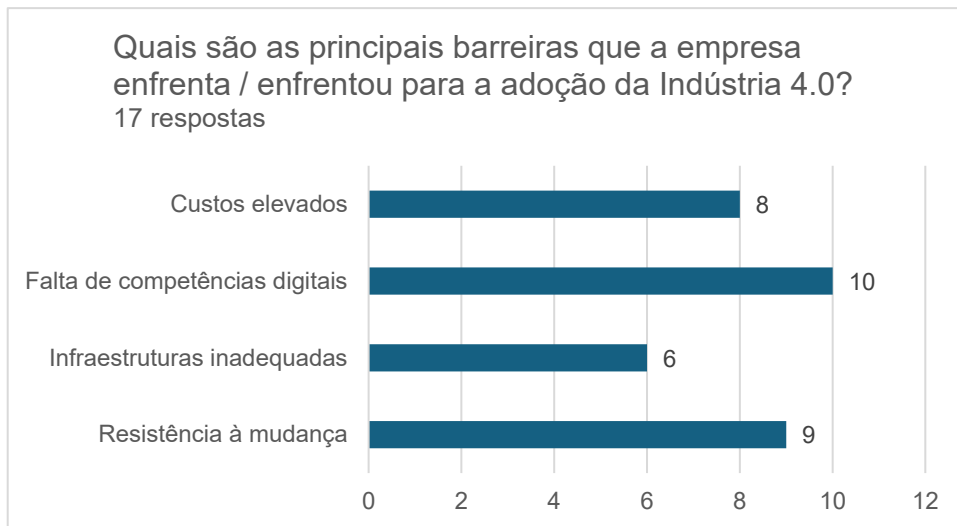


Figura 4.18 Principais barreiras enfrentadas pelas empresas na adoção da I4.0.

### Pergunta 33 (Caminho 3)

Com esta questão procurou-se identificar as principais barreiras que dificultam a adoção das tecnologias da I4.0 nas empresas.

De acordo com a Figura 4.19, as dificuldades mais mencionadas foram os custos elevados (14 respostas; 58,3%) e a Infraestruturas inadequadas e Resistência à mudança (11; 45,8%), seguidas da falta de competências digitais (8; 33,3%) e do tempo de implementação.

Os resultados demonstram que os limites financeiros e a escassez de competências internas continuam a ser as principais dificuldades à transformação digital, reforçando a necessidade de apoios à inovação e à formação especializada.

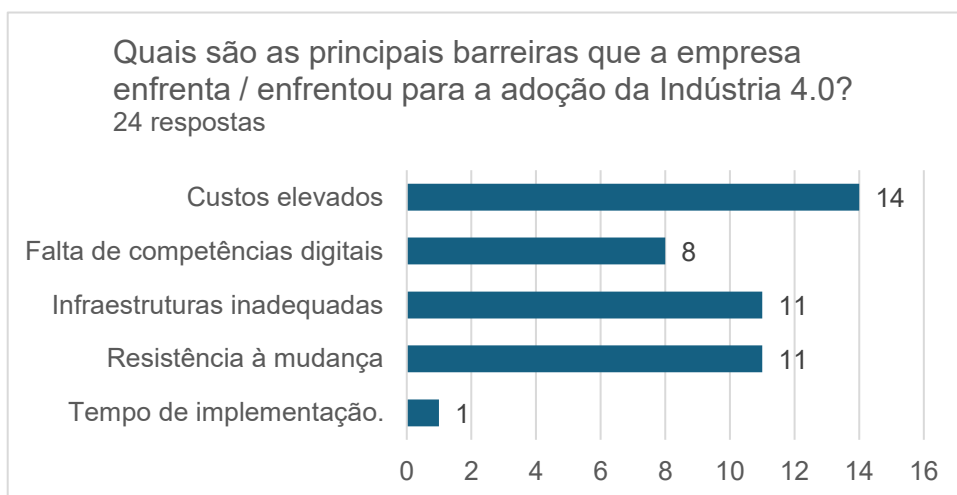


Figura 4.19 Principais barreiras enfrentadas na adoção da I4.0.

## Pergunta 20 (Caminho 1)

A pergunta 20 procura avaliar se as empresas possuem uma estratégia formal e estruturada para orientar a adoção das tecnologias da I4.0.

De acordo com a Figura 4.20, 49% das empresas indicam não possuir uma estratégia formal, enquanto 36% afirmam tê-la em desenvolvimento e apenas 15% já possuem uma estratégia definida.

Estes resultados mostram que, embora exista intenção de avançar com a digitalização, 20 empresas, que corresponde a 49% dos inquiridos nesta fase, ainda não formalizou um plano estratégico, o que reforça a importância de promover o planeamento e a integração da transformação digital como parte da estratégia organizacional.

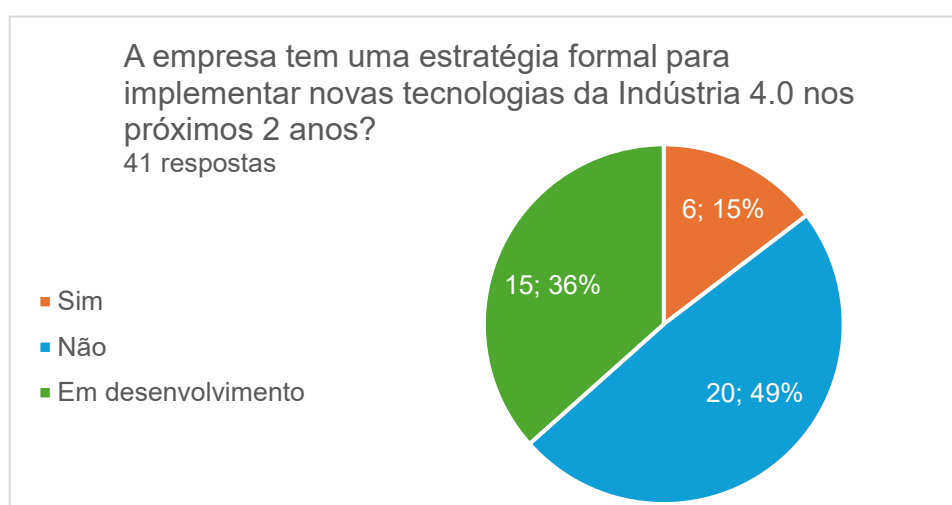


Figura 4.20 Estratégia de implementação das tecnologias da I4.0.

## Pergunta 21 (Caminho 1)

O objetivo da pergunta é identificar os apoios ou incentivos que as empresas consideram mais eficazes para acelerar a adoção das tecnologias da I4.0.

Como se observa na Figura 4.21, o apoio do estado é considerado o mais relevante (46% das respostas), seguido das parcerias com universidades (32%) e dos investidores privados (22%).

Estes resultados demonstram que as empresas valorizam sobretudo o apoio governamental e institucional, reconhecendo o papel das políticas públicas e da colaboração com entidades académicas no estímulo à inovação e à transformação digital.

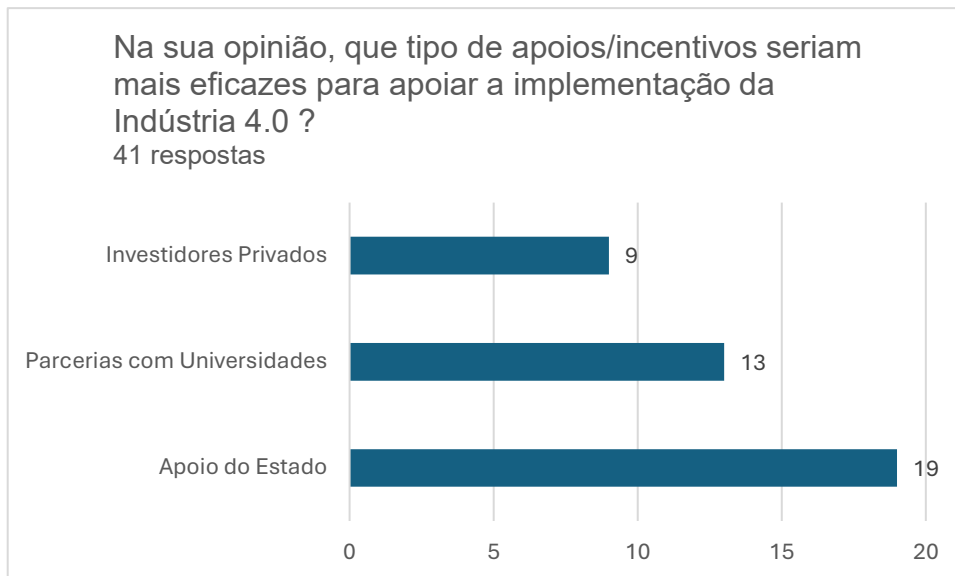


Figura 4.21 Apoios e incentivos para a implementação da I4.0.

### Pergunta 28 (Caminho 2)

Com esta questão pretendeu-se perceber quais os apoios considerados mais eficazes para facilitar a adoção das tecnologias da I4.0 nas empresas.

De acordo com a Figura 4.22, parcerias com Universidades surge como o mais valorizado (14 respostas; 82,4%), seguido apoio governamental (8; 47,1%) e dos investidores privados (3; 17,6%).

Os resultados refletem que é muito importante a relação entre as empresas e o apoio institucional, confirmando que o envolvimento do Estado e das entidades académicas é visto como essencial para acelerar a transformação digital.

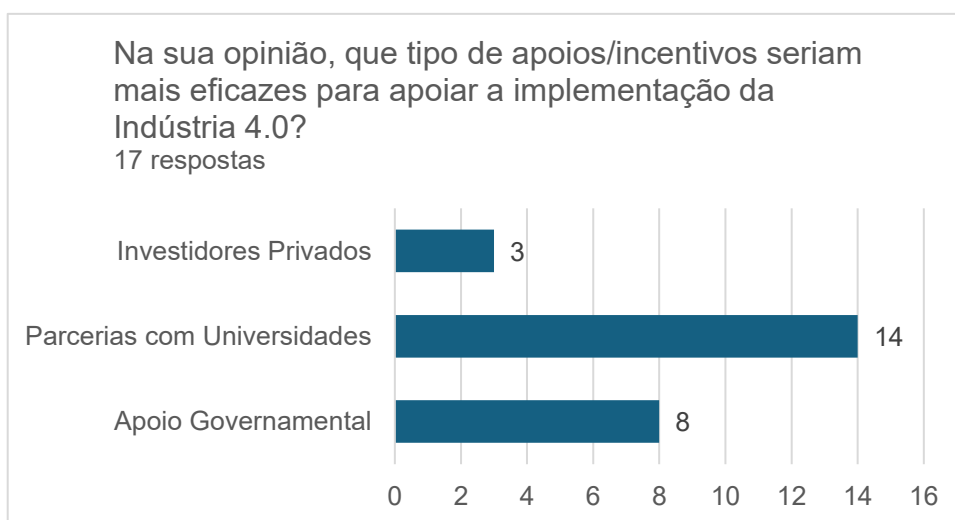


Figura 4.22 Apoios e incentivos para a implementação da I4.0.

### Pergunta 35 (Caminho 3)

Esta questão teve como propósito perceber quais os apoios considerados mais eficazes para impulsionar a implementação da I4.0 nas empresas.

Como se observa na Figura 4.23, o apoio governamental foi o mais destacado (15 respostas; 62,5%), seguido das parcerias com universidades (12; 50%) e dos investidores privados (5; 20,8%). Também surgem, embora com menor expressão, os apoios à requalificação e *upskilling* (1; 4,2%).

Os resultados revelam que as empresas valorizam sobretudo o papel do Estado e das instituições académicas, cerca de 28 empresas, na promoção da transformação digital, reconhecendo a importância do apoio público e da cooperação intersectorial para acelerar a adoção das tecnologias da I4.0.



Figura 4.23 Apoios e incentivos para a implementação da I4.0.

### Pergunta 22 (Caminho 1)

Tem como objetivo avaliar a percepção das empresas quanto ao impacto da I4.0 na sua produtividade.

De acordo com a Figura 4.24, 22% dos inquiridos consideram que a adoção das tecnologias da I4.0 teria um impacto muito positivo na produtividade, enquanto 44% o classificam como positivo. Para além disso, 34% consideram que as adoções destas tecnologias teriam impacto neutro na organização. Nenhuma empresa indicou percepção negativa.

Estes resultados demonstram que existe uma forte convicção quanto ao potencial produtivo da digitalização, refletindo uma visão otimista sobre os ganhos de eficiência e competitividade que a I4.0 pode proporcionar.

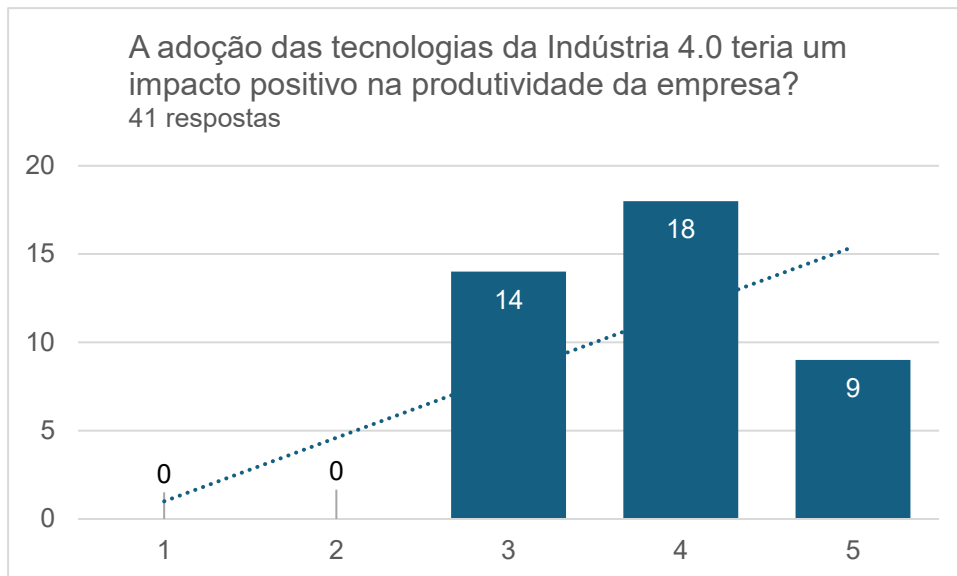


Figura 4.24 Impacto da adoção das tecnologias da I4.0.

### Pergunta 29 (Caminho 2)

Esta pergunta procurou avaliar a percepção das empresas quanto ao impacto da I4.0 na sua produtividade.

Como se observa na Figura 4.25, a grande maioria das empresas considera que a adoção destas tecnologias teria um impacto positivo (15 respostas; 88,3%), enquanto 11,8% avaliam o impacto como moderado.

Os resultados demonstram um consenso sobre os ganhos de eficiência e desempenho, reforçando a percepção de que a digitalização é essencial para o aumento da produtividade.

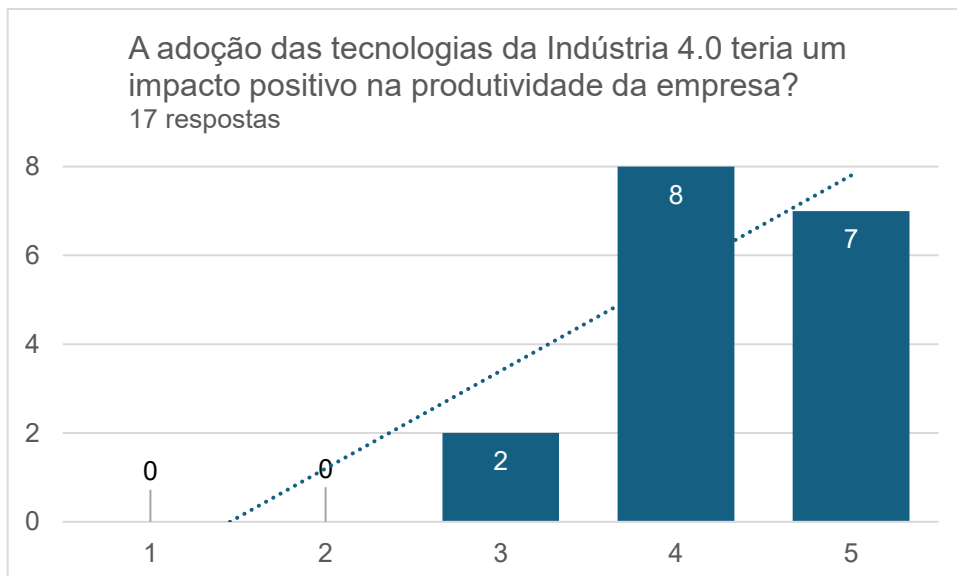


Figura 4.25 Percepção na produtividade das empresas.

### Pergunta 36 (Caminho 3)

Esta pergunta teve como objetivo avaliar a percepção das empresas relativamente ao impacto da I4.0 na produtividade organizacional.

De acordo com a Figura 4.26, uma grande maioria das empresas (96,8%) considera que a adoção das tecnologias da I4.0 teria um impacto positivo, enquanto apenas 4,2% afirmam não antecipar ganhos de produtividade.

Estes resultados evidenciam uma forte confiança no potencial da transformação digital para melhorar a eficiência e o desempenho operacional das empresas, confirmando que a I4.0 é vista como um fator determinante de competitividade.

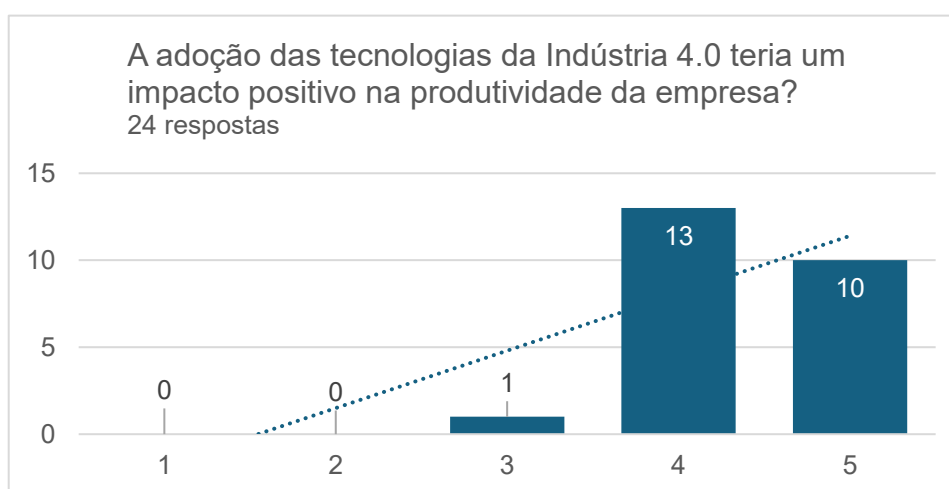


Figura 4.26 Impacto das tecnologias da I4.0 na produtividade.

### Pergunta 23 (Caminho 1)

Tem como objetivo avaliar a percepção das empresas quanto ao impacto da I4.0 na qualidade dos seus produtos ou serviços.

Como se observa na Figura 4.27, a maioria das empresas (95%) acredita que a implementação das novas tecnologias aumentava a qualidade dos produtos ou serviços. Apenas 2% das respostas indicam que não esperam melhorias, e outros 2% manifestam incerteza.

Estes resultados confirmam que as empresas reconhecem a I4.0 como melhoria contínua, associando a digitalização a maior qualidade.

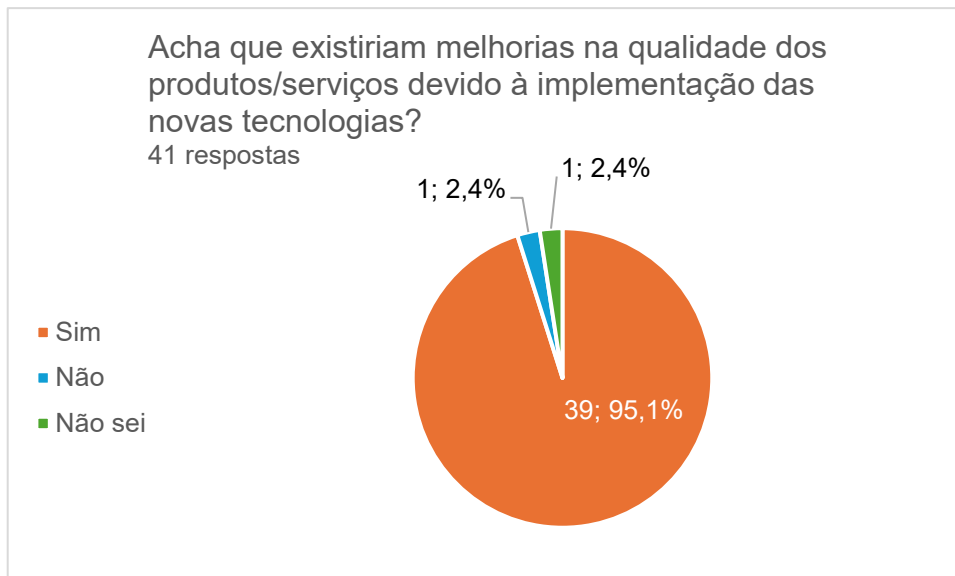


Figura 4.27 Impacto da I4.0 na qualidade dos produtos/serviços.

