



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Implementação e Maturidade da Logística 4.0 na região centro de Portugal - Um Estudo Exploratório

Ítalo Junquilha do Lago

Dissertação

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de Professora Maria Odete
Monteiro Lopes

Março de 2025



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Implementação e Maturidade da Logística 4.0 na região centro de Portugal - Um Estudo Exploratório

Ítalo Junquilha do Lago

Dissertação

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professora Maria Odete Monteiro Lopes

Março de 2025

ΕΠΙΓΡΑΦΕ

“Without logistics the world stops”

Dave Waters

AGRADECIMENTOS

Antes de iniciar os agradecimentos, contextualizarei, como sempre o procuro fazer na minha vida.

Primeiro preciso falar da coragem, palavra que pode ter diversos significados a depender da área que a defina, mas que para mim significa seguir em frente, se mover, não estar parado muito tempo, atravessar oceanos, encarar desafios completamente novos, em lugares que nos tiram completamente da zona de conforto. Coragem é se afastar de muita coisa que importa e que faz bem e encarar o futuro incerto na esperança de melhores possibilidades. É encarar o frio, o calor, a ausência de luz, a língua e cultura irmã diferentes, o desafio profissional e pessoal, os velhos sonhos e os novos medos, sempre mantendo os valores de base.

Mas coragem para mim é fazer isso tudo segurando a mão de alguém.

É por isso que o meu agradecimento fundamental é para a pessoa que sempre esteve ao meu lado, segurando minha mão, nos nossos atos de coragem diários. A minha linda e amada esposa Luiza.

Com não menos importância agradeço a minha mãe, meu pai, minha segunda mãe, minha sogra, meus irmãos de vida e meus amigos queridos, que sempre me deram suporte total na minha caminhada.

Agradeço ao IPV, à minha orientadora Maria Odete, à professora Margarida Vicente, ao Carlos Silva, por todo suporte e ajuda e por terem sido ferramentas motivadoras para que eu sempre estivesse em movimento, me apoiando, direcionando e encorajando. Obrigado pela confiança.

Agradeço também as dificuldades, sem elas nunca seria possível buscar as soluções.

“A vida... o que ela quer da gente é coragem” (Guimarães Rosa)

RESUMO

A quarta “fase” de evolução industrial, também conhecida como indústria 4.0, vem alterando o modo como os processos e relações internas e externas nos negócios se apresentam. Através da utilização cada vez mais intrínseca de tecnologias que integram o mundo virtual ao real, as empresas tem buscado uma melhoria da sua eficiência e aumento da sua competitividade no mercado.

Neste contexto de aplicação das tecnologias da Indústria 4.0, empresas tem buscado uma integração e adaptação de diversos de seus setores internos, e até mesmo externos, às ferramentas disponíveis no mercado. Nesta tendência, a cadeia de abastecimento, nomeadamente a logística associada, tem um papel estratégico fundamental no desempenho e melhoria de performance das empresas que passam a utilizar as tecnologias da I4.0.

O setor da logística tem vindo a assistir a uma progressiva digitalização nos últimos anos, através da implementação de tecnologias que combinam as ferramentas da Indústria 4.0 (*IoT*, *IA*, *Big data*) e permitem maior eficiência e eficácia dos processos. Nestas plataformas e aplicações, conceitos como *omnichannel*, *voice picking*, *cloud computing* e *blockchain* alteraram radicalmente a forma como se efetuava a gestão das cadeias de abastecimento. O setor logístico, com a desmaterialização dos processos e a sua migração para o digital, consegue uma maior agilidade, interconexão, maior produtividade, e consequentemente mais vantagens competitivas.

Este estudo visa realizar um levantamento via inquérito e análise da Indústria 4.0, as suas ferramentas e tecnologias atualmente aplicáveis, principalmente ligadas ao setor logístico das empresas, fundamentando assim o conceito de Logística 4.0. Pretende-se ainda avaliar em que cenário as empresas situadas na região centro de Portugal, sub-região de Dão-Lafões, se enquadram em termos de implementação e maturidade de utilização destas tecnologias.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria 4.0; Logística 4.0; Tecnologias I4.0, Logística, Região Centro de Portugal

ABSTRACT

The fourth “phase” of industrial evolution, also known as Industry 4.0, has been transforming the way internal and external business processes and relationships are structured. Through the increasingly intrinsic use of technologies that integrate the virtual and real worlds, companies have been striving to improve their efficiency and enhance their competitiveness in the market.