### Pergunta 30 (Caminho 2)

Esta questão teve como finalidade compreender se as empresas associam a I4.0 à melhoria da qualidade dos seus produtos e serviços.

Conforme apresentado na Figura 4.28, a grande maioria das respostas (88%) confirma essa percepção positiva, enquanto 6% consideram que não haveria melhorias diretas e outros 6% indicam que o impacto não está claramente relacionado com a qualidade.

Os resultados revelam que as empresas reconhecem a transformação digital como um fator de melhoria contínua, permitindo maior precisão e consistência nos processos produtivos.

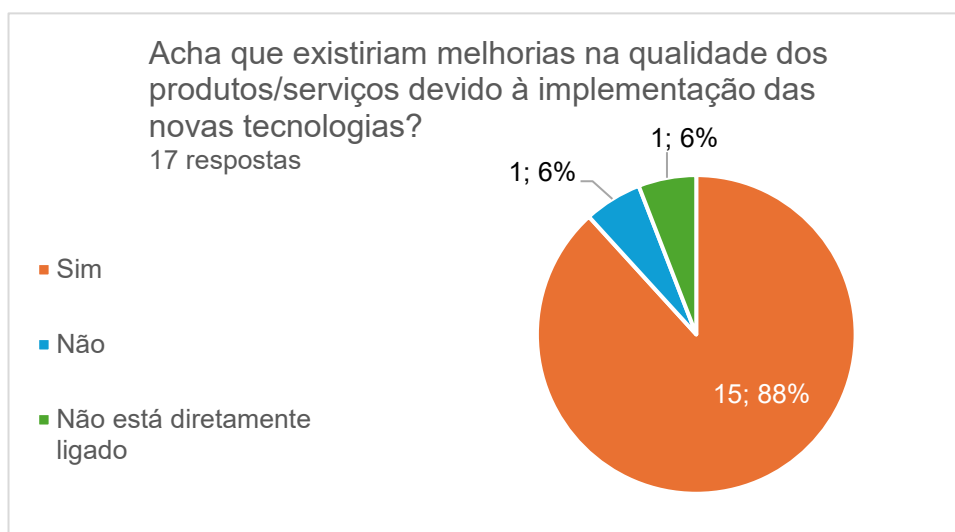


Figura 4.28 Percepção das empresas na qualidade dos produtos/serviços.

### Pergunta 37 (Caminho 3)

Esta questão procurou compreender se as empresas associam a implementação das tecnologias da I4.0 à melhoria da qualidade dos seus produtos ou serviços.

Como se observa na Figura 4.29, a esmagadora maioria das empresas (92%) acredita que a adoção da I4.0 resultaria em melhorias na qualidade, enquanto 8% consideram que não haveria impacto significativo.

Os resultados demonstram uma percepção amplamente positiva, com 92%, sobre a influência da transformação digital na qualidade, reforçando a ideia de que a I4.0 é vista como um meio para aumentar a inovação nos processos produtivos.

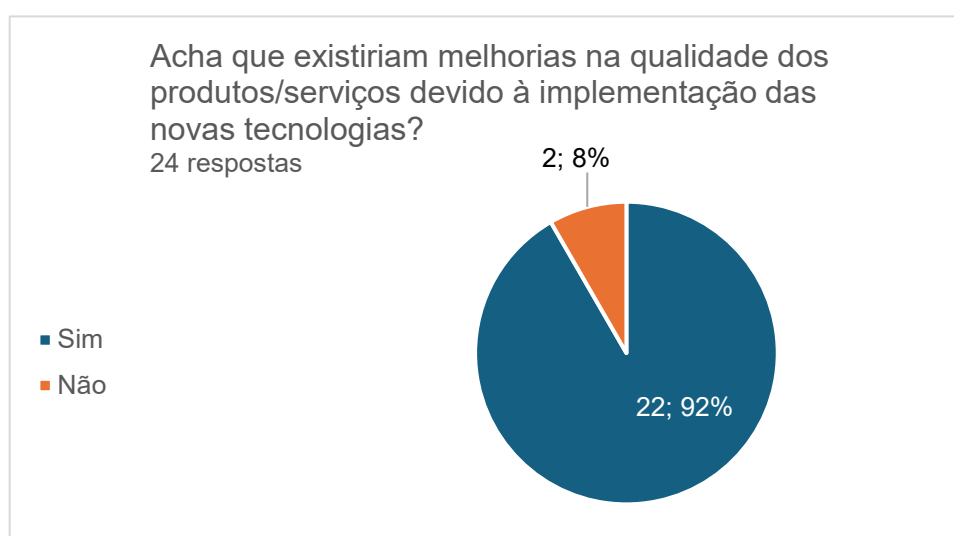


Figura 4.29 Impacto da I4.0 na qualidade dos produtos/serviços.

### Pergunta 24 (Caminho 1)

Avaliar a percepção das empresas quanto ao impacto da adoção das tecnologias da I4.0 na sua competitividade.

De acordo com a Figura 4.30, 90% das empresas acreditam que a I4.0 aumentaria a competitividade no mercado, enquanto 7% não reconhecem impacto direto e 3% consideram que tal não se aplica à sua realidade.

Estes resultados revelam uma forte confiança das empresas quanto ao valor estratégico da digitalização, reconhecendo-a como um fator determinante para reforçar a posição no mercado e a capacidade de resposta face à concorrência.

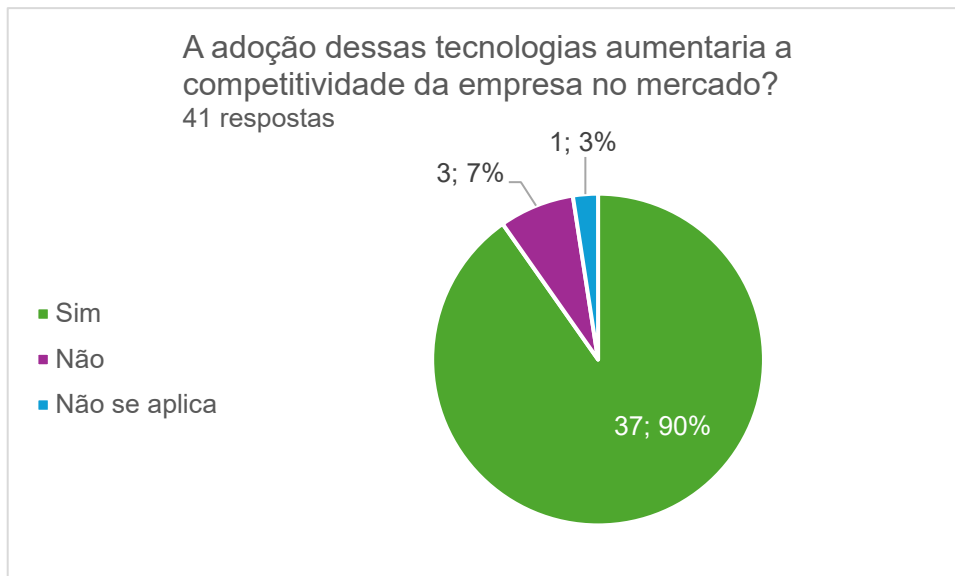


Figura 4.30 Impacto da I4.0 na competitividade nas empresas.

### Pergunta 31 (Caminho 2)

Nesta pergunta procurou-se compreender de que forma as empresas avaliam o impacto da I4.0 na sua competitividade.

De acordo com a Figura 4.31, a maioria das empresas (82%) acredita que a adoção das tecnologias da I4.0 aumentaria a competitividade, enquanto 12% não esperam impacto significativo e 6% consideram que a questão não é aplicável ao seu setor por não existir concorrência.

Os resultados evidenciam uma visão amplamente positiva, com 82%, da transformação digital, confirmando que as empresas a encaram como um fator determinante para reforçar a sua posição perante a concorrência.

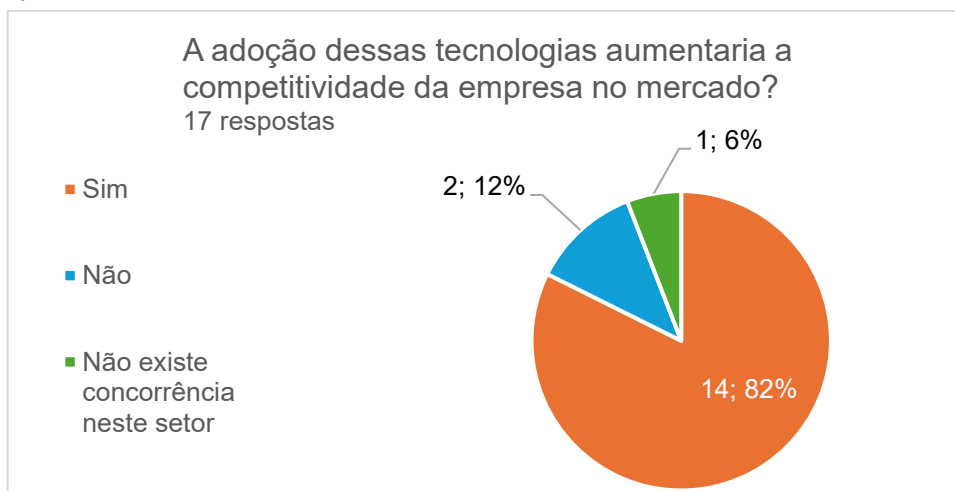


Figura 4.31 Impacto da I4.0 na competitividade das empresas.

### Pergunta 38 (Caminho 3)

Esta pergunta teve como objetivo avaliar a perceção das empresas quanto ao impacto da I4.0 na sua competitividade no mercado.

De acordo com a Figura 4.32, a maioria das empresas (83%) acredita que a adoção das tecnologias da I4.0 aumentaria a competitividade, enquanto 13% afirmam que não se verificariam mudanças significativas e 4% referem que o mercado nacional ainda não está preparado para absorver totalmente essa evolução tecnológica.

Os resultados evidenciam que as empresas veem a I4.0 como um fator estratégico essencial para reforçar a sua posição no mercado e impulsionar a diferença.

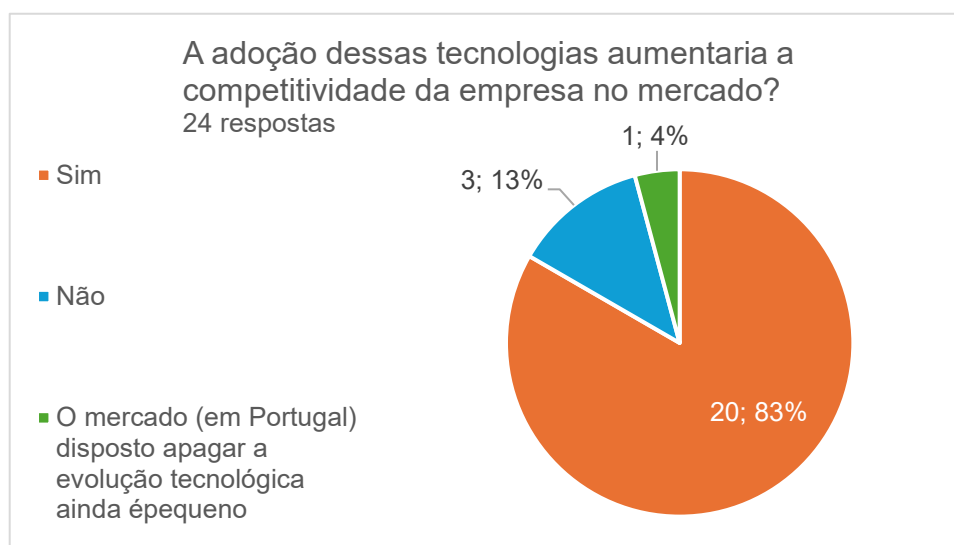


Figura 4.32 Perceção das empresas sobre o impacto da I4.0 na competitividade.

### Pergunta 25 (Caminho 1)

De forma a compreender quais os benefícios mais relevantes que as empresas esperam obter com a adoção das tecnologias da I4.0, tanto a nível tecnológico como organizacional, pretendeu-se identificar as áreas onde as empresas reconhecem maior impacto positivo.

Como se observa na Figura 4.33, os benefícios mais apontados foram a automatização e otimização dos processos produtivos (27 respostas; 65,9%), a melhoria na capacidade de análise de dados para apoiar decisões estratégicas (26; 63,4%) e a maior integração entre sistemas e departamentos (22; 53,7%). Outros aspetos valorizados incluem a redução de custos operacionais (20; 48,8%) e a aceleração da inovação e desenvolvimento de novos produtos/serviços (14; 34,1%).

Estes resultados demonstram que as empresas associam a I4.0 à eficiência, integração e inovação. No entanto, também revelam que há potencial para fortalecer a colaboração e a requalificação da força de trabalho, essenciais para garantir a transformação digital.



Figura 4.33 Benefícios esperados com a adoção das tecnologias da I4.0.

## Pergunta 27 (Caminho 2)

Esta pergunta teve como finalidade identificar os principais desafios técnicos enfrentados pelas empresas no processo de implementação das tecnologias da I4.0.

Como se observa na Figura 4.34, destacam-se como dificuldades mais frequentes a integração de novas tecnologias com sistemas antigos (12 respostas; 70,6%), a falta de mão de obra qualificada (9; 52,9%) e os custos elevados de implementação (8; 47,1%). Outros fatores, como a cibersegurança e a gestão de grandes volumes de dados, surgem com menor expressão.

Os resultados indicam que as empresas ainda enfrentam limitações estruturais e técnicas significativas, sendo crucial investir em infraestruturas digitais mais robustas e na formação técnica especializada.



Figura 4.34 Desafios técnicos específicos na implementação da I4.0.

### Pergunta 34 (Caminho 3)

Esta questão teve como objetivo identificar os principais desafios técnicos enfrentados pelas empresas durante a implementação de soluções associadas à I4.0.

De acordo com a Figura 4.35, os obstáculos mais mencionados foram a integração de novas tecnologias com sistemas antigos (16 respostas; 66,7%) e os custos elevados de implementação (12; 50%). Seguem-se a falta de mão de obra qualificada e a gestão e análise de grandes volumes de dados – *big data* (6; 25%). As dificuldades em garantir cibersegurança adequada (4; 16,7%), o adiamento na tomada de decisão (2; 8,3%) e a constante evolução tecnológica, associada a incompatibilidades entre versões (1; 4,2%).

Estes resultados demonstram que as empresas continuam a enfrentar barreiras técnicas significativas, sobretudo ao nível da integração tecnológica e de custos, reforçando a necessidade de planos de transição faseados e de formação especializada para facilitar a adoção da I4.0.

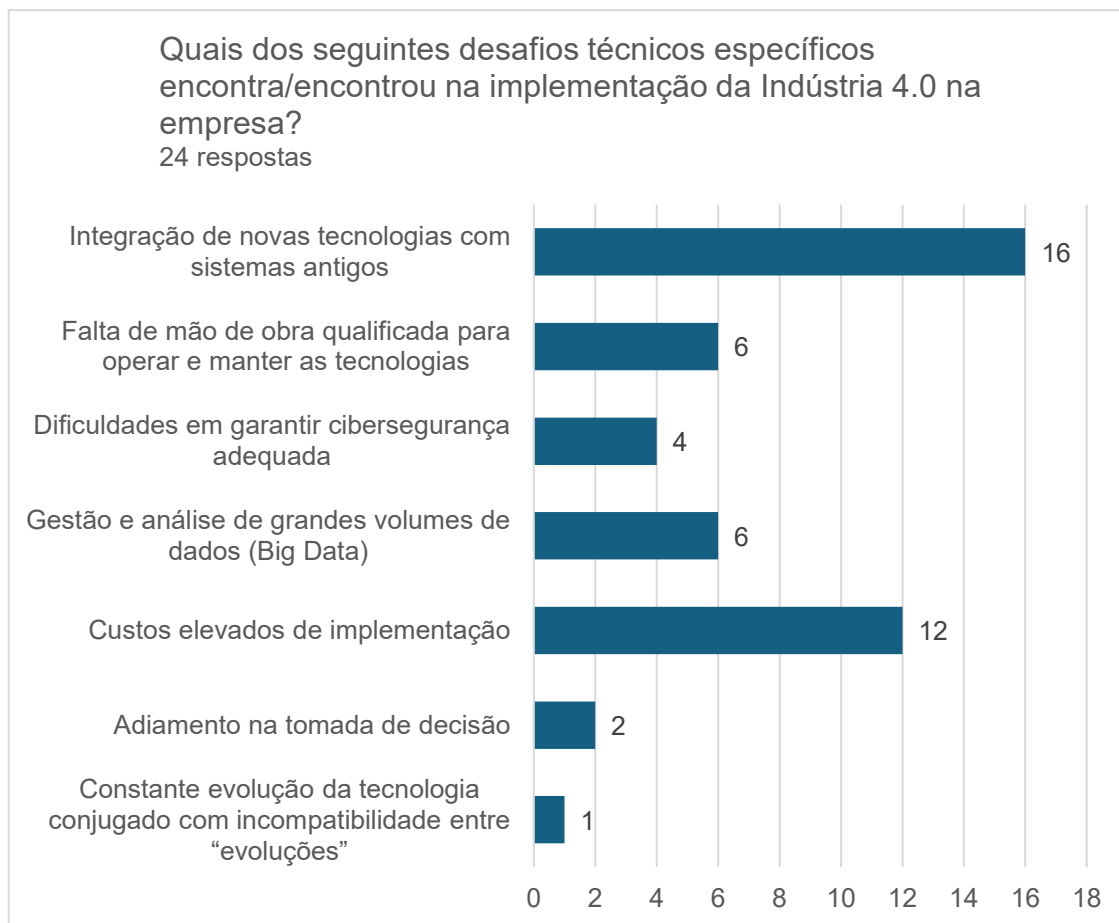


Figura 4.35 Desafios técnicos específicos na implementação da I4.0.

### Pergunta 32 (Caminho 2)

Esta questão teve como propósito identificar os principais benefícios esperados pelas empresas caso adotem as tecnologias associadas à I4.0.

Como se observa na Figura 4.36, os benefícios mais apontados foram o aumento da eficiência e produtividade dos processos (16 respostas; 94,1%), a redução de custos operacionais (13; 76,5%) e a tomada de decisão mais rápida e baseada em dados (12; 70,6%). Também se destacam o reforço da sustentabilidade e a melhoria da qualidade dos produtos/serviços.

Estes resultados evidenciam que as empresas associam a I4.0 a ganhos de eficiência e competitividade, reconhecendo o seu papel estratégico na modernização organizacional e na sustentabilidade dos processos.

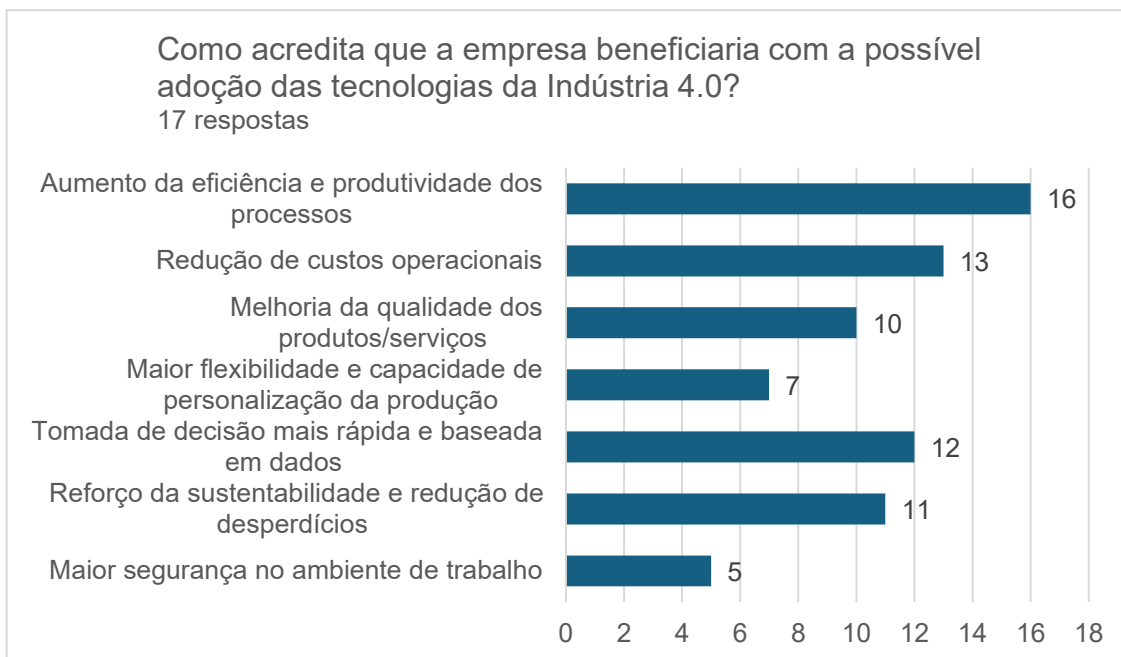


Figura 4.36 Benefícios esperados com a adoção das tecnologias da I4.0.

### Pergunta 39 (Caminho 3)

Esta questão teve como objetivo avaliar o grau de satisfação geral das empresas relativamente à implementação das tecnologias da I4.0.