In this context of Industry 4.0 technology application, companies have been seeking to integrate and adapt various internal and even external sectors to the tools available in the market. In this trend, the supply chain, particularly the associated logistics, plays a fundamental strategic role in the performance and improvement of companies that adopt Industry 4.0 technologies.

The logistics sector has been undergoing progressive digitalization in recent years through the implementation of technologies that combine Industry 4.0 tools (IoT, AI, big data), enabling greater efficiency and effectiveness in processes. Within these platforms and applications, concepts such as omnichannel, voice picking, cloud computing, and blockchain have radically changed the way supply chain management is conducted. With the dematerialization of processes and their migration to digital, the logistics sector achieves greater agility, interconnection, higher productivity, and consequently, more competitive advantages.

This study aims to conduct a survey and analysis of Industry 4.0, its currently applicable, tools and technologies, particularly those related to the logistics sector of companies, thus substantiating the concept of Logistics 4.0. Additionally, it seeks to assess the extent to which companies located in the central region of Portugal, specifically in the Dão-Lafões sub-region, are positioned in terms of implementation and maturity in utilizing these technologies.

KEYWORDS: Industry 4.0; Logistics 4.0; I4.0 technologies, Logistics, Central region of Portugal

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE GRÁFICOS.....	XI
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XIV
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	2
2.1 Indústria 4.0.....	2
2.2 Logística.....	5
2.3 Tecnologias chave associadas à Indústria 4.0	7
2.3.1 Internet das coisas (IoT)	7
2.3.2 Cloud computing.....	8
2.3.3 Big Data Analysis	8
2.3.4 Inteligência artificial.....	9
2.3.5 Realidade aumentada / virtual	9
2.3.6 Blockchain.....	10
2.3.7 Machine learning.....	10
2.4 Tecnologias da I4.0 aplicadas à Logística	11
2.4.1 Internet das coisas.....	11
2.4.2 Cloud computing.....	12
2.4.3 Big Data Analysis	12
2.4.4 Inteligência artificial.....	13
2.4.5 Blockchain.....	13
2.4.6 Omnichannel	14
2.4.7 Voice picking.....	15
2.4.8 Pick-to-light.....	16
2.4.9 Sortation systems	16
2.4.10 AGVs.....	17

2.4.11	Warehouse Management System (WMS)	18
2.4.12	E-kanban	19
2.5	Panorama atual da indústria em Portugal	21
2.6	Implementação e maturidade da I4.0 no setor industrial português	25
2.7	Desafios e barreiras na implementação da Logística 4.0 na indústria	27
3	METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	31
3.1	Revisão bibliográfica	31
3.2	Coleta de dados	31
3.3	Análise dos dados	34
4	ANÁLISE DE RESULTADOS	36
4.1	Caracterização das empresas e dos inquiridos	37
4.2	Avaliação sobre a Logística 4.0	40
4.2.1	Perceção/conhecimento sobre assuntos ligados a Indústria 4.0 e Logística 4.0	41
4.2.2	Nível de implementação das ferramentas da Logística 4.0	45
4.2.3	Fatores facilitadores para a implementação da Logística 4.0	61
4.2.4	Obstáculos encontrados na implementação das tecnologias da Logística 4.0	65
4.2.5	Benefícios a alcançar com a implementação da Logística 4.0	73
4.2.6	Critérios de avaliação de fornecedores de tecnologias da Logística 4.0	83
4.3	Implementação das tecnologias da logística 4.0 por perfil da empresa	88
5	CONCLUSÃO	91
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
	ANEXOS	I
	Inquérito	I

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Enquadramento do Estudo.....	2
Figura 2 - As 4 revoluções Industriais.....	4
Figura 3 - Fluxo principal do <i>WMS</i>	18
Figura 4 - Modo de funcionamento do sistema KANBAN	20
Figura 5 - População residente regiões Portugal 2021	23
Figura 6 - Densidade populacional regiões Portugal 2021.....	24
Figura 7 – I4.0 Scoreboard e PIB per Capita	26
Figura 8 – Fatores para implementação da Logística 4.0	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Projeções PIB e Inflação em Portugal	21
Tabela 2 - Estatísticas do conhecimento amplo sobre o conceito de indústria 4.0.....	41
Tabela 3 - Estatísticas da percepção se a empresa onde trabalha investe ou planeia investir em tecnologias no âmbito da I 4.0	42
Tabela 4 - Estatísticas da familiaridade com as ferramentas e tecnologias da I 4.0 voltadas para a Logística	43
Tabela 5 - Estatísticas da existência de tecnologias da Logística 4.0 implementadas e em funcionamento	44
Tabela 6 - Estatísticas do nível de implementação dos Sistemas inteligentes de <i>iot</i>	46
Tabela 7 - Estatísticas do nível de implementação do <i>Cloud Computing</i>	47
Tabela 8 - Estatísticas do nível de implementação do <i>Big Data Analysis</i>	48
Tabela 9 - Estatísticas do nível de implementação da Inteligência Artificial.....	49
Tabela 10 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia <i>Blockchain</i>	50
Tabela 11 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia <i>Omnichannel</i>	51
Tabela 12 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia <i>Voice Picking</i>	52
Tabela 13 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia <i>Pick-to-Light</i>	53
Tabela 14 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia <i>Sortation Systems</i>	54
Tabela 15 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia de <i>AGV's</i>	55
Tabela 16 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia <i>WMS</i>	56
Tabela 17 – Estatísticas do nível de implementação da tecnologia E-Kanban	57
Tabela 18 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia de Realidade aumentada ou virtual.....	58
Tabela 19 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia RFID.....	59
Tabela 20 - Estatísticas fator facilitador – Qualificação dos RH.....	61
Tabela 21 - Estatísticas fator facilitador – Existência de departamento de logística	62
Tabela 22 - Estatísticas fator facilitador – Existência de parcerias com instituições de ensino superior	63
Tabela 23 - Estatísticas fator facilitador – Existência de parceiros que já utilizem tecnologias da L4.0	64
Tabela 24 - Estatísticas obstáculo encontrado – Falta de compatibilidade de sistemas informáticos	66
Tabela 25 - Estatísticas obstáculo encontrado – Dificuldade na migração e transferência de dados	67

Tabela 26 - Estatísticas obstáculo encontrado – Resistência a mudança por parte dos utilizadores	68
Tabela 27 - Estatísticas obstáculo encontrado – Custo e complexidade de implementação.....	69
Tabela 28 - Estatísticas obstáculo encontrado – Elevada burocracia e regulamentações	70
Tabela 29 - Estatísticas obstáculo encontrado – Dificuldade de acesso a financiamento	71
Tabela 30 - Estatísticas obstáculo encontrado – Escassez de mão de obra qualificada.....	72
Tabela 31 - Estatísticas benefício a alcançar - Maior eficiência operacional.....	74
Tabela 32 - Estatísticas benefício a alcançar - redução de custos logísticos.....	75
Tabela 33 - Estatísticas benefício a alcançar - melhoria na experiência do cliente.....	76
Tabela 34 - Estatísticas benefício a alcançar - Maior flexibilidade e adaptabilidade aos desafios do mercado	77
Tabela 35 - Estatísticas benefício a alcançar - Diminuição dos tempos de entrega.....	78
Tabela 36 - Estatísticas benefício a alcançar - Melhoria na fiabilidade e qualidade dos dados logísticos	79
Tabela 37 - Estatísticas benefício a alcançar - Diminuição do nível de stock	80
Tabela 38 - Estatísticas benefício a alcançar - Maior disponibilidade de recursos humanos da empresa para realizar outras tarefas	81
Tabela 39 - Estatísticas benefício a alcançar - Maior visibilidade e controlo sobre os processos.....	82
Tabela 40 - Estatísticas critérios de avaliação de fornecedores - Custo	84
Tabela 41 - Estatísticas critérios de avaliação de fornecedores – Eficiência operacional	85
Tabela 42 - Estatísticas critérios de avaliação de fornecedores – Fiabilidade	86
Tabela 43 - Estatísticas critérios de avaliação de fornecedores – Suporte pós-venda.....	87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – número de empresas x VN.....	33
Gráfico 2 - Número de empresas x Número de Funcionários	33
Gráfico 3 - Palavras chave	36
Gráfico 4 - Número total de funcionários	37
Gráfico 5 - Volume de negócios ano 2023.....	38
Gráfico 6 - Posição do respondente do inquérito	39
Gráfico 7 – Gráfico de Pareto - tempo de existência da empresa.....	39
Gráfico 8 – Distribuição do conhecimento amplo sobre o conceito de indústria 4.0.....	41
Gráfico 9 - Distribuição da percepção se a empresa onde trabalha investe ou planeia investir em tecnologias no âmbito da I 4.0	42
Gráfico 10 - Distribuição da familiaridade com as ferramentas e tecnologias da I 4.0 voltadas para a Logística	43
Gráfico 11 – Distribuição da existência de tecnologias da Logística 4.0 implementadas e em funcionamento.....	44
Gráfico 12 - Radar da percepção/conhecimento sobre assuntos ligados a Indústria 4.0 e logística 4.0	45
Gráfico 13 - Distribuição do nível de implementação dos Sistemas inteligentes de <i>IoT</i>	46
Gráfico 14 - Distribuição do nível de implementação do <i>Cloud Computing</i>	47
Gráfico 15 - Distribuição do nível de implementação do <i>Big Data Analysis</i>	48
Gráfico 16 - Distribuição do nível de implementação da Inteligência Artificial.....	49
Gráfico 17 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia <i>Blockchain</i>	50
Gráfico 18 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia <i>Omnichannel</i>	51
Gráfico 19 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia <i>Voice Picking</i>	52
Gráfico 20 – Distribuição do nível de implementação da tecnologia <i>Pick-to-Light</i>	53
Gráfico 21 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia <i>Sortation Systems</i>	54
Gráfico 22 – Distribuição do nível de implementação da tecnologia de <i>AGV's</i>	55
Gráfico 23 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia <i>WMS</i>	56
Gráfico 24 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia <i>E-Kanban</i>	57
Gráfico 25 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia de Realidade aumentada ou virtual.....	58
Gráfico 26 – Distribuição do nível de implementação da tecnologia <i>RFID</i>	59
Gráfico 27 - Radar nível de implementação das ferramentas da Logística 4.0	60
Gráfico 28 - Distribuição fator facilitador – Qualificação dos RH.....	61