Como se observa na Figura 4.37, a maioria das empresas apresenta um nível de satisfação elevado, situando-se entre os níveis 4 e 5 da escala, o que representa 75% das respostas. Apenas uma pequena parte das empresas demonstrou satisfação neutra.

Estes resultados indicam que a I4.0 tem sido recebida de forma globalmente positiva, refletindo um reconhecimento claro dos benefícios obtidos, embora ainda existam desafios técnicos e de adaptação que atrasam em alguns casos.

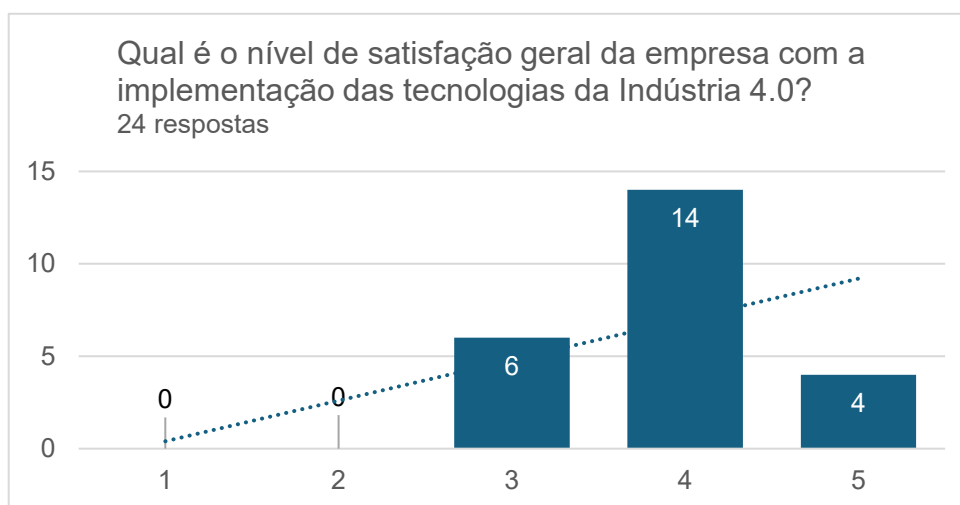


Figura 4.37 Satisfação geral com a implementação da I4.0.

### Pergunta 40 (Caminho 3)

Esta questão procurou identificar a percepção inicial das empresas em relação às tecnologias da I4.0, antes da sua implementação.

De acordo com a Figura 4.38, a maioria das empresas (58%) apresentou uma visão positiva, reconhecendo o potencial das tecnologias, embora com algumas dúvidas sobre os resultados. Cerca de 33% revelaram uma percepção muito positiva, enquanto 4% mantinham uma posição neutra face à transformação digital.

Os resultados mostram que, antes da implementação, as empresas já viam a I4.0 como uma oportunidade de modernização.

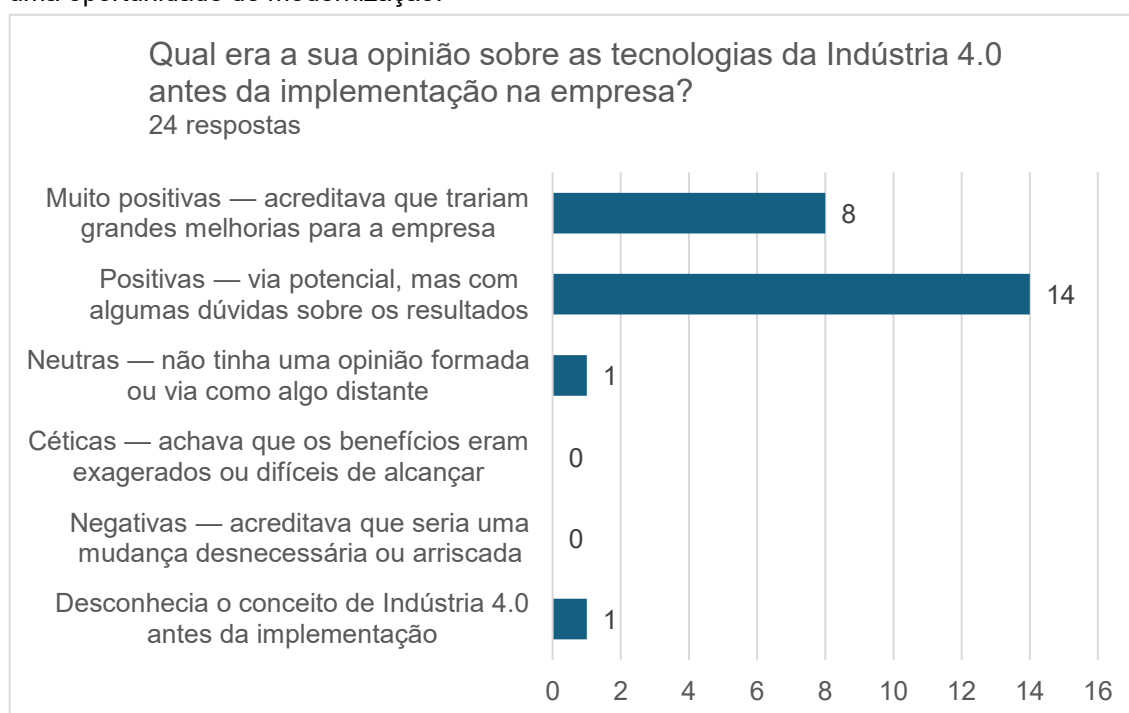


Figura 4.38 Opinião das empresas sobre as tecnologias da I4.0.

### Pergunta 41 (Caminho 3)

Esta questão teve como objetivo compreender de que forma a percepção das empresas evoluiu após a implementação das tecnologias da I4.0.

Como se observa na Figura 4.39, a maioria das empresas (67%) reporta uma mudança positiva, com melhorias visíveis. Cerca de 29% referem que a implementação correspondeu ao esperado, no entanto, sem mudança. Enquanto apenas 4% indicam que superou as expectativas.

Estes resultados confirmam que a experiência prática com a I4.0 tem sido satisfatória, reforçando a confiança das empresas na transformação digital como impulsionador de inovação e crescimento.



Figura 4.39 Perceção das empresas após a implementação da I4.0.

## Pergunta 42

Esta questão teve como objetivo identificar se as empresas já tinham participado em iniciativas anteriores relacionadas com diagnósticos ou inquéritos sobre a I4.0.

De acordo com a Figura 4.40, 41% das empresas indicam nunca ter participado em diagnósticos deste tipo, enquanto 26% afirmam não ter conhecimento sobre essa possibilidade. Por outro lado, 23% referem ter participado várias vezes e 10% indicam tê-lo feito uma única vez.

Estes resultados demonstram que a maioria das empresas tem ainda pouca experiência neste tipo de iniciativas, o que evidencia a necessidade de reforçar a promoção de diagnósticos colaborativos que permitam acompanhar a evolução da maturidade digital e acelerar a adoção da I4.0.

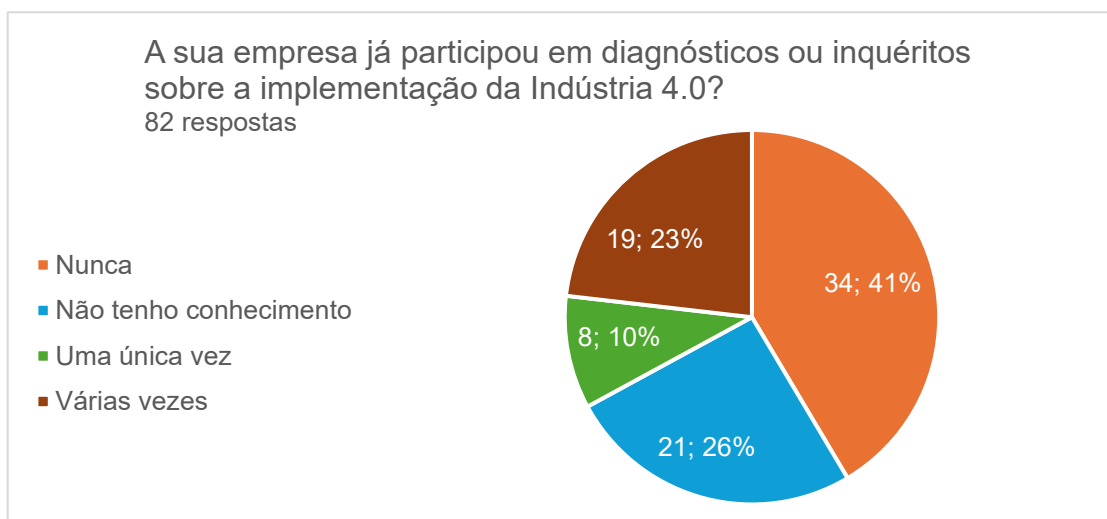


Figura 4.40 Participação em diagnósticos sobre a implementação da I4.0.

## Pergunta 43

Esta questão teve como objetivo identificar se as empresas já haviam participado em iniciativas anteriores relacionadas com diagnósticos ou inquéritos sobre a I4.0, de forma a avaliar o seu grau de envolvimento neste tipo de estudos.

De acordo com a Figura 4.41, 23 empresas afirmam que a participação ajudou a avaliar o conhecimento interno sobre o tema, enquanto 21 indicam que o inquérito permitiu uma reflexão interna. Outras 14 empresas consideraram que foi uma tarefa importante, mas sem reflexo interno, e 9 classificaram-no como um inquérito sem consequências práticas. Apenas 3 referem que a experiência estimulou novas ações internas, e 12 indicam não ter conhecimento sobre os efeitos da participação.

Estes resultados demonstram que a maioria das empresas tem ainda pouca experiência neste tipo de iniciativas, o que mostra a necessidade de reforçar a promoção de diagnósticos colaborativos que permitam acompanhar a evolução da transformação digital e acelerar a adoção da I4.0.

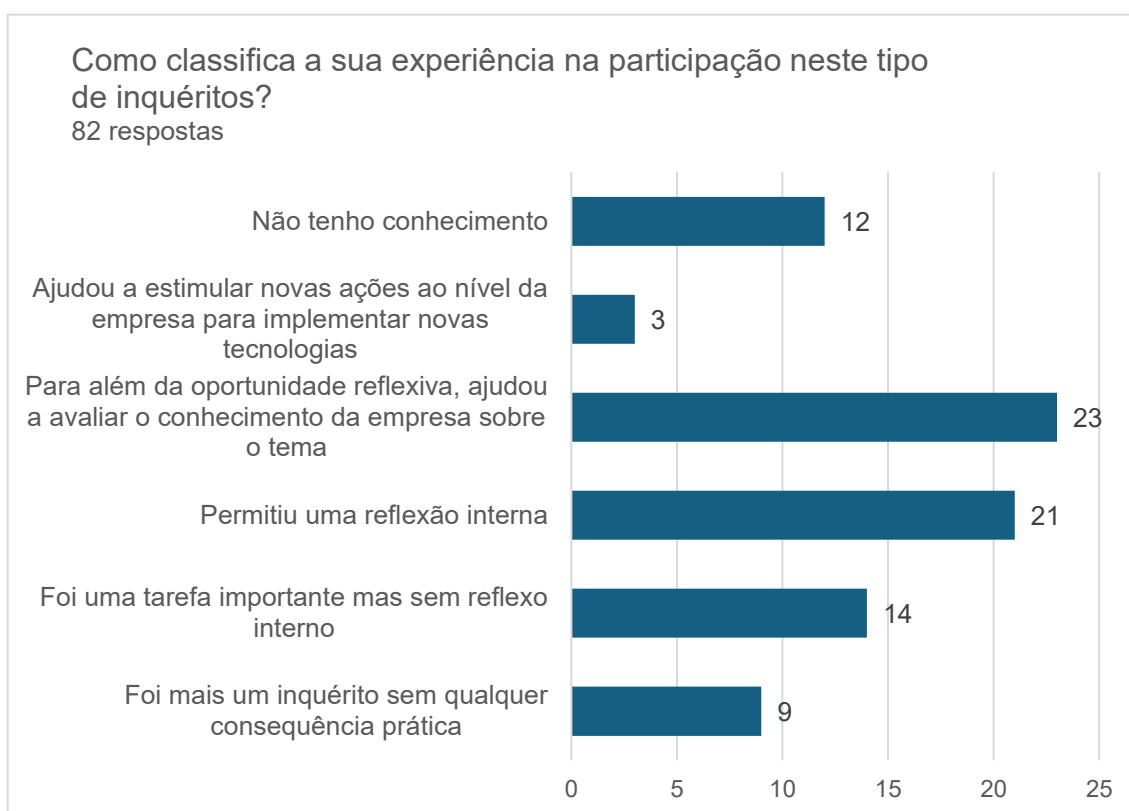


Figura 4.41 Experiência das empresas na participação em inquéritos sobre a I4.0.

## Pergunta 44

Esta pergunta teve como finalidade identificar as expectativas das empresas relativamente aos resultados da realização do inquérito sobre a I4.0.

Como se observa na Figura 4.42, a maioria das empresas (35 respostas) manifestou interesse em receber um documento resumo com os principais resultados, enquanto 9 demonstraram vontade de participar numa sessão de partilha com outras empresas. Outras 2 empresas gostariam de ter uma reunião com a equipa de investigação para apresentar a sua realidade, e 4 mostraram interesse em explorar possíveis colaborações para o desenvolvimento tecnológico e organizacional, enquanto que 32 empresas afirmaram não desejar nenhum resultado específico.

Estes resultados evidenciam uma atitude participativa e colaborativa por parte das empresas, revelando abertura para a partilha de experiências e desenvolvimento.

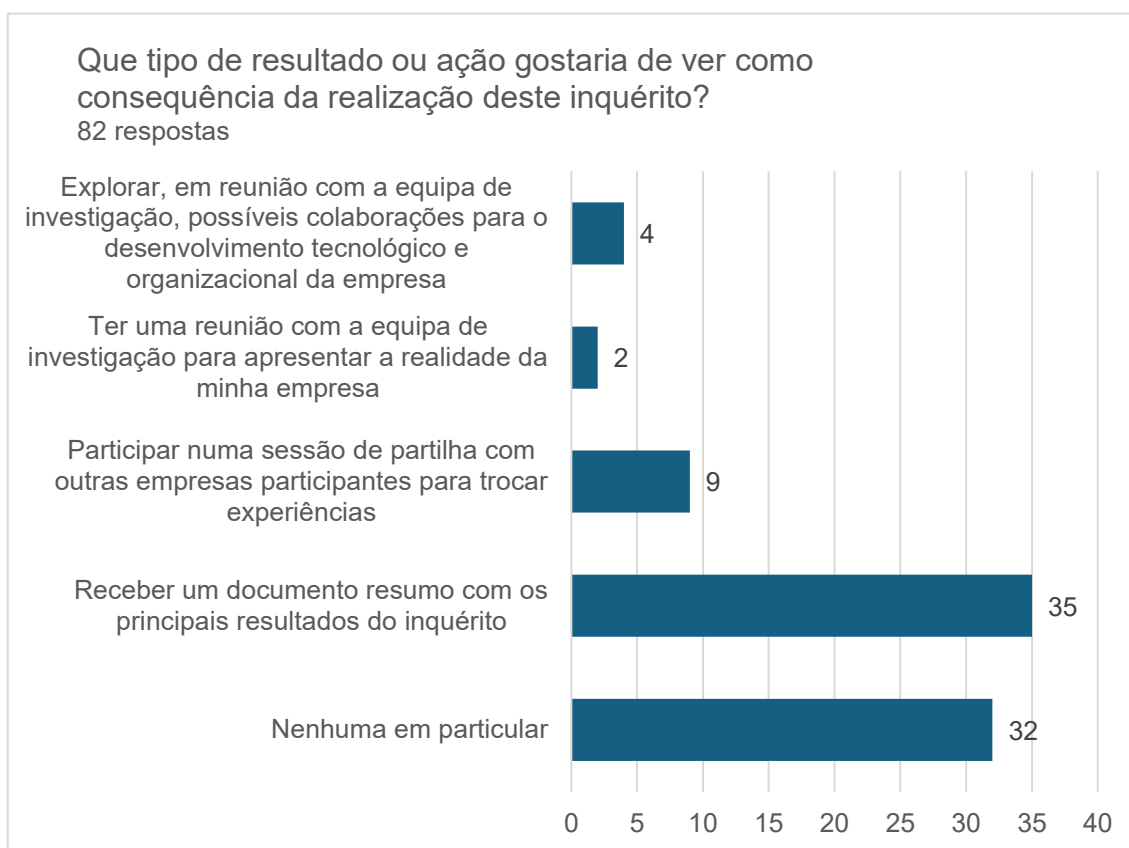


Figura 4.42 Resultado após a realização do inquérito sobre a I4.0.

## Pergunta 45

De acordo com as leis da privacidade, os contactos fornecidos para qualquer tipo de contacto, não serão partilhados. No entanto, obteve-se um total de 38 contactos para a partilha de informação.

## 4.2. Discussão de resultados

A discussão de resultados tem como propósito interpretar os dados obtidos através do inquérito que foi aplicado às 82 empresas portuguesas que responderam ao inquérito. Com isto, procura-se compreender a transformação digital, as tecnologias mais implementadas e as principais barreiras que condicionam a adoção da I4.0. Esta análise não se limita à descrição estatística apresentada anteriormente, mas pretende relacionar os resultados com a literatura existente, de modo a identificar padrões e implicações práticas para a transformação digital no contexto nacional. A discussão encontra-se estruturada por temas que refletem as dimensões mais relevantes do estudo:

- Estado atual da transformação digital nas empresas portuguesas;
- Tecnologias e fases de implementação da I4.0;
- Fatores estratégicos e humanos associados à adoção tecnológica;
- Barreiras e desafios identificados;
- Impactos percebidos sobre o desempenho organizacional.

A análise procura ainda identificar diferenças entre setores de atividade e entre empresas de distintas dimensões, diferenciando os casos das PME e das grandes empresas. Esta abordagem permite compreender como a disponibilidade de recursos, o nível de conhecimento tecnológico e a definição estratégica influenciam a evolução das organizações rumo à digitalização e automação. Para além disso, os resultados serão confrontados com a literatura com estudos prévios, de forma a validar contrariar tendências identificadas. Desta forma, esta discussão contribui para uma leitura crítica do panorama da I4.0, mostrando o caminho percorrido e os desafios que ainda persistem no processo de transformação tecnológica e organizacional.

### 4.2.1. *Estado atual da transformação digital nas empresas portuguesas*

A análise dos resultados demonstra que a maioria das empresas portuguesas se encontra ainda em etapas intermédias de adoção da I4.0. Conforme apresentado na Figura 4.43, aproximadamente 27% das organizações indicam estar na fase de expansão, 21% em implementação inicial, 18% em planeamento estratégico e 15% em avaliação preliminar. Apenas 2% dos inquiridos afirmam ter atingido a integração completa das tecnologias da I4.0, enquanto 17% referem que a implementação não existe. Esta distribuição mostra que, embora o movimento de transformação digital esteja em crescimento, o nível de maturidade digital das empresas portuguesas ainda é moderado, caracterizado por processos em transição e pela ausência de integração plena dos CPS e da automação total dos processos produtivos.

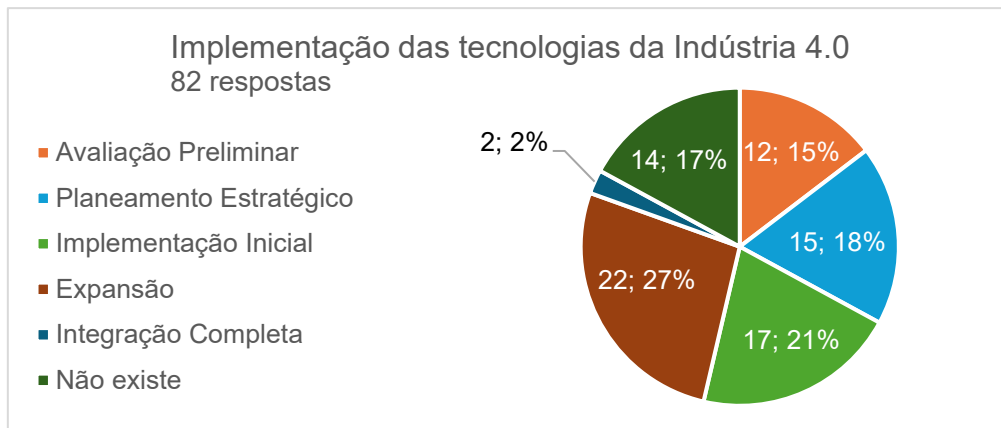


Figura 4.43 Fase atual de implementação da I4.0 nas empresas

Estes resultados estão em de acordo com Druczkoski (2020) e Pacheco (2022), que referem que a maioria das PME nacionais permanece nos níveis iniciais dos modelos de maturidade digital, com esforços ainda pouco integrados. Também o relatório SHIFTo4.0 (ISQ/IAPMEI, 2021) evidencia uma adoção gradual, limitada por fatores financeiros e pela ausência de estratégias estruturadas. Em termos internacionais, os dados corroboram Schumacher *et al.* (2016) e Mittal *et al.* (2018), que descrevem a evolução da I4.0 como um processo gradual, começando pela digitalização e avançando para a integração inteligente.