Gráfico 29 - Distribuição fator facilitador – Existência de departamento de logística	62
Gráfico 30 - Distribuição fator facilitador – Existência de parcerias com instituições de ensino superior	63
Gráfico 31 - Distribuição fator facilitador – Existência de parceiros que já utilizem tecnologias da L4.0	64
Gráfico 32 - Radar fatores facilitadores para a implementação da Logística 4.0.....	65
Gráfico 33 - Distribuição obstáculo encontrado – Falta de compatibilidade de sistemas informáticos	66
Gráfico 34 - Distribuição obstáculo encontrado – Dificuldade na migração e transferência de dados	67
Gráfico 35 - Distribuição obstáculo encontrado – Resistência a mudança por parte dos utilizadores	68
Gráfico 36 – Distribuição obstáculo encontrado – Custo e complexidade de implementação	69
Gráfico 37 - Distribuição obstáculo encontrado – Elevada burocracia e regulamentações ...	70
Gráfico 38 - Distribuição obstáculo encontrado – Dificuldade de acesso a financiamento	71
Gráfico 39 - Distribuição obstáculo encontrado – Escassez de mão de obra qualificada.....	72
Gráfico 40 - Radar obstáculos encontrados na implementação das tecnologias da Logística 4.0	73
Gráfico 41 – Distribuição benefício a alcançar - Maior eficiência operacional.....	74
Gráfico 42 - Distribuição benefício a alcançar - redução de custos logísticos.....	75
Gráfico 43 - Distribuição benefício a alcançar - melhoria na experiência do cliente.....	76
Gráfico 44 - Distribuição benefício a alcançar - Maior flexibilidade e adaptabilidade aos desafios do mercado	77
Gráfico 45 - Distribuição benefício a alcançar - Diminuição dos tempos de entrega.....	78
Gráfico 46 - Distribuição benefício a alcançar - Melhoria na fiabilidade e qualidade dos dados logísticos	79
Gráfico 47 - Distribuição benefício a alcançar - Diminuição do nível de stock	80
Gráfico 48 - Distribuição benefício a alcançar - Maior disponibilidade de recursos humanos da empresa para realizar outras tarefas	81
Gráfico 49 - Distribuição benefício a alcançar - Maior visibilidade e controlo sobre os processos	82
Gráfico 50 - Radar benefícios a alcançar com a implementação da Logística 4.0	83
Gráfico 51 – Distribuição critérios de avaliação de fornecedores - Custo	84
Gráfico 52 - Distribuição critérios de avaliação de fornecedores – Eficiência operacional	85
Gráfico 53 - Distribuição critérios de avaliação de fornecedores – Fiabilidade	86