A análise da Figura 4.44 que relaciona a fase de adoção da I4.0 e o ano de fundação das empresas revela tendências distintas entre grupos etários organizacionais. As empresas mais antigas concentram-se sobretudo nas fases iniciais, como “Não existe”, “Avaliação Preliminar”, “Planeamento Estratégico” e “Implementação Inicial”, evidenciando menor maturidade digital. Já as empresas fundadas entre 1980 e 2010 apresentam maior diversidade de fases, incluindo níveis mais avançados como “Expansão” e “Implementação Inicial”. Por sua vez, as empresas mais recentes (2021–2024) situam-se maioritariamente em estágios iniciais, refletindo o início do seu processo de transformação digital.

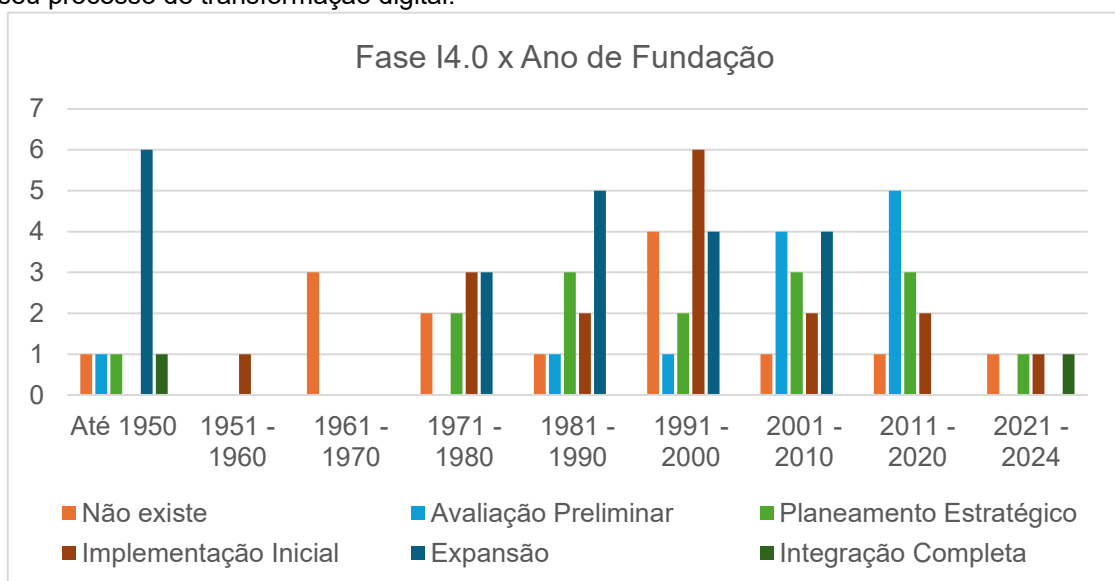


Figura 4.44 Relação entre fase de implementação da I4.0 e ano de fundação.

Estas diferenças podem ser explicadas por fatores estruturais e culturais associados à idade das organizações. Empresas mais antigas tendem a possuir infraestruturas obsoletas e processos mais rígidos, dificultando a adoção de tecnologias digitais avançadas por possuírem maiores desafios de modernização. As empresas criadas entre 1980 e 2010 beneficiaram de contextos tecnológicos mais favoráveis e maior pressão competitiva, acelerando a sua evolução digital. Já as organizações mais recentes encontram-se numa fase de consolidação interna, motivo pelo qual ainda não atingiram níveis elevados de maturidade na I4.0. de realçar que as empresas mais antigas em fase de expansão são Grandes Empresas que possuem uma estrutura bem definida.

Os resultados confirmam as conclusões de Masood e Sonntag (2020), que apontam a idade organizacional como um fator determinante na maturidade digital. Também Moeuf *et al.* (2018) destaca que as empresas mais jovens, especialmente PME, tendem a adotar tecnologias com maior rapidez, refletindo um perfil mais inovador e adaptável às exigências da I4.0.

A análise do Figura 4.45 evidencia uma relação clara entre a dimensão da empresa e o nível de maturidade digital. As médias empresas (51–250 trabalhadores) concentram a maior proporção de casos nas fases de expansão e implementação inicial, revelando uma dinâmica de crescimento tecnológico acentuada. Já as grandes empresas (>1000 trabalhadores) também se destacam, apresentando níveis significativos de expansão e integração completa, reflexo de maior capacidade financeira e de investimento em inovação. Empresas com menor número de trabalhadores apresentam níveis de maturidade inferior, mostrando maior dificuldade em iniciar a digitalização.

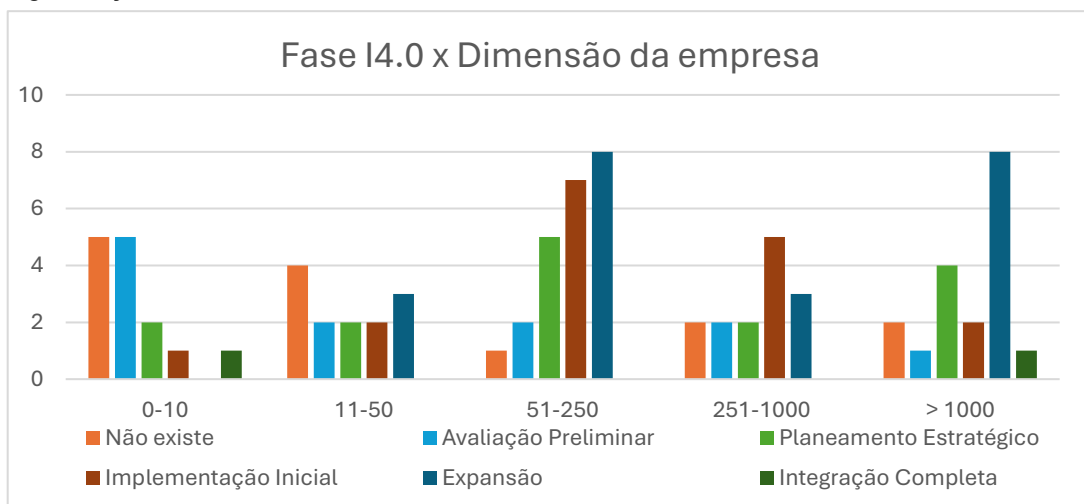


Figura 4.45 Fase de implementação da I4.0 segundo a dimensão das empresas.

Este padrão confirma que a dimensão é um fator determinante na transformação digital, sendo as empresas de maior porte mais propensas a integrar tecnologias avançadas e processos automatizados. Estes resultados estão de acordo com Druczkoski (2020) e Pacheco (2022), que destacam as limitações financeiras e de competências como principais barreiras à digitalização nas PME. Do mesmo modo, Schumacher *et al.* (2016) referem que o nível de maturidade tende a crescer proporcionalmente aos recursos disponíveis e à capacidade de integração tecnológica

da organização, reforçando a ideia de que o avanço na I4.0 depende fortemente da dimensão, estrutura e capacidade de investimento das empresas.

A análise do nível de familiaridade individual (Pergunta 9) e do conhecimento organizacional (Pergunta 10) sobre os conceitos da I4.0 revela uma evolução consistente ao longo das fases de maturidade digital. Nas etapas iniciais, tanto os colaboradores como as organizações apresentam níveis de conhecimento moderados, refletindo uma compreensão ainda superficial dos princípios da transformação digital. O nível de conhecimento, tanto individual como organizacional, revela uma progressão claramente proporcional ao avanço das empresas nas fases de implementação da transformação digital, intensificando-se à medida que estas atingem estágios mais elevados de maturidade.

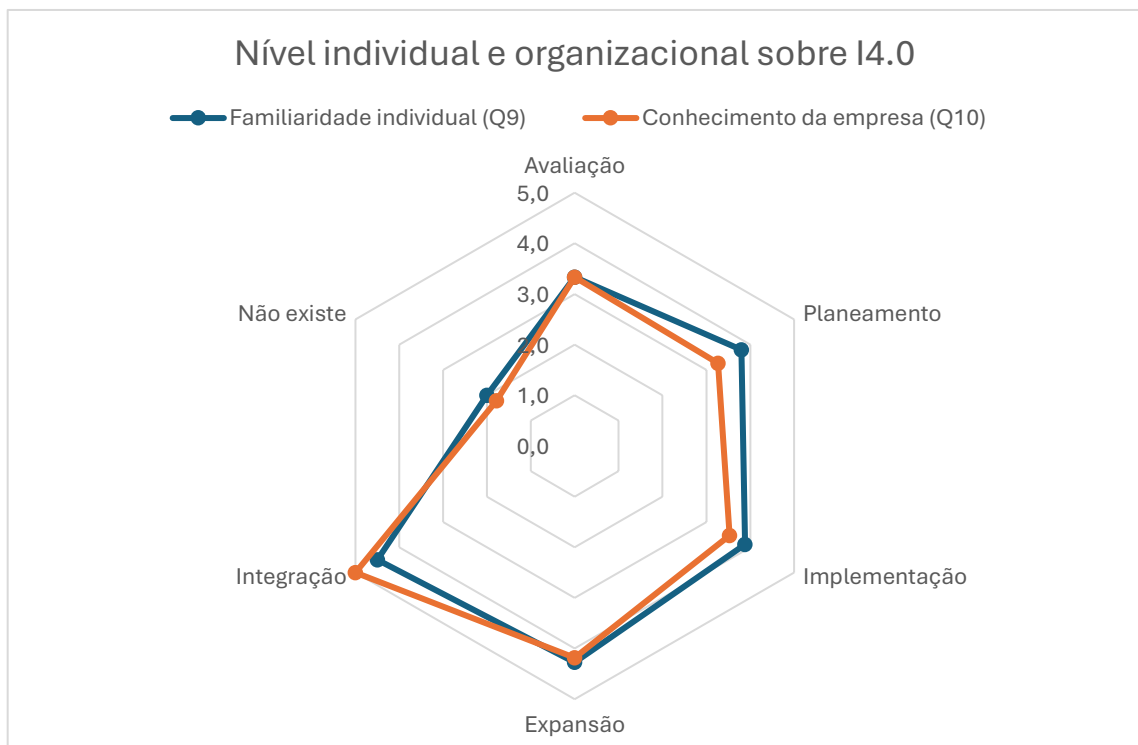


Figura 4.46 Nível de familiaridade individual e conhecimento organizacional sobre a Indústria 4.0.

Estes resultados alinham-se com a literatura que destaca a importância da literacia digital como motor da maturidade organizacional. Druczkoski (2020) e Pacheco (2022) referem que o aumento do conhecimento interno ocorre sobretudo após o início de iniciativas de digitalização, quando as empresas começam a adquirir experiência prática com as tecnologias. De forma semelhante, Masood e Sonntag (2020) destaca a importância das competências internas, da formação e da preparação organizacional como fatores críticos para ultrapassar barreiras à implementação da I4.0, ainda que não aborde diretamente a relação entre familiaridade individual e conhecimento coletivo.

#### 4.2.2. Tecnologias implementadas e fases de adoção

A análise das tecnologias implementadas revela que existe uma diferença significativa entre as tecnologias que as empresas consideram essenciais e aquelas que efetivamente adotam. Como se observa na Figura 4.47, tecnologias como *cloud computing*, cibersegurança e *IoT* apresentam percentagens elevadas de implementação, acompanhando as percepções manifestadas pelas organizações. Contudo, tecnologias mais avançadas como inteligência artificial, *big data*, robótica ou impressão 3D surgem com níveis muito inferiores de adoção, apesar de serem consideradas importantes por uma parte substancial das empresas. Esta discrepância sugere que, embora exista consciência da relevância estratégica destas tecnologias, a sua implementação continua a ser limitada por fatores como custos, complexidade técnica e falta de competências especializadas para a tecnologia em questão.

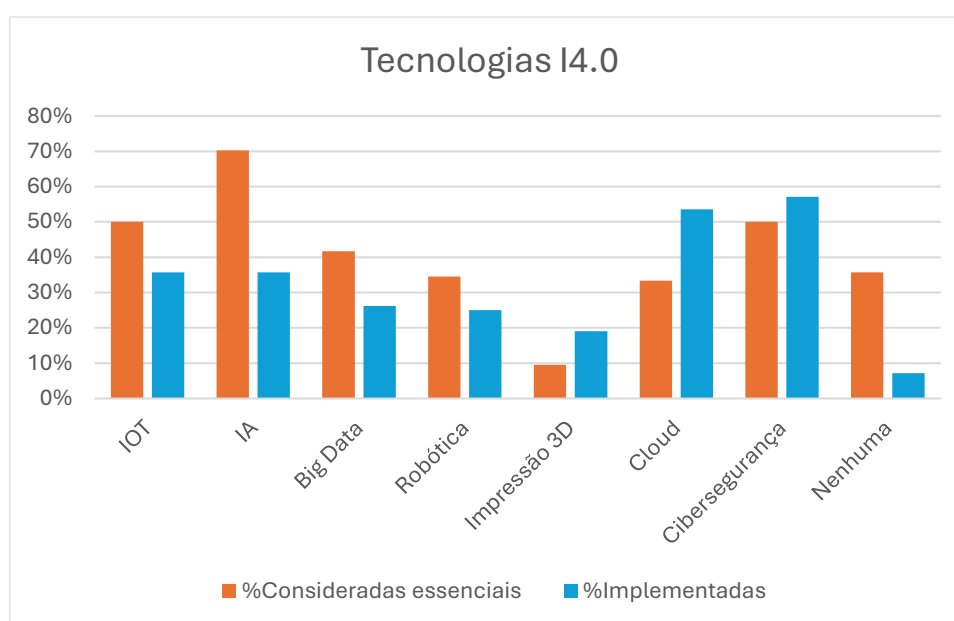


Figura 4.47 Frequência de tecnologias essenciais e implementadas.

Quando se compara a implementação tecnológica com a fase de maturidade digital Figura 4.48, observa-se uma relação entre o avanço na I4.0 com a adoção de um número maior e mais diversificado de tecnologias. As empresas em implementação inicial começam por integrar soluções base de digitalização e conectividade, como *cloud* e *IoT*, enquanto as empresas em expansão e integração completa apresentam taxas mais elevadas de utilização de robótica, IA e *big data*. Este padrão confirma que a adoção tecnológica ocorre de forma progressiva, consolidando tecnologias menos complicadas antes de avançar para soluções mais complexas. Por outro lado, as empresas nas fases de avaliação preliminar ou planeamento estratégico apresentam níveis muito reduzidos de implementação, refletindo a fase preparatória do processo de transformação digital.

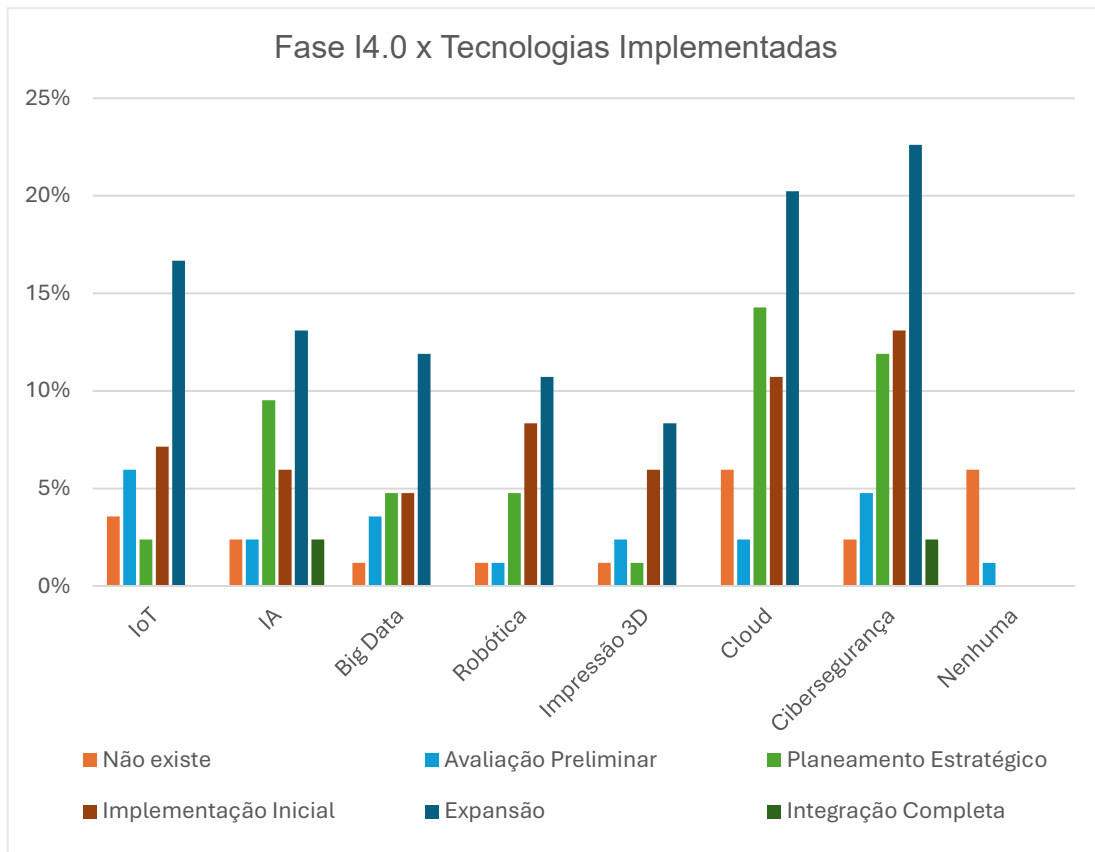


Figura 4.48 Fase I4.0 x Tecnologias Implementadas.

A adoção tecnológica também varia substancialmente entre setores de atividade, como representa a Figura 4.49. Setores tradicionalmente mais intensivos em tecnologia — como Indústria Transformadora, Tecnologia e Eletrónica — registam as maiores taxas de implementação de *IoT*, *cloud* e cibersegurança, bem como níveis superiores de *big data* e robótica. Em contraste, setores como a Construção, Saúde, Comércio ou Transportes e Hotelaria revelam níveis mais modestos, limitando-se sobretudo às tecnologias digitais de base. Esta variabilidade setorial evidencia que a maturidade tecnológica não depende apenas de fatores internos, mas também das dinâmicas, requisitos e pressões competitivas de cada setor.

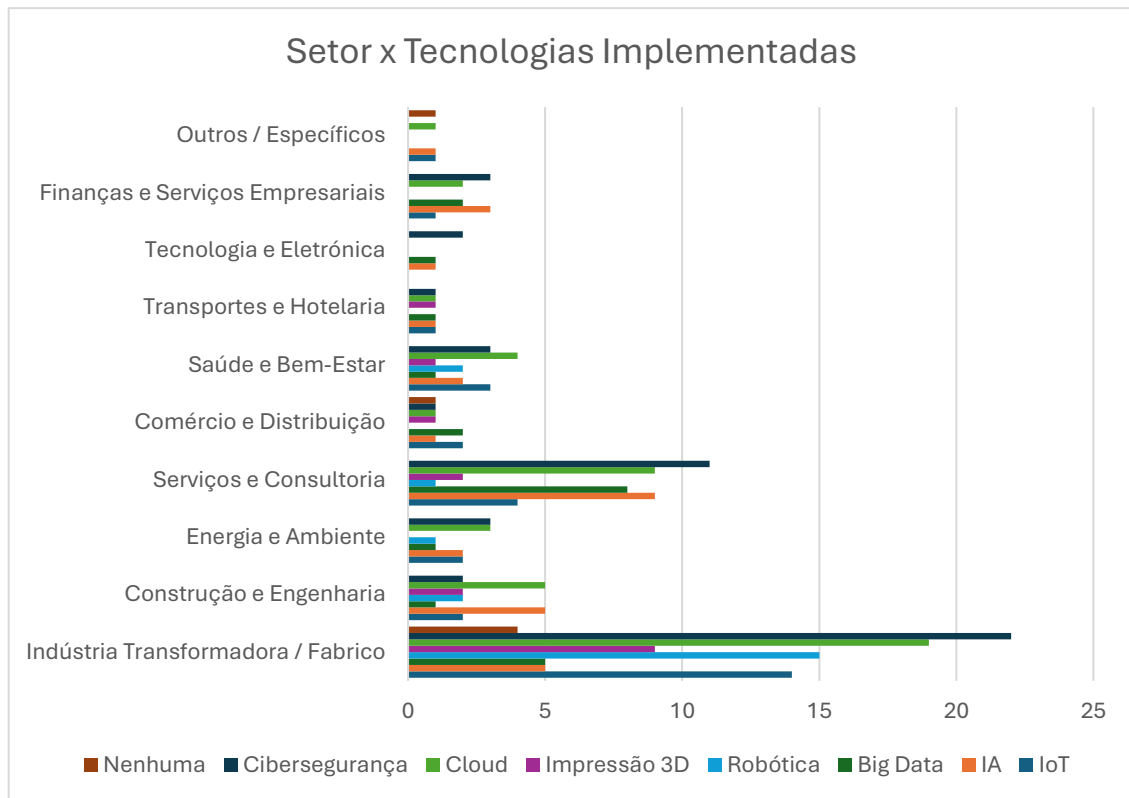


Figura 4.49 Setor x Tecnologias Implementadas.

Estes resultados vão ao encontro da literatura que aponta para uma adoção graduada da I4.0, onde as tecnologias de base — como *cloud*, cibersegurança e *IoT* — funcionam como pré-requisitos para a integração de soluções mais avançadas (Frank *et al.*, 2019). Também Schuh *et al.* (2020) defendem que a maturidade tecnológica cresce em camadas, começando pela digitalização e conectividade e evoluindo posteriormente para a inteligência artificial, robotização e *CPS*. A variabilidade verificada entre setores confirma igualmente o que é discutido por Pacheco (2022), que refere que a adoção tecnológica depende dos estímulos competitivos e da pressão para inovação próprios de cada setor, reforçando a noção de que a transformação digital não é homogênea, mas moldada pelo contexto organizacional e pelas exigências da cadeia de valor.

### 4.2.3. Fatores estratégicos e humanos associados à adoção tecnológica

A adoção da I4.0 não depende apenas da tecnologia disponível, mas também de fatores estratégicos e humanos que condicionam a capacidade das empresas para integrar novas soluções digitais. A Figura 4.50 revela que nas fases iniciais da maturidade I4.0, sobressai a ausência de uma estratégia digital formal, sendo maior o número de empresas que afirmam não possuir estratégia. À medida que as fases de avaliação aumentam, observa-se um aumento gradual das empresas com estratégia digital em desenvolvimento ou já pensada, sugerindo que

o avanço na maturidade está associado à necessidade crescente de estruturar a transformação digital.

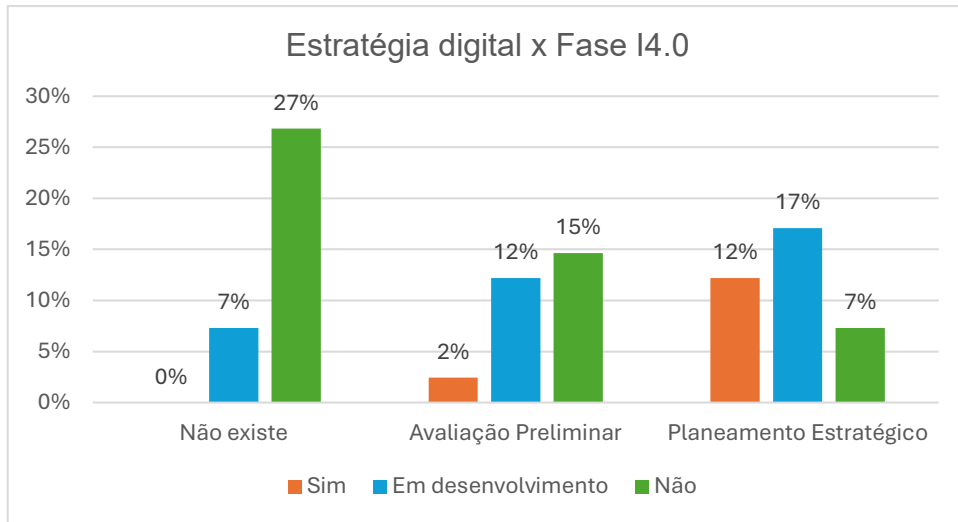


Figura 4.50 Estratégia digital x Fase I4.0.

De igual modo, a Figura 4.51 mostra que o nível de competências digitais dos colaboradores acompanha a progressão das fases da I4.0. Nas fases iniciais prevalecem empresas com competências baixas a médias, enquanto nas fases mais avançadas observa-se uma presença crescente de colaboradores com competências elevadas. Este padrão sugere que a evolução para níveis superiores de maturidade digital requer não apenas investimento tecnológico, mas também formação interna e desenvolvimento de competências técnicas e analíticas capazes de sustentar a modernização dos processos.

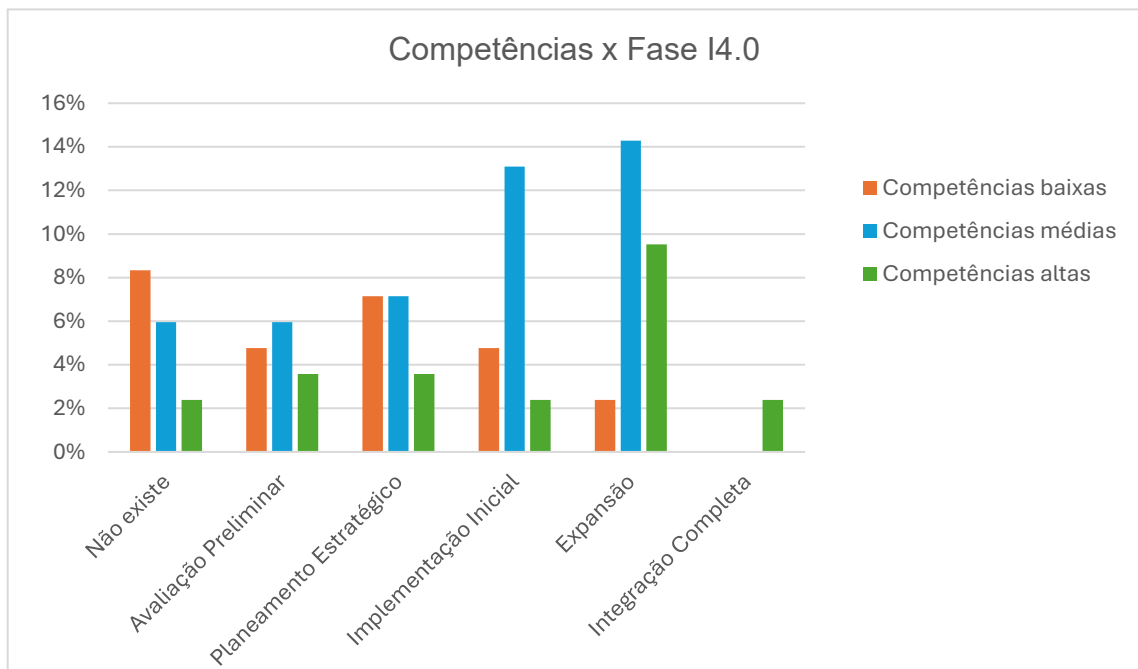


Figura 4.51 Competências x Fase I4.0.

A estratégia digital e as competências humanas vão ao encontro uma da outra, confirmando com a literatura que caracteriza a transformação digital como um processo simultaneamente tecnológico e organizacional. Masood e Sonntag (2020) salientam que a estratégia fornece direção e estabilidade ao processo de mudança, enquanto Frank *et al.* (2019) referem que as competências digitais são determinantes para a operação das novas tecnologias. Também Pacheco (2022) e Druczkoski (2020) evidenciam que a ausência de planeamento formal e o défice de competências são duas das principais barreiras que impedem as empresas portuguesas de avançar para fases mais maduras da I4.0.

#### 4.2.4. Barreiras e desafios identificados

A análise das barreiras à adoção da I4.0 revela que os desafios enfrentados pelas empresas variam de acordo com a fase de maturidade digital em que se encontram. Nas fases iniciais, como apresentado na Figura 4.52, destacam-se a resistência à mudança, os custos elevados e as infraestruturas inadequadas, refletindo limitações estruturais, financeiras e culturais nas empresas típicas das etapas de Avaliação e Planeamento. À medida que a fase evolui para a Implementação Inicial (Figura 4.53), os desafios mantêm-se semelhantes, embora se observe um aumento na perceção de falta de competências digitais, sugerindo que as barreiras humanas começam a fazer-se sentir quando se iniciam alterações efetivas nos processos.

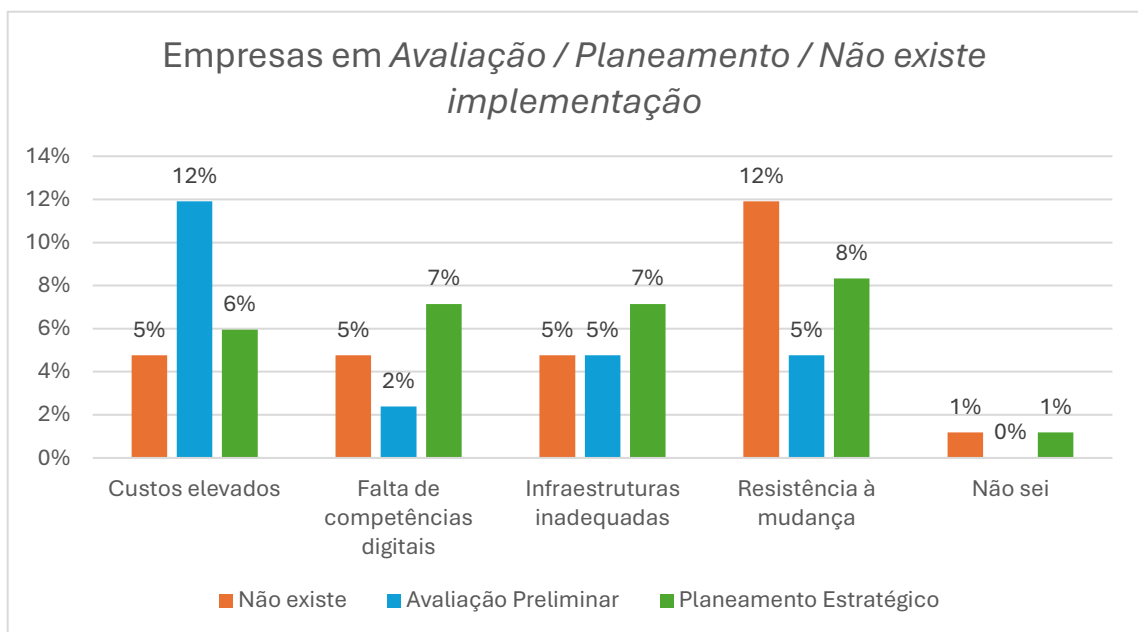


Figura 4.52 Barreiras identificadas nas fases iniciais (Avaliação/Planeamento/Não existe implementação).

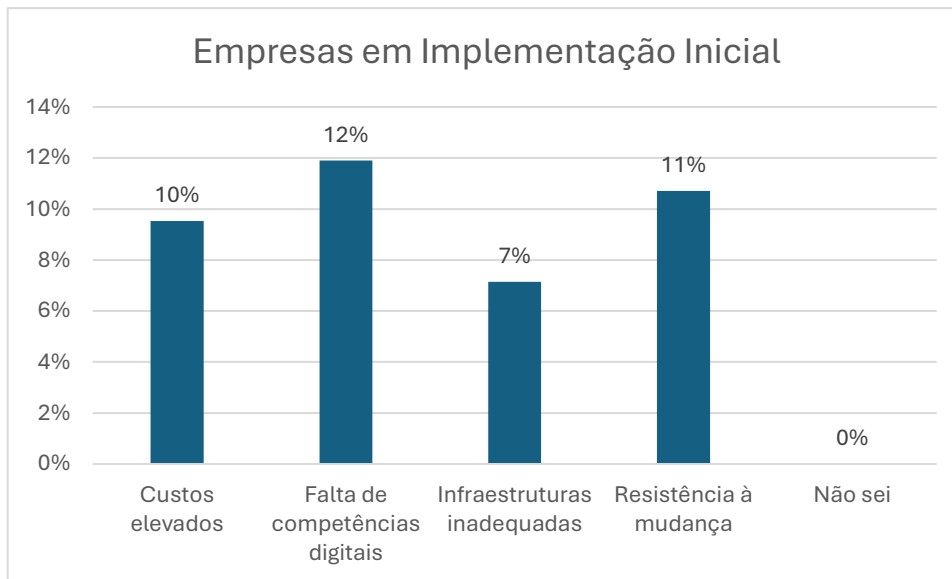


Figura 4.53 Barreiras identificadas na fase intermédia (Implementação Inicial).

Nas fases mais avançadas, Expansão e Integração Completa, a Figura 4.54 mostra que os custos elevados se mantêm como a barreira mais significativa, refletindo que os investimentos continuam a ser elevados à medida que as empresas procuram implementar novas tecnologias. Simultaneamente, a resistência à mudança e a falta de competências digitais permanecem relevantes, demonstrando que os desafios humanos acompanham todas as etapas do processo. As infraestruturas inadequadas aumentam de expressão nesta fase, mas sem se tornarem a principal barreira, sugerindo que apenas com a evolução tecnológica as empresas passam a identificar claramente limitações técnicas antes menos visíveis.

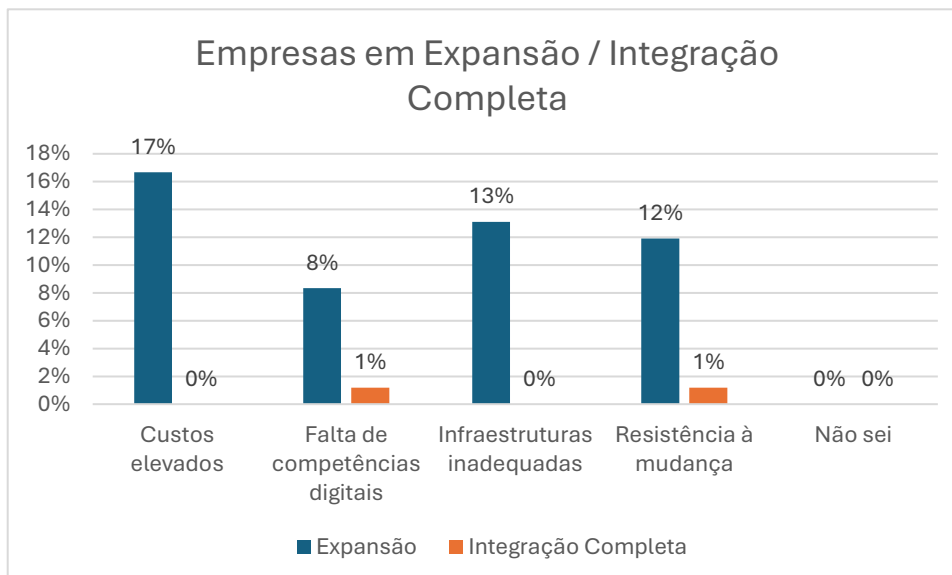


Figura 4.54 Barreiras nas fases avançadas (Integração Completa e Expansão).

Os resultados das Figuras 4.52, 4.53 e 4.54 vão ao encontro da literatura sobre a adoção da I4.0, que identifica os custos de investimento, a falta de competências digitais e a resistência

à mudança como as principais barreiras. Estudos empíricos com empresas portuguesas e europeias destacam que os constrangimentos financeiros e o défice de qualificação são fatores recorrentes que dificultam a passagem das fases iniciais de avaliação para etapas mais avançadas de implementação e integração (Ferreira, 2020; Fernandes, 2021; Amaral & Peças, 2021). De forma semelhante, Lichtblau *et al.* (2015), Moeuf *et al.* (2018) e Kamble *et al.* (2018) evidenciam que, embora as limitações infraestruturais ganhem relevância à medida que a maturidade digital aumenta, estas tendem a assumir um papel secundário face às barreiras económicas e humanas. Trabalhos mais recentes, como os de Elnadi e Abdallah (2023) e Restrepo-Morales *et al.* (2024), reforçam ainda que a superação destes desafios exige abordagens integradas que combinem investimento, formação e reforço da cultura organizacional, o que está alinhado com o padrão observado neste estudo.

A análise das barreiras por setor de atividade, apresentada nas Figuras 4.55, 4.56 e 4.57, mostra padrões distintos consoante a fase de implementação da I4.0. Na fase inicial, as barreiras mais relevantes são uniformes entre setores, destacando-se sobretudo os custos elevados, infraestruturas inadequadas, a resistência à mudança e, em menor grau, a falta de competências digitais. A Indústria Transformadora e os Serviços e Consultoria apresentam valores ligeiramente superiores nestas barreiras, refletindo maior sensibilidade ao investimento e ao impacto organizacional das mudanças. Na fase intermédia, a distribuição mantém-se semelhante, com os custos elevados e a resistência à mudança a continuarem como desafios centrais, enquanto a falta de competências digitais se torna mais evidente em setores como a Indústria Transformadora e Finanças e Serviços empresariais. Já na fase avançada, observa-se novamente o aumento da barreira dos custos elevados, das infraestruturas inadequadas e da resistência à mudança, mas com menor expressão global, sugerindo que as empresas mais maduras enfrentam desafios mais estabilizados e tendencialmente diferentes dos das fases anteriores.

No conjunto dos setores, os gráficos mostram que as barreiras económicas e humanas, nomeadamente os custos e a resistência à mudança, se mantêm consistentes ao longo de todas as fases, enquanto as competências digitais assumem maior relevância nos setores com menor intensidade tecnológica. Esta leitura evidencia que a transformação digital não evolui de forma uniforme: é influenciada simultaneamente pelas características estruturais dos setores, pela sua maturidade tecnológica e pelo grau de avanço no processo de implementação da I4.0.

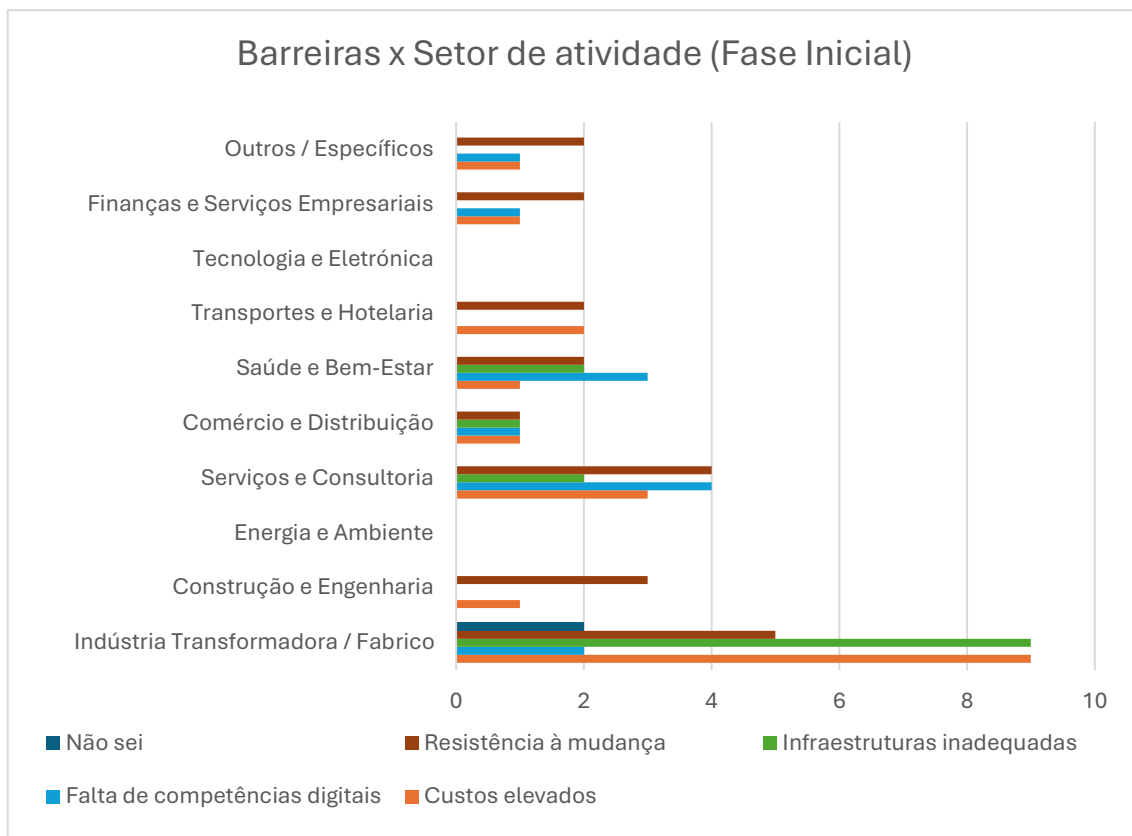


Figura 4.56 Barreiras x Setor de atividade (Fase Inicial).

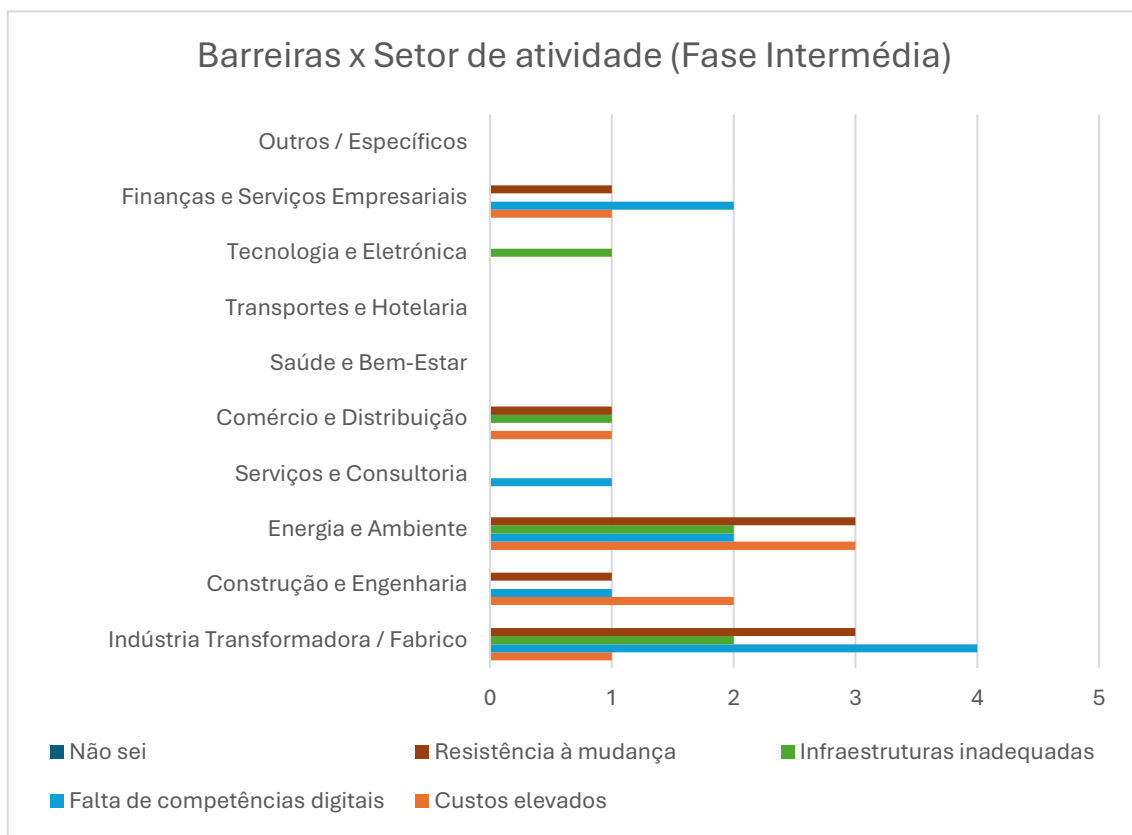


Figura 4.55 Barreiras x Setor de atividade (Fase Intermédia).