Gráfico 54 - Distribuição critérios de avaliação de fornecedores – Suporte pós-venda.....	87
Gráfico 55 - Radar critérios de avaliação de fornecedores	88
Gráfico 56 - Porte empresa x Implementação tecnologias.....	89
Gráfico 57 - Volume de Negócios x Implementação tecnologias	90

LISTA DE ABREVIATURAS

I4.0 – Indústria 4.0

TI – Tecnologia da informação

IoT – Internet of Things

BDA – *Big Data Analysis*

IA – Inteligência artificial

RA – Realidade aumentada

RV – Realidade virtual

WMS – *Warehouse Management System*

AGV – *Automated Guided Vehicle*

GPS – *Global Positioning System*

PIB – Produto Interno Bruto

PME – Pequenas e Médias Empresas

COTEC - Associação Empresarial para a Inovação

I&D – Investigação e Desenvolvimento

RCAAP - Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal

CIMVDL - Comunidade Intermunicipal da Região de Viseu Dão Lafões

CV – Coeficiente de variação

QTD – Quantidade

1 INTRODUÇÃO

A logística surgiu como uma área da gestão industrial/empresarial que tem por finalidade planejar, implementar e controlar os recursos (produtos ou matérias-primas), equipamentos e informações dentro das áreas de atividade de uma empresa, desde o ponto de origem no processo produtivo, até o ponto de consumo final, seja para o cliente interno (departamentos, áreas ou setores) ou externo (cliente final, consumidor do produto). Seu objetivo principal é conferir maior eficiência e competitividade à empresa e otimizar as suas operações (João, 2021).

No âmbito daquele conceito, a logística vem apresentando um papel fundamental no planeamento estratégico das organizações, se tornando um elo sólido entre departamentos, fornecedores e clientes. Diante isto, a logística como um todo se viu obrigada a se adaptar aos cenários externos e ao avanço das tecnologias, para que pudesse continuar a ser um elemento de vantagem competitiva dentro das empresas, sendo pela via do controle dos custos ou pela via da inovação (Dalongaro et al., 2017).

Antunes et al. (2019) afirmam que o surgimento da Indústria 4.0 (I4.0) abre uma nova gama de possibilidades de atuação na logística, até mesmo dentro das cadeias de abastecimento mais complexas. Ao utilizar ferramentas e conceitos como a Internet das coisas (*IoT*), Inteligência artificial, *Machine Learning* e Análise de dados em tempo real, a indústria 4.0 traz soluções com tecnologias avançadas e abordagens mais modernas, inovadoras e adaptativas às empresas.

O estudo em questão fará um levantamento, através de inquérito por questionário, do cenário atual da logística na região centro de Portugal. O objetivo último é promover uma análise crítica acerca da maturidade e aplicabilidade prática das tecnologias ligadas à indústria 4.0 dentro do setor, identificando as ferramentas utilizadas e avaliando a competitividade das empresas e o seu enquadramento nas melhores práticas do mercado nos quais estão inseridas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para entender os diversos conceitos e termos utilizados no âmbito deste estudo, será feita uma contextualização histórica sobre o surgimento, motivações internas e externas, e o momento social e econômico aquando do surgimento de cada conceito. Para além disso também serão abordados temas como a aplicabilidade na logística das ferramentas e tecnologias associadas a I4.0, e o panorama atual do setor em Portugal com o enfoque na região centro do país. O gráfico da figura 1 ilustra o enquadramento do trabalho.