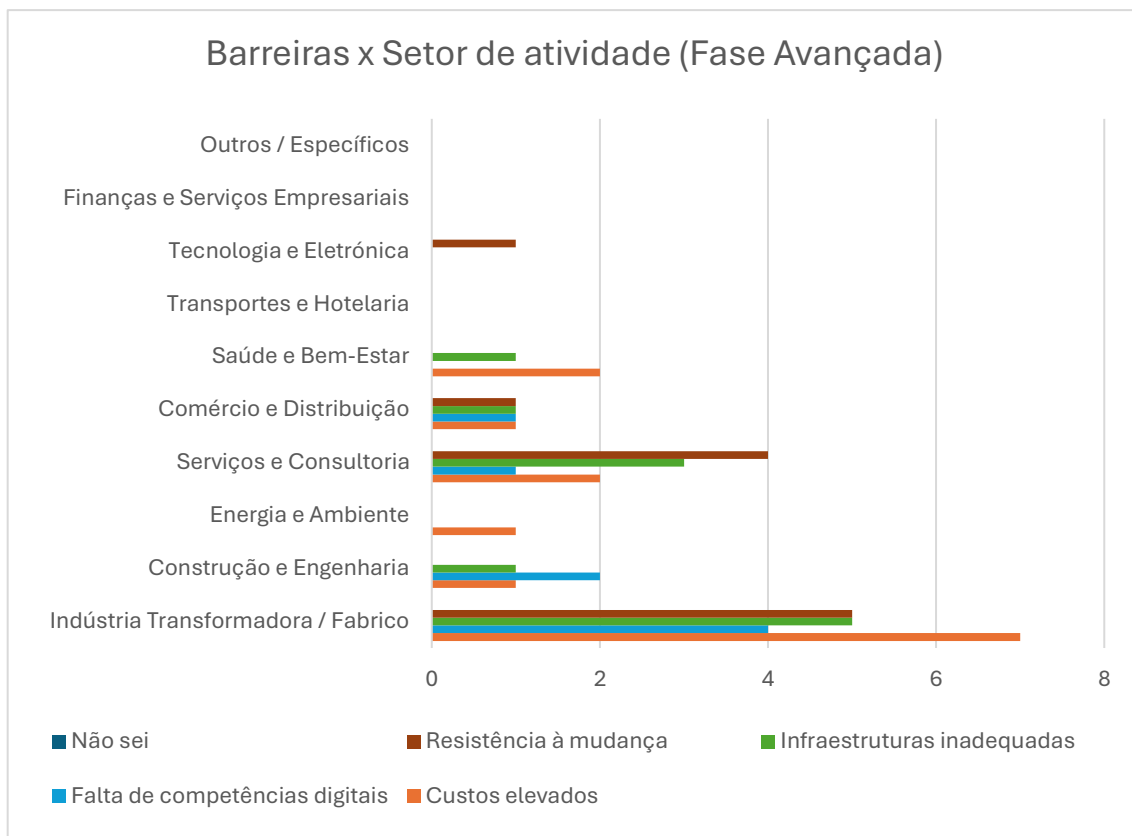


Figura 4.57 Barreiras x Setor de atividade (Fase Avançada).

Com o objetivo de identificar os fatores mais críticos na adoção da I4.0, foi elaborada uma matriz de risco que combina dois aspetos fundamentais: a frequência com que cada barreira é referida pelas empresas e o respetivo impacto que cada barreira pode ter na transformação digital. A frequência foi convertida para uma escala *Likert* de 1 a 5, representando desde ocorrência muito baixa até ocorrência muito elevada, enquanto o impacto foi igualmente transformado numa escala de 1 a 5, variando entre impacto mínimo e impacto extremamente elevado. A multiplicação destes dois fatores permitiu obter um *score de risco*, posteriormente representado na matriz apresentada na Tabela 4.3, com zonas de criticidade distribuídas entre verde (baixo risco), amarelo (risco médio) e vermelho (risco elevado).

Tabela 4.3 Matriz de risco das principais barreiras à implementação.

Impacto	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5	
	Frequência					

Tabela 4.4 Scores da matriz de risco (Frequência × Impacto)

Barreira	Frequência	Impacto	Score
Custos elevados	3	4	12
Falta de competências digitais	2	5	10
Resistência à mudança	3	3	9
Infraestruturas inadequadas	2	3	6

A análise dos resultados da matriz revela que os custos elevados constituem a barreira com maior criticidade, apresentando o *score* mais alto entre todas as barreiras avaliadas. Em segundo lugar surge a falta de competências digitais, que combina frequência moderada com impacto elevado, evidenciando a importância da qualificação interna para sustentar a transformação digital. A resistência à mudança e as infraestruturas inadequadas surgem como barreiras de risco intermédio, refletindo limitações. Estes resultados demonstram que os desafios à implementação da I4.0 são transversais e que, embora os custos e a falta de competências se destaquem como fatores prioritários, outras barreiras estruturais continuam a condicionar o avanço das empresas para fases mais avançadas de maturidade digital.

Do ponto de vista interpretativo, os resultados sugerem que o sucesso da adoção da I4.0 depende simultaneamente da capacidade de investimento, da modernização das infraestruturas e do desenvolvimento de competências especializadas, aspetos amplamente reconhecidos na literatura. Masood e Sonntag (2020) e Moeuf *et al.* (2018) destacam que os custos elevados e a limitação financeira continuam a ser obstáculos recorrentes, sobretudo entre PME, enquanto Restrepo-Morales *et al.* (2024) sublinha que o défice de competências digitais constitui um entrave significativo ao avanço tecnológico. No que diz respeito às infraestruturas, autores como Frank *et al.* (2019) e Rößmann *et al.* (2015) referem que a maturidade digital só evolui de forma sustentada quando existe capacidade tecnológica adequada e condições internas para integrar novos sistemas. Assim, a matriz de risco obtida neste estudo confirma a natureza transversal das barreiras à Indústria 4.0 e reforça a necessidade de políticas estruturadas que apoiem as empresas, especialmente as de menor dimensão, na superação destes fatores críticos.

Além destas análises, foram aplicados testes de associação estatística (Qui-quadrado) para avaliar a relação entre as fases de maturidade e os fatores-chave da transformação digital (Pergunta 12). Os resultados apresentados na Tabela 4.5, mostram que apenas o fator Investimento em tecnologia e infraestrutura digital apresenta associação significativa ( $p < 0,05$ ), sugerindo que as empresas mais avançadas atribuem maior importância ao reforço tecnológico. A Gestão eficaz da mudança apresenta ainda uma tendência próxima da significância ( $p = 0,067$ ), reforçando a ideia de que a ligação dos colaboradores e a cultura organizacional influenciam diretamente a evolução para fases mais maduras.

Tabela 4.5 Teste de Qui-quadrado aplicado aos fatores críticos da transformação digital

Fator (P12)	$\chi^2$	p-value	Significância	Interpretação
Formação e competências digitais	2,85	0,725	Não	Similar nas fases
Suporte da liderança e inovação	4,1	0,535	Não	Sem variação relevante
Gestão eficaz da mudança	10,29	0,067	Pouco significativa	Tendência positiva
Acesso a financiamento	0,62	0,804	Não	Similar nas fases
Investimento em tecnologia e infraestrutura digital	11,43	0,043	Sim	Mais valorizado nas fases avançadas

Para complementar a análise dos benefícios associados à adoção da I4.0, aplicou-se o teste do Qui-quadrado à Pergunta 13, com o objetivo de verificar se a valorização desses benefícios varia de forma significativa entre as diferentes fases de maturidade digital. Os resultados obtidos e representados na Tabela 4.6, mostram que nenhum dos aspetos analisados apresenta significância estatística ( $p > 0,05$ ), o que indica que estes benefícios são reconhecidos de forma relativamente consistente e transversal pelas empresas, independentemente da fase em que se encontram no processo de transformação digital.

Tabela 4.6 Teste de Qui-Quadrado aplicado às vantagens da transformação digital

Aspeto (P13)	$\chi^2$	p-value	Significância	Interpretação
Aumento da eficiência operacional	1,55	0,907	Não	É valorizado em todas as fases.
Maior capacidade de inovação	1,57	0,904	Não	Constante entre fases.
Redução de custos de produção	5,17	0,396	Não	Ligeiro aumento nas fases avançadas.
Sustentabilidade e eficiência energética	4,89	0,43	Não	Ligeira valorização nas fases intermédias/avançadas.

O aumento da eficiência operacional, com  $p = 0,907$ , e a maior capacidade de inovação, com  $p = 0,904$ , revelam uma estabilidade clara entre as fases, sugerindo que estes benefícios são amplamente aceites como vantagens intrínsecas da I4.0. A redução de custos de produção apresenta um valor de  $p = 0,396$ , indicando uma ligeira tendência para ser mais valorizado nas fases avançadas, embora sem alcançar significância estatística. Já o aspeto relacionado com sustentabilidade e eficiência energética ( $p = 0,430$ ) evidencia uma valorização um pouco mais elevada nas fases intermédias e avançadas, coerente com o facto de benefícios ambientais surgirem sobretudo quando as tecnologias se encontram mais integradas e os processos mais estabilizados.

No conjunto, estes resultados sugerem que os benefícios analisados são percebidos como gerais e transversais às diferentes fases de maturidade digital, não se verificando diferenças

estatísticas marcantes entre empresas mais ou menos avançadas. Esta estabilidade é consistente com a literatura, uma vez que autores como Moeuf *et al.* (2018) mostra que ganhos associados à eficiência operacional, à inovação e à redução de custos tendem a ser reconhecidos desde as fases iniciais da digitalização. Por outro lado, estudos como os de Masood e Sonntag (2020) evidencia que benefícios de natureza ambiental ou estratégica se tornam mais pronunciados à medida que as tecnologias são integradas de forma mais madura e sistemática. Assim, mesmo na ausência de diferenças estatisticamente significativas entre fases, observa-se uma tendência que confirma o carácter gradual e progressivo da perceção dos benefícios da I4.0.

A Figura 4.58 mostra que os desafios técnicos diferem significativamente entre as fases intermédias e avançadas da implementação da I4.0. Nas fases intermédias (Pergunta 27), destacam-se sobretudo a integração de novas tecnologias com sistemas antigos e a falta de mão de obra qualificada, indicando que as empresas enfrentam inicialmente barreiras operacionais e de compatibilidade tecnológica. À medida que as fases da transformação digital avançam (Pergunta 34), estes desafios diminuem, dando lugar a obstáculos mais complexos, como custos elevados de implementação, gestão de grandes volumes de dados e também a integração de novas tecnologias com sistemas antigos.

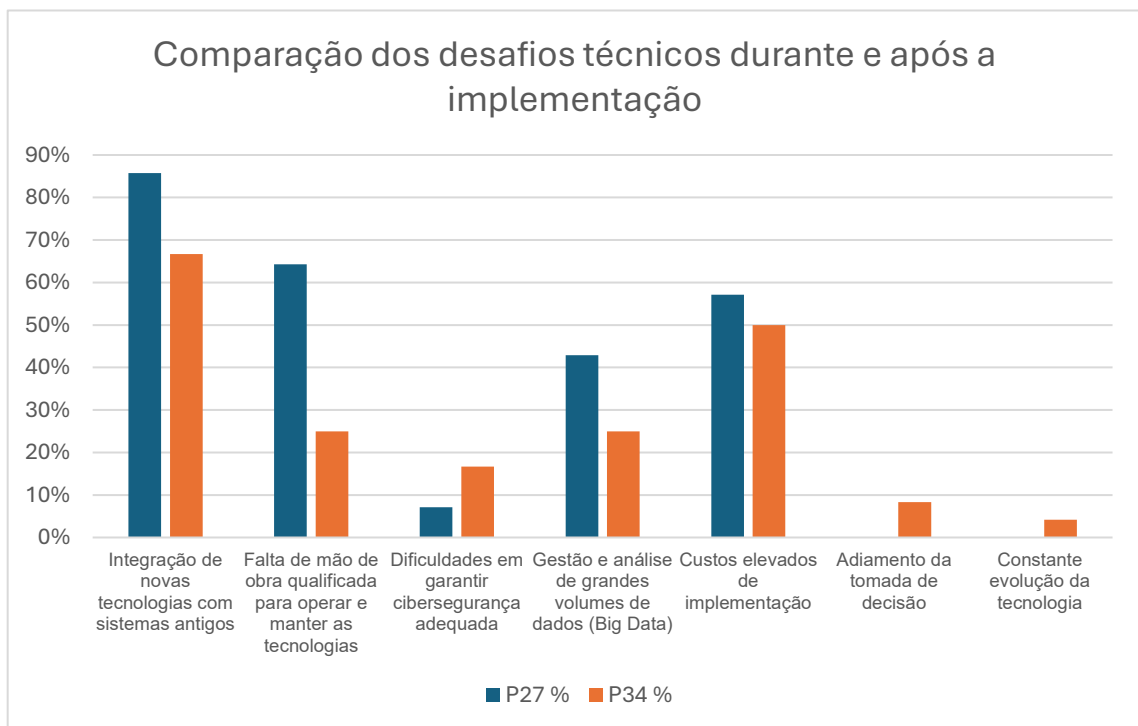


Figura 4.58 Respostas às perguntas P27 e P34 do inquérito.

Esta distribuição sugere que em ambas as fases, as empresas estão mais expostas a problemas operacionais e estruturais associados à introdução das tecnologias e à falta de recursos humanos especializados (maior incidência das empresas de fase intermédia) enquanto nas fases mais maduras surgem desafios mais específicos, ligados à cibersegurança e à gestão da complexidade tecnológica. Este padrão encontra suporte na literatura, que evidencia que, nas

fases iniciais da transformação digital, predominam barreiras de natureza operacional e relacionadas com competências, enquanto em estágios mais avançados emergem desafios ligados à integração tecnológica, segurança da informação e alinhamento estratégico (Schumacher, *et. al.*, 2016; Lichtblau *et al.* 2015).

#### 4.2.5. Impactos percebidos sobre o desempenho organizacional

A Figura 4.59 permite observar que os apoios e incentivos valorizados pelas empresas variam de acordo com a fase da implementação da I4.0. Antes da adoção, destacam-se sobretudo o apoio do Estado e as parcerias com universidades, sugerindo que, nesta fase, as empresas necessitam de orientação estratégica, conhecimento técnico e mecanismos públicos que reduzam o risco inicial do investimento. Durante a implementação, mantém-se a relevância das parcerias académicas, mas o interesse pelo apoio estatal diminui, refletindo uma fase operacional em que as empresas já se encontram comprometidas com o processo. Após a implementação, ganham expressão os apoios à requalificação e *upskilling* e os incentivos financeiros, indicando que as necessidades se deslocam para a formação dos colaboradores e para o reforço contínuo da estrutura tecnológica.

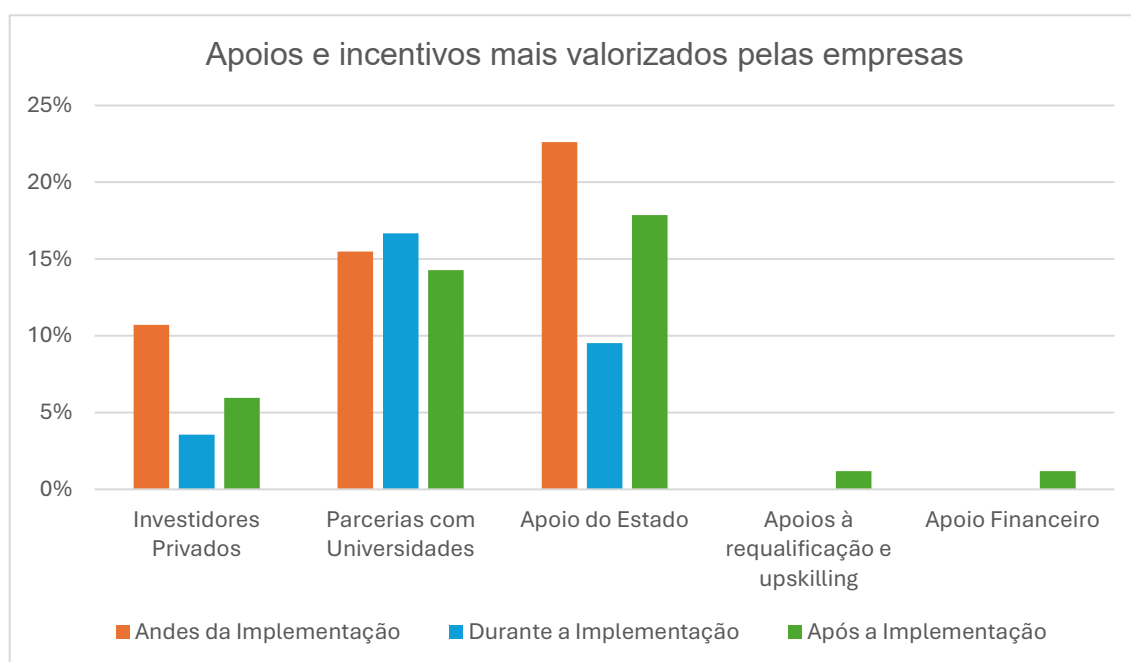


Figura 4.59 Respostas às perguntas P21, P28 e P35 do inquérito.

A evolução identificada acompanha o que é descrito na literatura, que reconhece que as necessidades de apoio das organizações se modificam à medida que progridem na sua maturidade digital. Schumacher, Erol e Sihm (2016) e Lichtblau *et al.* (2015) evidenciam que, nas fases iniciais da transformação digital, muitas empresas enfrentam dificuldades em compreender o alcance da I4.0 e em avaliar o seu próprio estado de preparação, o que reforça a importância de instrumentos de diagnóstico estruturado que ajudem a clarificar prioridades e orientar os primeiros passos da mudança. À medida que atingem níveis mais avançados, ganham relevância formas de apoio orientadas para a consolidação tecnológica, como programas de formação

contínua, financiamento para integração de sistemas e mecanismos que promovam a interoperabilidade e a segurança digital (Frank *et al.* 2019). Em linha com esta perspectiva e de acordo com o mesmo autor, a maturidade digital implica uma combinação dinâmica de incentivos, evoluindo de suportes estratégicos e redes de colaboração para instrumentos financeiros que sustentem a expansão tecnológica. Assim, os resultados deste estudo demonstram que o tipo de apoio mais valorizado se transforma progressivamente, acompanhando o avanço da maturidade digital das organizações.

Para analisar se a percepção das empresas após a implementação da I4.0 está associada à opinião inicial sobre estas tecnologias, foi realizada uma análise entre as perguntas 40 e 41. As frequências observadas mostram que a maioria das empresas que já possuía uma opinião positiva ou muito positiva antes da implementação e manteve essa percepção após a adoção das tecnologias, sem alterações significativas. Da mesma forma, as empresas com opinião neutra ou que desconheciam o conceito tenderam a posicionar-se como favoráveis após a implementação, embora esta mudança ocorra num número reduzido de casos. A proximidade entre os valores observados e esperados confirma que o padrão de respostas é relativamente estável entre as categorias.

O teste do Qui-quadrado reforça esta conclusão, apresentando um valor de  $\chi^2 = 3,19$  e um p-value de 0,78, muito acima do nível de significância de 0,05. Assim, não existe associação estatisticamente significativa entre a opinião inicial das empresas (P40) e a percepção posterior (P41). Em termos práticos, isto significa que a implementação da I4.0 não alterou de forma substancial a percepção das empresas que já se encontravam positivas. Do mesmo modo, embora algumas empresas inicialmente menos informadas tenham desenvolvido percepções favoráveis, estas mudanças são insuficientes para estabelecer uma relação estatística robusta entre as duas variáveis.

Tabela 4.7 Tabela das frequências observadas entre a opinião inicial e a percepção após a implementação.

P40 \ P41	Extremamente favorável	Mais Favorável	Sem mudança	Total
Muito positiva	1	5	2	8
Positiva	0	9	5	14
Neutra	0	1	0	1
Desconhecia	0	1	0	1
<b>Total</b>	1	16	7	24

Tabela 4.8 Resultados do teste do Qui-quadrado aplicado às perguntas P40 e P41.

Indicador estatístico	Valor
Valor de $\chi^2$ (Qui-quadrado)	3,19
Nível de significância (p-value)	0,78
N.º de empresas analisadas	24
Interpretação	Não existe associação estatisticamente significativa entre a opinião inicial e a percepção posterior.

Este resultado é coerente com a literatura, que sugere que a percepção organizacional é fortemente influenciada por fatores internos pré-existentes à implementação, como a cultura, a abertura à inovação e as expectativas previamente formadas. Trabalhos como o de Masood e Sonntag (2020) evidenciam que o modo como as empresas encaram a transformação digital depende, em grande medida, da preparação interna e da atitude dos colaboradores face à mudança. De forma semelhante, Westerman *et al.* (2014) e destacam que organizações que já possuem uma orientação favorável à digitalização tendem a interpretar os efeitos da adoção tecnológica de forma mais positiva, mesmo quando as mudanças introduzidas não alteram profundamente essas percepções. Assim, os resultados obtidos confirmam que a percepção dos benefícios e desafios da I4.0 é frequentemente uma extensão das disposições internas que antecedem o processo de implementação.

# Capítulo 5

## Conclusões e trabalhos futuros

O presente capítulo reúne as principais conclusões resultantes da investigação, sintetizando a análise realizada ao longo do estudo e clarificando as implicações dos resultados obtidos. São apresentadas reflexões globais sobre o estado de maturidade digital das empresas portuguesas, incluindo a comparação das perceções entre diferentes fases da adoção da I4.0. O capítulo integra ainda os contributos e limitações do trabalho desenvolvido, enquadrando o seu alcance científico e prático. Por fim, são propostas linhas de investigação futuras que possam aprofundar o conhecimento criado e apoiar a evolução contínua das empresas no seu percurso de transformação digital.

## 5.1. Conclusão sobre o trabalho

A presente dissertação permitiu construir uma visão clara sobre o estado de adoção da I4.0 nas empresas portuguesas e sobre os fatores que condicionam a sua evolução tecnológica e organizacional. As conclusões obtidas respondem diretamente aos objetivos definidos e refletem os principais resultados da investigação realizada.

A análise do impacto da transformação digital mostrou que produz efeitos claros a nível organizacional, operacional e estratégico, em que as empresas reconhecem ganhos em eficiência, automatização, melhoria da qualidade e maior capacidade de resposta, demonstrando que a digitalização atua como incentivo de modernização e reestruturação interna. A exploração do conceito de I4.0 e dos seus pilares tecnológicos confirmou igualmente que tecnologias como *IoT*, *IA*, *big data*, *Cloud* e automação são bastante valorizadas pelo seu potencial, embora a sua implementação apresente níveis de integração diferenciados.

A caracterização das empresas portuguesas revelou que a maioria se encontra entre as fases inicial e intermédia de maturidade digital, cujo resultado demonstra que apesar de existir consciência sobre a importância da transformação digital, grande parte das empresas respondentes, sobretudo as PME, ainda enfrenta limitações estruturais que dificultam uma adoção mais avançada. Destacam-se entre estas limitações os custos elevados, a falta de competências digitais e a resistência à mudança, barreiras predominantes em vários setores. Estas dificuldades, consistentes com a literatura, impactam tanto a capacidade de investimento como a adaptação interna aos novos modelos tecnológicos, afetando indiretamente a competitividade no mercado.

Relativamente aos benefícios associados à I4.0, verificou-se que estes são amplamente reconhecidos por empresas em diferentes fases de maturidade, tendo como benefícios o aumento da eficiência, inovação, competitividade, otimização de processos e melhoria da qualidade surgem de forma transversal, mesmo entre organizações ainda em fases iniciais. Esta perceção reforça a ideia de que os efeitos positivos da digitalização são visíveis desde as primeiras etapas de implementação, intensificando-se à medida que as tecnologias se tornam mais integradas e estruturadas dentro das empresas.

A aplicação de métodos estatísticos, resultante das respostas ao inquérito, permitiu identificar padrões relevantes, concluindo-se que apenas o fator investimento em tecnologia e infraestrutura digital apresentou associação significativa com a maturidade digital. Este fator evidencia que o avanço no percurso da I4.0 depende sobretudo da capacidade de financiar atualizações tecnológicas e modernizar sistemas, embora fatores como cultura organizacional, gestão da mudança ou estratégia digital não tenham demonstrado significância estatística, observou-se uma tendência que indica que estes elementos continuam a moldar a tendência das empresas para evoluir no processo de transformação digital. De forma integrada, os resultados deste estudo permitem caracterizar o panorama atual da I4.0 em Portugal como um contexto em desenvolvimento, marcado por avanços significativos, mas ainda condicionado por limitações

estruturais e organizacionais. A situação das empresas portuguesas revela uma trajetória de digitalização em curso, com a maioria em níveis iniciais e intermédios de maturidade digital, refletindo uma adoção progressiva das tecnologias, mas ainda distante de processos integrados e automatizados.

A relação entre maturidade digital e fatores internos surgiu como um elemento central para compreender o ritmo e a profundidade da transformação digital. Apesar de a significância estatística surgir apenas no investimento tecnológico, verificou-se que cultura organizacional, competências digitais, liderança, abertura à inovação e gestão da mudança continuam a desempenhar um papel determinante na forma como as empresas se preparam, respondem e evoluem no contexto da digitalização.

Paralelamente, persistem barreiras estruturais, como os custos elevados, a falta de competências e a resistência à mudança. Estas limitações refletem fragilidades tanto económicas como organizacionais e reforçam a necessidade de políticas públicas mais sólidas, incentivos direcionados, programas de formação qualificada e estratégias internas que promovam a mudança e a inovação, para que as empresas consigam a transformação tecnológica. A maturidade digital exige, por isso, uma ligação equilibrada entre investimento financeiro, qualificação de recursos humanos, integração tecnológica e apoio institucional.

Desta forma, os resultados confirmam que a transformação digital em Portugal está em evolução, mas depende da evolução simultânea entre investimento, formação interna e superação das barreiras estruturais. Estas conclusões fornecem um retrato fiel da situação nacional e reforçam a necessidade de estratégias coordenadas que permitam às empresas alcançar níveis mais elevados de maturidade digital e tirar completo partido das potencialidades da I4.0.

### ***5.1.1. Comparação das Perceções entre Fases de Maturidade Digital***

A comparação das perceções das empresas ao longo das diferentes fases de maturidade digital evidencia padrões claros que reforçam a natureza evolutiva da adoção da I4.0. Embora nas três fases se observe uma perceção globalmente positiva quanto aos benefícios da digitalização, o tipo de barreiras enfrentadas, os apoios considerados prioritários e os desafios técnicos relatados variam significativamente, refletindo necessidades específicas em cada etapa da maturidade.

No que respeita às barreiras de adoção, nas fases iniciais predominam sobretudo limitações de natureza cultural e financeira, nomeadamente a resistência à mudança e os custos associados aos primeiros investimentos. As empresas que estão em fases intermédias consideram como principais barreiras, a falta de competências digitais, que assume maior expressão, evidenciando a importância crescente do conhecimento especializado para sustentar o avanço tecnológico e resistência à mudança. Nas fases mais avançadas, as barreiras tornam-se mais estruturais e complexas, relacionadas com a necessidade de atualização contínua das infraestruturas, custos elevados, resistência à mudança. Esta evolução mostra que as barreiras

não desaparecem com o tempo, mas transformam-se e exigem respostas diferenciadas, pelo que a resistência à mudança é transversal às três fases de maturidade digital, mostrando que que a cultura é o fator mais difícil de mudar.

Também o tipo de apoio considerado mais eficaz acompanha esta transformação. Enquanto as empresas em fases iniciais priorizam o apoio governamental, essencial para reduzir o esforço financeiro inicial, as empresas em fase intermédia valorizam sobretudo as parcerias com universidades, reconhecendo a necessidade de conhecimento e investigação aplicada. Nas fases avançadas, volta a destacar-se a relevância do apoio governamental devido aos elevados custos de atualização tecnológica, embora a cooperação académica e a formação especializada continuem a ter um papel importante. Esta evolução evidencia que as necessidades das empresas passam do financiamento inicial para o conhecimento técnico e, posteriormente, para o apoio que sustenta a inovação continuada.

A perceção dos benefícios da I4.0, nomeadamente em produtividade, qualidade e competitividade, mantém-se positiva em todas as fases. Mesmo entre empresas com menor maturidade digital, existe uma forte convicção de que a digitalização conduz a ganhos significativos. À medida que a maturidade aumenta, estas perceções tornam-se ainda mais consistentes, refletindo a experiência prática com tecnologias avançadas. Empresas em fases mais avançadas validam aquilo que as empresas em fases iniciais antecipam como potencial, demonstrando uma clara progressão da confiança nos benefícios da I4.0.

Relativamente aos desafios técnicos, observa-se que as dificuldades enfrentadas se tornam mais complexas à medida que a empresa avança no processo de digitalização. Nas fases intermédias, os principais desafios prendem-se com a integração de novas tecnologias em sistemas já existentes, a falta de mão de obra qualificada e os custos de implementação. Nas fases avançadas, embora estes desafios permaneçam, surgem outros associados à gestão de grandes volumes de dados, exigências de cibersegurança e necessidade de acompanhar a rápida evolução tecnológica. Isto demonstra que a maturidade digital não reduz necessariamente o número de desafios, pelo contrário, aumenta a complexidade das exigências, exigindo capacidades técnicas, estratégicas e humanas cada vez mais robustas, devido à complexidade tecnológica que aumenta a cada etapa.

No conjunto, a análise das perceções entre as fases de maturidade confirma que a adoção da I4.0 segue uma trajetória marcada por expectativas iniciais, aprendizagens progressivas e exigências crescentes. As empresas mantêm uma visão positiva e coerente quanto aos benefícios da digitalização, mas enfrentam desafios distintos de acordo com o seu grau de maturidade. Esta comparação reforça a necessidade de estratégias diferentes e ajustadas a cada etapa do processo de transformação digital, garantindo que as empresas têm acesso ao apoio, ao conhecimento e aos recursos necessários para evoluir de forma sustentada.

## **5.2. Contributos e limitações do estudo**

O presente estudo oferece contributos significativos para a compreensão da transformação digital no contexto empresarial português e, em particular, na I4.0. Ao caracterizar o grau de maturidade digital das empresas e ao analisar as perceções relativas às barreiras, desafios e benefícios da digitalização, este trabalho fornece um retrato atualizado e fundamentado da realidade nacional. A comparação entre diferentes fases de maturidade permitiu observar como as necessidades, dificuldades e expectativas das empresas evoluem ao longo da transformação digital, contribuindo para uma opinião mais clara da natureza progressiva da adoção tecnológica. Para além disso, a identificação de fatores internos que influenciam a maturidade digital, tais como cultura organizacional, competências e liderança, reforça a importância dos aspetos humanos e estratégicos no sucesso da transformação digital, oferecendo um enquadramento útil tanto para a investigação académica como para a tomada de decisão empresarial. Este estudo fornece ainda implicações práticas que podem apoiar o desenho de políticas públicas, programas de formação e estratégias organizacionais alinhadas com as necessidades reais das empresas portuguesas.

Apesar da importância destes contributos, existem limitações que importa reconhecer para contextualizar adequadamente os resultados. A primeira está relacionada com a dimensão e composição da amostra, que embora diversificada, não assegura representatividade plena dos diferentes setores económicos, podendo limitar a generalização das conclusões. Acresce o facto de o estudo se basear numa recolha de dados de carácter transversal, o que impede a análise da evolução das empresas ao longo do tempo e dificulta a perceção de dinâmicas próprias da transformação digital, que é por natureza um processo contínuo. Outra limitação prende-se com a dependência de respostas fornecidas pelos próprios participantes, que refletem perceções e interpretações subjetivas dos inquiridos, podendo refletir algum excesso de otimismo, desconhecimento tecnológico ou interpretações incompletas sobre o impacto da I4.0. Por fim, a ausência de observação direta dos contextos organizacionais restringe a profundidade da análise, sobretudo no que diz respeito aos desafios técnicos e operacionais enfrentados pelas empresas. O reconhecimento destas limitações é essencial para enquadrar os resultados e para orientar futuros estudos que possam ampliar e aprofundar o conhecimento gerado nesta investigação.

## **5.3. Propostas de desenvolvimento futuro**

A presente investigação permitiu obter uma compreensão aprofundada sobre o estado da maturidade digital das empresas portuguesas e sobre os fatores que influenciam a adoção da I4.0. No entanto, este trabalho abre caminho para novas abordagens que podem complementar e ampliar os resultados aqui alcançados. Uma primeira proposta para trabalhos futuros consiste na criação de iniciativas de acompanhamento direto às empresas que demonstraram interesse

em continuar a colaborar após a participação no inquérito. Entre as respostas recolhidas, destacaram-se pedidos de realização de reuniões com a equipa de investigação para apresentação da realidade interna das organizações, a participação em sessões de partilha entre empresas para troca de experiências e a exploração conjunta de possíveis colaborações para apoiar o desenvolvimento tecnológico e organizacional. Estas solicitações revelam não só abertura à cooperação, mas também uma necessidade de orientação, podendo dar origem a projetos interessante com empresas

Neste contexto de colaboração e apoio estruturado às empresas, torna-se igualmente pertinente o desenvolvimento de um *roadmap* estratégico de transformação digital, capaz de orientar de forma clara e prática o percurso de evolução tecnológica das organizações, em particular PME. A criação de um modelo estruturado, que identifique etapas, prioridades, recursos necessários e indicadores de progresso, permitiria orientar de forma clara o processo de transição para a I4.0. Um *roadmap* desta natureza funcionaria como ferramenta prática para apoiar gestores na definição de estratégias e na tomada de decisão, ao mesmo tempo que contribuiria para reduzir incertezas e facilitar o planeamento de investimentos.

Uma terceira linha de continuidade deste estudo passa pelo acompanhamento direto de uma ou várias empresas ao longo de todo o processo de transformação digital. A observação prolongada e participada, em contexto real, permitiria compreender com maior profundidade os desafios operacionais, as resistências internas, a evolução das competências e os impactos efetivos da adoção tecnológica. Este tipo de acompanhamento, inspirado em metodologias de investigação-ação, possibilitaria não só apoiar as empresas na implementação das tecnologias da I4.0, mas também recolher conhecimento prático que enriqueceria futuras investigações, aproximando os resultados académicos da realidade empresarial.

Finalmente, seria pertinente repetir este estudo dentro de aproximadamente três anos, aplicando o mesmo inquérito, ou semelhante, às mesmas empresas participantes. Esta análise permitiria comparar a evolução da maturidade digital ao longo do tempo, identificar mudanças nas perceções, barreiras, desafios e benefícios, e avaliar de que forma as empresas responderam às exigências da digitalização. Este acompanhamento temporal é essencial para compreender a dinâmica da transformação digital e medir a capacidade de adaptação das empresas face às tendências resultantes da I4.0.

Em conjunto, estas propostas de trabalhos futuros representam oportunidades relevantes para aprofundar o conhecimento sobre a transformação digital no contexto português, contribuindo tanto para o avanço académico como para o apoio direto às empresas rumo à I4.0.

# Bibliografia

- Alves, J., Lima, T. M., & Gaspar, P. D. (2023). *Is Industry 5.0 a Human-Centred Approach? A Systematic Review*. *Processes*, 11(193). MDPI. <https://doi.org/10.3390/pr11010193>
- Amaral, A., & Peças, P. (2021). SMEs and Industry 4.0: Two case studies of digitalization for a smoother integration. *Computers in Industry*, 125, Article 103333. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103333>
- Baltazar, A. F. D. A. B. (2021). *Indústria 4.0 e sustentabilidade* (Master's thesis, Universidade de Lisboa (Portugal)).
- Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2018). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in Industry*, 101, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.015>
- Bouwman, H., Nikou, S., & de Reuver, M. (2019). Digitalization, business models, and SMEs: How do business model innovation practices improve performance of digitalizing SMEs? *Telecommunications Policy*, 43(9), 101828. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101828>
- Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. (2013). Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly*, 37(2), 471–482. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37:2.3>
- Cologne Institute for Economic Research (IW), Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmitt, K., Schmitz, E., & Schroter, M. (2015). *Industrie 4.0 Readiness. Impuls-Stiftung*.
- Comissão Europeia. (2023). *Digital Decade Country Report 2023 – Portugal*. Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/>
- De Carolis, A., Macchi, M., Negri, E., & Terzi, S. (2017). A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-66923-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-66923-6_2)
- Druczkoski, J. C. M. (2020). *Indústria 4.0 e Modelos de Maturidade: Estudo de Empresas Portuguesas e Brasileiras* (Master's thesis, Universidade da Beira Interior (Portugal)).
- Elnadi, M., Abdallah, Y.O. Industry 4.0: critical investigations and synthesis of key findings. *Manag Rev Q* 74, 711–744 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11301-022-00314-4>

- European Commission. (2017). *Blueprint for Sectoral Cooperation on Skills: Digital skills for industry*. European Union. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0f4e4dcf-ff05-11e7-b8f5-01aa75ed71a1/language-en>
- European Commission. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Directorate-General for Research and Innovation. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2777/308407>
- European Commission. (2023). *Digital Decade Country Report 2023: Portugal*. Publications Office of the European Union. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-decade-country-report-2023-portugal>
- Eurostat. (2022). *ICT usage in enterprises*. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/>
- Fernandes, T. J. L. (2021). *As Pme em Face da Indústria 4.0: Estudo de Caso: Pme do Distrito de Braga* (Master's thesis, Universidades Lusiada (Portugal)).
- Ferreira, R. M. D. S. (2020). *Indústria 4.0: Estudo da Perceção na Indústria Portuguesa* (Doctoral dissertation, Master's Thesis, Instituto Superior de Engenharia do Porto).
- Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D., & Welch, M. (2014). Embracing digital technology: A new strategic imperative. *MIT Sloan Management Review*, 55(2), 1–12.
- Franco, M., Godinho, L., & Rodrigues, M. (2021). Exploring the influence of digital entrepreneurship on SME digitalization and management. *Small Enterprise Research*, 28(3), 269–292. <https://doi.org/10.1080/13215906.2021.1938651>
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International journal of production economics*, 210, 15-26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- Fukuyama, M. (2018). *Society 5.0: Aiming for a New Human-Centered Society*. Japan Spotlight, 27(5), 47–50.
- Grabowska, S., Saniuk, S., & Gajdzik, B. (2022). Industry 5.0: improving humanization and sustainability of Industry 4.0. *Scientometrics*, 127(6), 3117–3144. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04370-1>
- Groumpos, P. P. (2021). A critical historical and scientific overview of all industrial revolutions. *IFACPapersOnLine*, 54(13), 464–471. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.492>
- Henriette, E., Feki, M., & Boughzala, I. (2015). The shape of digital transformation: A systematic literature review. *Proceedings of the 9th Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS 2015)*, Samos, Greece.

- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for Industrie 4.0 scenarios. In *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (pp. 3928–3937). IEEE. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Hess, T., Benlian, A., Matt, C., & Wiesböck, F. (2016). Options for formulating a digital transformation strategy. *MIS Quarterly Executive*, 15(2), 123–139. <https://doi.org/10.4324/9780429286797-7>
- Hitachi-UTokyo Laboratory. (2020). *Society 5.0: A people-centric super-smart society*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-2989-4>
- Huang, S., Wang, B., Li, X., Zheng, P., Mourtzis, D., & Wang, L. (2022). *Industry 5.0 and Society 5.0—Comparison, Complementation and Co-evolution*. *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 424–428. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.07.010>
- INE – Instituto Nacional de Estatística. (2023). *Empresas em Portugal – 2022*. Instituto Nacional de Estatística.
- Instituto Nacional de Estatística. (2007). *Classificação Portuguesa das Atividades Económicas – Revisão 3*. INE. [https://www.ine.pt/ine\\_novidades/semin/cae/CAE\\_REV\\_3.pdf](https://www.ine.pt/ine_novidades/semin/cae/CAE_REV_3.pdf)
- Jafari-Sadeghi, V., Amoozad Mahdiraji, H., Alam, G. M., & Mazzoleni, A. (2023). Entrepreneurs as strategic transformation managers: Exploring micro-foundations of digital transformation in small and medium internationalisers. *Journal of Business Research*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.08.051>
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101, 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.06.004>
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, not technology, drives digital transformation. *MIT Sloan Management Review*, 14(1), 1–25.
- Khurana, I., Dutta, D. K., & Singh Ghura, A. (2022). SMEs and digital transformation during a crisis: The emergence of resilience as a second-order dynamic capability in an entrepreneurial ecosystem. *Journal of Business Research*, 150, 623–641. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.06.048>
- Kumar, S., Lim, W.M., Sivarajah, U. *et al.* Artificial Intelligence and Blockchain Integration in Business: Trends from a Bibliometric-Content Analysis. *Inf Syst Front* **25**, 871–896 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10279-0>

- Leng, J., Sha, W., Wang, B., Zheng, P., Zhuang, C., Liu, Q., Wuest, T., Mourtzis, D., & Wang, L. (2022). Industry 5.0: Prospect and retrospect. *Journal of Manufacturing Systems*, 65. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.09.017>
- Li, L., Su, F., Zhang, W., & Mao, J. Y. (2018). Digital transformation by SME entrepreneurs: A capability perspective. *Information Systems Journal*, 28(6), 1129–1157. <https://doi.org/10.1111/isj.12153>
- Liu, D. Y., Chen, S. W., & Chou, T. C. (2011). Resource fit in digital transformation: Lessons learned from the CBC Bank global e-banking project. *Management Decision*, 49(10), 1728–1742. <https://doi.org/10.1108/00251741111183852>
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Masood, T., & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption barriers and benefits for SMEs. *Computers in Industry*, 121, 103261. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103261>
- Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57, 339–343. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>
- Matt, D. T., Modrák, V., & Zsifkovits, H. (2020). Industry 4.0 for smes: Challenges, opportunities and requirements. In *Industry 4.0 for SMEs: Challenges, Opportunities and Requirements*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4>
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
- Moblicci, F. R. S. (2024). *Complementaridade de Conceitos: As Sinergias Entre a Sociedade 5.0, a Indústria 5.0 e a Qualidade 5.0* (Master's thesis, Universidade do Minho (Portugal)).
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3). <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
- Morrar, R., & Arman, H. (2017). The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. *Technology Innovation Management Review*, 7(11). <https://doi.org/10.22215/timreview/1117>

Oliveira, M. A. H. (2021). *Transformação Digital na Indústria: Indústria 4.0 e digitalização de um processo de controlo de produção*. Dissertação de Mestrado, Universidade Católica Portuguesa.

Pacheco, J. P. A. (2022). *Ferramenta de Maturidade Indústria 4.0: Aplicação em Ecosistemas Empresariais Regionais* (Master's thesis, Instituto Politecnico do Porto (Portugal)).

Pataia, T. S. F. (2022). *A indústria de moldes portuguesa-a transformação para a indústria 4.0* (Master's thesis, Universidade de Lisboa (Portugal)).

Paulk, M. C. (2009). A history of the capability maturity model for software. *ASQ Software Quality Professional*, 12(1), 5-19.

Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>

PORDATA. (2023). *Empresas por dimensão, setor e localização*. Fundação Francisco Manuel dos Santos. <https://www.pordata.pt/>

Prause, M. (2019). Challenges of Industry 4.0 technology adoption for SMEs: The case of Japan. *Sustainability (Switzerland)*, 11(20). <https://doi.org/10.3390/su11205807>

Reis, J., Amorim, M., Melão, N., & Matos, P. (2018). Digital transformation: A literature review and guidelines for future research. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 745. Volume 1 6 (pp. 411–421). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77703-0\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77703-0_41)

Restrepo-Morales, J. A., Ararat-Herrera, J. A., López-Cadavid, D. A., & Camacho-Vargas, A. (2024). Breaking the digitalization barrier for SMEs: A fuzzy logic approach to overcoming challenges in business transformation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 13(1), 129. <https://doi.org/10.1186/s13731-024-00429-w>

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015).

*Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Boston Consulting Group.

[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, R. C., & Martinho, J. L. (2020). An Industry 4.0 maturity model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 1023-1043. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2018-0284>

- Schallmo, D., Williams, C. A., & Boardman, L. (2017). Digital transformation of business models—Best practice, enablers, and roadmap. *International Journal of Innovation Management*, 21(8), 1740014. <https://doi.org/10.1142/S136391961740014X>
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihm, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Schuh, G., Anderl, R., Dumitrescu, R., Krüger, A., & Hompel, M. (2020). Industry 4.0 Maturity Index. Managing the Digital Transformation (Acatech Study). Herbert Utl Verlag. <https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/download-pdf?lang=en>
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Crown Business.
- Sebastian, I. M., Moloney, K. G., Ross, J. W., Fonstad, N. O., Beath, C., & Mocker, M. (2017). How big old companies navigate digital transformation. *MIS Quarterly Executive*, 16(3). (pp. 133–150). <https://doi.org/10.4324/9780429286797-6>
- Teixeira, G. M. F. C. B. (2023). *Transformação Digital de PMEs Industriais no Norte de Portugal*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Tao, F., Cheng, J., Qi, Q., Zhang, M., Zhang, H., & Sui, F. (2018). Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94, 3563–3576. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1>
- Tóth, A., Nagy, L., Kennedy, R., Bohuš, B., Abonyi, J., & Ruppert, T. (2023). The human-centric Industry 5.0 collaboration architecture. *MethodsX*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102260>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. In *Journal of Strategic Information Systems* (Vol. 28, Issue 2), (pp. 13–66). <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- Wamba, S. F., Akter, S., Edwards, A., Chopin, G., & Gnanzou, D. (2015). How ‘big data’ can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study. *International Journal of Production Economics*, 165, 234–246. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.12.031>

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. Harvard Business Press.

Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61.

<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>

Ziatdinov, R., Atteraya, M. S., & Nabiyeu, R. (2024). The fifth industrial revolution as a transformative step towards Society 5.0. *Societies*, 14(2), 19.

<https://doi.org/10.3390/soc14020019>

# **Anexo I**

## **Inquérito aplicado às empresas**

# Indústria 4.0 - Transformação Tecnológica e Organizacional

O presente inquérito é realizado no âmbito da dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - "Indústria 4.0: Transformação Tecnológica e Organizacional", cujo objetivo é recolher informação que irá contribuir para a compreensão das oportunidades e desafios que as empresas enfrentam durante a transição para estas novas revoluções industriais.

Agradeço desde já toda a disponibilidade.

\* Indica uma pergunta obrigatória

## Tratamento de dados

Este estudo assegura a privacidade dos participantes, respeitando rigorosamente as normas de segurança e confidencialidade estabelecidas pelo Regulamento Geral de Proteção de Dados (RGPD).

O responsável por este estudo é o Prof. Doutor Pedro Filipe Cunha, Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Mecânica, do Instituto Politécnico de Setúbal, enquanto o tratamento de dados é conduzido pelo estudante do Mestrado de Engenharia de Produção, Guilherme Gomes Arede, com o nº de estudante 201900313.

Os dados pessoais recolhidos serão utilizados exclusivamente para efeitos de análise estatística, no âmbito da dissertação académica do estudante.

Caso deseje exercer os seus direitos, pode contactar-nos pelo e-mail [guilherme.g.aredede@estudantes.ips.pt](mailto:guilherme.g.aredede@estudantes.ips.pt). Além disso, qualquer dúvida ou questão pode ser dirigida ao Encarregado de Proteção de Dados do Instituto Politécnico de Setúbal através do endereço [protecaodados@ips.pt](mailto:protecaodados@ips.pt). Se em algum momento considerar que os seus direitos relativos aos dados pessoais foram infringidos, poderá também apresentar uma reclamação junto da Comissão Nacional de Proteção de Dados (CNPd) através do site [www.cnpd.pt](http://www.cnpd.pt).

## Acordo de Participação

Conforme a Lei de Proteção de Dados Pessoais das Pessoas Singulares (Regulamento (EU) 2016/679), a informação recolhida com este inquérito on-line será objeto de tratamento de dados por parte do estudante Guilherme Gomes Arede, num contexto de análise, garantindo-se a sua proteção e confidencialidade, abstendo-se de cedê-los a terceiros, salvo autorização expressa do seu titular. O presente termo de aceitação refere-se às condições e finalidades inerentes à utilização dos dados facultados, que o titular declara autorizar e aceitar.

1. Nestes termos, muito agradecemos que proceda à escolha da opção que melhor entenda: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Aceito participar nesta investigação
- Recuso participar nesta investigação

## Dados Gerais

2. Nome da Empresa  
(Facultativo)

---

3. Dimensão da empresa (nº de trabalhadores) \*

*Marcar apenas uma oval.*

- 0-10
- 11-50
- 51-250
- 251-1000
- > 1000

4. Setor de atividade \*

---

5. CAE da empresa \*

---

6. Localização geográfica \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Norte
- Centro
- Lisboa e Vale do Tejo
- Alentejo
- Algarve
- Ilhas
- Outra: \_\_\_\_\_

7. Ano de constituição da empresa \*

*Marcar apenas uma oval.*

- 1980 - 1990
- 1991 - 2000
- 2001 - 2010
- 2011 - 2020
- 2021 - 2024
- Outra: \_\_\_\_\_

8. Qual a função que exerce na empresa \*

\_\_\_\_\_

## Conhecimento e Implementação das Tecnologias da Indústria 4.0

A Indústria 4.0 marca uma fase na evolução industrial, caracterizada pela integração de tecnologias digitais como IoT, inteligência artificial e automação avançada. Esta transformação tecnológica tem vindo a impactar profundamente a forma como as empresas produzem, gerem e se organizam. Mais do que uma mudança tecnológica, trata-se de uma reestruturação organizacional que exige novos perfis profissionais, adaptação cultural e reconfiguração dos processos produtivos. Este inquérito tem como objetivo analisar como as empresas estão a adaptar-se à Indústria 4.0, identificando desafios, estratégias adotadas e os impactos percebidos em termos de eficiência, inovação e competitividade.

9. Qual o seu nível de familiaridade com os conceitos de Indústria 4.0 ? \*

*Marcar apenas uma oval.*

1   2   3   4   5

---

Nenhum conhecimento                  Conhecimento elevado

---

10. Qual o nível de conhecimento existente na empresa sobre os conceitos de Indústria 4.0 ? \*

*Marcar apenas uma oval.*

1   2   3   4   5

---

Nenhum conhecimento                  Conhecimento elevado

---

11. A Indústria 4.0 é um assunto em discussão na empresa? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

12. Que fatores chave considera relevantes para uma transformação tecnológica da empresa ou evolução bem-sucedida para Indústria 4.0 ? \*  
(Pode selecionar mais do que uma opção)

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Formação e desenvolvimento de competências digitais
- Suporte da liderança e cultura de inovação
- Investimento em tecnologia e infraestrutura digital
- Acesso a financiamento ou subsídios
- Gestão eficaz da mudança e envolvimento dos funcionários
- Outra: \_\_\_\_\_

13. Considera que a implementação da Indústria 4.0 pode representar uma vantagem competitiva significativa? Em que aspetos? \*  
(Pode selecionar mais do que uma opção)

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Aumento da eficiência operacional
- Maior capacidade de inovação
- Redução de custos de produção
- Sustentabilidade e eficiência energética
- Neutro
- Desvantagem
- Outra: \_\_\_\_\_

14. Que tecnologias da Indústria 4.0 considera essenciais para a transformação digital na empresa? \*
- (Pode selecionar mais do que uma opção)

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Internet of Things (Internet das Coisas)
- Inteligência Artificial
- Big Data
- Robótica
- Impressão 3D
- Cloud
- Cibersegurança
- Outra: \_\_\_\_\_

15. Que tecnologias digitais tem implementadas na empresa? \*
- (Pode selecionar mais do que uma opção)

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Internet of Things (Internet das Coisas)
- Inteligência Artificial
- Big Data
- Robótica
- Impressão 3D
- Cloud
- Cibersegurança
- Nenhuma
- Outra: \_\_\_\_\_

16. Até que ponto considera que a transformação digital está integrada na cultura e estratégia da sua empresa? \*

*(Marque apenas uma opção)*

*Marcar apenas uma oval.*

- Nada integrada
- Pouco integrada
- Moderadamente integrada
- Bem integrada
- Totalmente integrada

17. Como descreveria o nível de preparação digital dos colaboradores da sua empresa? \*

*(Marque apenas uma opção)*

*Marcar apenas uma oval.*

- Têm formação contínua e sentem-se preparados
- Têm conhecimentos básicos, mas precisam de mais formação
- Estão pouco preparados e com dificuldades de adaptação
- A maioria resiste à mudança digital
- Não sei / não tenho informação

18. Em que fase está atualmente a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 na empresa? \*
- (Selecione apenas uma opção)

*Marcar apenas uma oval.*

- Avaliação Preliminar      *Avançar para a pergunta 19*
- Planeamento Estratégico      *Avançar para a pergunta 19*
- Implementação Inicial      *Avançar para a pergunta 26*
- Expansão      *Avançar para a pergunta 33*
- Integração Completa      *Avançar para a pergunta 33*
- Não existe      *Avançar para a pergunta 19*

## **Conhecimento e Implementação das Tecnologias da Indústria 4.0**

19. Quais são as principais barreiras que a empresa enfrenta / enfrentou para a adoção da Indústria 4.0 ? \*
- (Pode selecionar mais do que uma opção)

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Custos elevados
- Falta de competências digitais
- Infraestruturas inadequadas
- Resistência à mudança
- Outra: \_\_\_\_\_

20. A empresa tem uma estratégia formal para implementar novas tecnologias da Indústria 4.0 nos próximos 2 anos? \*
- (Selecione apenas uma opção)

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Em desenvolvimento

21. Na sua opinião, que tipo de apoios/incentivos seriam mais eficazes para apoiar a implementação da Indústria 4.0 ?

\*

(Selecione apenas uma opção)

*Marcar apenas uma oval.*

- Investidores Privados
- Parcerias com Universidades
- Apoio do Estado
- Outra: \_\_\_\_\_

22. A adoção das tecnologias da Indústria 4.0 teria um impacto positivo na produtividade da empresa?

\*

*Marcar apenas uma oval.*

- 1   2   3   4   5
- Muito Negativo                  Muito Positivo

23. Acha que existiriam melhorias na qualidade dos produtos/serviços devido à implementação das novas tecnologias?

\*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Outra: \_\_\_\_\_

24. A adoção dessas tecnologias aumentaria a competitividade da empresa no mercado? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Outra: \_\_\_\_\_

25. De que forma acredita que a empresa beneficiaria, em termos de transformação tecnológica e organizacional, com a adoção das tecnologias da Indústria 4.0 ? \*

*(Pode selecionar mais do que uma opção)*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Automatização e otimização dos processos produtivos
- Maior integração entre os sistemas e departamentos da empresa
- Melhoria na capacidade de análise de dados para apoiar decisões estratégicas
- Aumento da flexibilidade para personalizar produtos e responder à procura do mercado
- Redução de custos operacionais e desperdícios
- Aceleração da inovação e desenvolvimento de novos produtos/serviços
- Requalificação e melhoria da produtividade da força de trabalho
- Melhoria na colaboração entre equipas e departamentos
- Maior agilidade na adaptação a mudanças
- Outra: \_\_\_\_\_

*Avançar para a pergunta 42*

## **Conhecimento e Implementação das Tecnologias da Indústria 4.0**

26. Quais são as principais barreiras que a empresa enfrenta / enfrentou para a adoção da Indústria 4.0 ? \*  
(Pode selecionar mais do que uma opção)

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Custos elevados
- Falta de competências digitais
- Infraestruturas inadequadas
- Resistência à mudança
- Outra: \_\_\_\_\_

27. Quais dos seguintes desafios técnicos específicos encontra/encontrou na implementação da Indústria 4.0 na empresa? \*  
(Pode selecionar mais do que uma opção)

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Integração de novas tecnologias com sistemas antigos
- Falta de mão de obra qualificada para operar e manter as tecnologias
- Dificuldades em garantir cibersegurança adequada
- Gestão e análise de grandes volumes de dados (Big Data)
- Custos elevados de implementação
- Outra: \_\_\_\_\_

28. Na sua opinião, que tipo de apoios/incentivos seriam mais eficazes para apoiar a implementação da Indústria 4.0 ? \*  
(Pode selecionar mais do que uma opção)

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Investidores Privados
- Parcerias com Universidades
- Apoio Governamental
- Outra: \_\_\_\_\_

29. A adoção das tecnologias da Indústria 4.0 teria um impacto positivo na produtividade da empresa? \*

*Marcar apenas uma oval.*

1   2   3   4   5

---

Muito Negativo      Muito Positivo

---

30. Acha que existiriam melhorias na qualidade dos produtos/serviços devido à implementação das novas tecnologias? \*

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não

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

31. A adoção dessas tecnologias aumentaria a competitividade da empresa no mercado? \*

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não

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

32. Como acredita que a empresa beneficiaria com a possível adoção das tecnologias da Indústria 4.0 ? \*

*(Pode selecionar mais do que uma opção)*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Aumento da eficiência e produtividade dos processos
- Redução de custos operacionais
- Melhoria da qualidade dos produtos/serviços
- Maior flexibilidade e capacidade de personalização da produção
- Tomada de decisão mais rápida e baseada em dados
- Reforço da sustentabilidade e redução de desperdícios
- Maior segurança no ambiente de trabalho
- Outra: \_\_\_\_\_

*Avançar para a pergunta 42*

## **Conhecimento e Implementação das Tecnologias da Indústria 4.0**

33. Quais são as principais barreiras que a empresa enfrenta / enfrentou para a adoção da Indústria 4.0? \*

*(Pode selecionar mais do que uma opção)*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Custos elevados
- Falta de competências digitais
- Infraestruturas inadequadas
- Resistência à mudança
- Outra: \_\_\_\_\_

34. Quais dos seguintes desafios técnicos específicos encontra/encontrou na implementação da Indústria 4.0 na empresa?

*(Pode seleccionar mais do que uma opção)*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Integração de novas tecnologias com sistemas antigos
- Falta de mão de obra qualificada para operar e manter as tecnologias
- Dificuldades em garantir cibersegurança adequada
- Gestão e análise de grandes volumes de dados (Big Data)
- Custos elevados de implementação
- Outra: \_\_\_\_\_

35. Na sua opinião, que tipo de apoios/incentivos seriam mais eficazes para apoiar a implementação da Indústria 4.0 ?

*(Pode seleccionar mais do que uma opção)*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Investidores Privados
- Parcerias com Universidades
- Apoio Governamental
- Outra: \_\_\_\_\_

36. A adoção das tecnologias da Indústria 4.0 teria um impacto positivo na produtividade da empresa?

*Marcar apenas uma oval.*

- 1    2    3    4    5
- Muito Negativo                  Muito Positivo

37. Acha que existiriam melhorias na qualidade dos produtos/serviços devido à implementação das novas tecnologias? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Outra: \_\_\_\_\_

38. A adoção dessas tecnologias aumentaria a competitividade da empresa no mercado? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Outra: \_\_\_\_\_

39. Qual é o nível de satisfação geral da empresa com a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 ? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- \_\_\_\_\_ 1 2 3 4 5 \_\_\_\_\_
- Muito Insatisfeita      Muito Satisfeita
- \_\_\_\_\_

40. Qual era a sua opinião sobre as tecnologias da Indústria 4.0 antes da implementação na empresa? \*  
(Selecione apenas uma opção)

*Marcar apenas uma oval.*

- Muito positivas — acreditava que trariam grandes melhorias para a empresa
- Positivas — via potencial, mas com algumas dúvidas sobre os resultados
- Neutras — não tinha uma opinião formada ou via como algo distante
- Céticas — achava que os benefícios eram exagerados ou difíceis de alcançar
- Negativas — acreditava que seria uma mudança desnecessária ou arriscada
- Desconhecia o conceito de Indústria 4.0 antes da implementação
- Outra: \_\_\_\_\_

41. Como a sua percepção mudou após a implementação da Indústria 4.0 na sua empresa? \*  
(Selecione apenas uma opção)

*Marcar apenas uma oval.*

- Extremamente favorável — superou as minhas expectativas
- Mais favorável — trouxe melhorias visíveis, mas com alguns desafios
- Sem mudanças — a implementação correspondeu ao que eu esperava
- Mais reservada — os resultados ficaram abaixo das minhas expectativas
- Desfavorável — trouxe mais problemas do que benefícios
- Outra: \_\_\_\_\_

## **Foco em Experiências Anteriores**

42. A sua empresa já participou em diagnósticos ou inquéritos sobre a implementação da Indústria 4.0 ? \*

(Selecione apenas uma opção)

*Marcar apenas uma oval.*

Nunca

Uma única vez

Várias vezes

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

43. Como classifica a sua experiência na participação neste tipo de inquéritos? \*

(Selecione apenas uma opção)

*Marcar apenas uma oval.*

Foi mais um inquérito sem qualquer consequência prática

Foi uma tarefa importante mas sem reflexo interno

Permitiu uma reflexão interna

Para além da oportunidade reflexiva, ajudou a avaliar o conhecimento da empresa sobre o tema

Ajudou a estimular novas ações ao nível da empresa para implementar novas tecnologias

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

44. Que tipo de resultado ou ação gostaria de ver como consequência da realização deste inquérito? \*  
(Selecione apenas uma opção)

*Marcar apenas uma oval.*

- Nenhuma em particular
- Receber um documento resumo com os principais resultados do inquérito  
*Avançar para a pergunta 45*
- Participar numa sessão de partilha com outras empresas participantes para trocar experiências *Avançar para a pergunta 45*
- Ter uma reunião com a equipa de investigação para apresentar a realidade da minha empresa *Avançar para a pergunta 45*
- Explorar, em reunião com a equipa de investigação, possíveis colaborações para o desenvolvimento tecnológico e organizacional da empresa  
*Avançar para a pergunta 45*

Partilha de Resultados

**Para a partilha de resultados será necessário deixar o seu endereço eletrónico para futuras comunicações.**

45. Endereço Eletrónico

---

---

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google.

Google Formulários