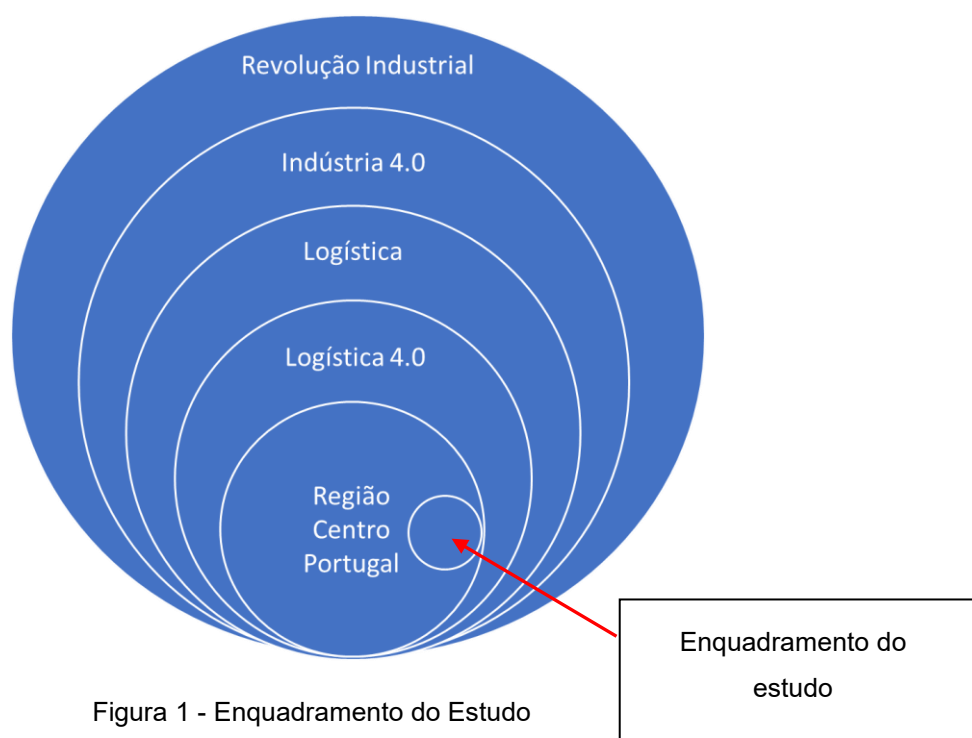


Figura 1 - Enquadramento do Estudo

2.1 Indústria 4.0

O surgimento do conceito de indústria como é conhecida atualmente, remonta ao final do século XVIII e início do século XIX, na Inglaterra, onde a dita “Revolução Industrial” se deu pela necessidade de aumento da quantidade e velocidade de produção, em detrimento dos processos manuais, artesanais e de baixa produtividade.

O aumento populacional e busca por uma maior obtenção de lucros, foram fatores motivadores para essa revolução. A utilização do carvão como fonte para gerar energia

impulsionou a descoberta das máquinas a vapor que com isso passaram a ser utilizadas nos processos fabris, como por exemplo na indústria têxtil. A utilização de locomotivas a vapor também acelerou os processos de transporte de matérias-primas e produtos acabados, conferindo mais agilidade e maior volume de entrega, puxando assim um consequente crescimento de produção industrial (Sakurai & Zuchi, 2018).

Dois elementos-chave foram motivadores desta revolução, a mudança no cenário socioeconómico à época e principalmente o avanço tecnológico na utilização de vapor e água. Novas fontes de geração de energia como o carvão e a mecanização dos processos, promoveram e propiciaram a utilização de máquinas nos processos fabris, impulsionando o início da revolução.

A segunda revolução industrial, conhecida como indústria 2.0, surge a partir do ano de 1870, com a descoberta da eletricidade e o seu uso prático. A indústria de transformação passa a produzir aço através do ferro e a partir destes dois elementos os meios de transporte e comunicação passam a apresentar uma melhora na sua eficiência e velocidade (Schwab, 2016).

Neste contexto histórico, onde a produção em larga escala passa a ser um elemento essencial para a competitividade das indústrias, surge o Fordismo, criado por Henry Ford, nos EUA em 1914. A ideia era dar vazão ao consumo em massa através da produção em massa, caracterizada pela implantação de linhas de montagem que davam mais agilidade e velocidade ao processo de produção (A. Pereira, 2021).

Toda essa revolução foi mais uma vez baseada no avanço tecnológico da época e a principal motivação era o aumento do lucro por parte dos empresários, donos de grandes empresas. O conceito, já fortemente alicerçado pelo capitalismo, era de ampliar a produção através da qualificação, automatização e inovação tecnológica, para que assim se pudesse reduzir custos e otimizar os ganhos (Mendonça, 2015).

Neste ponto, a indústria 2.0, juntamente com o capitalismo, impulsionaram o crescimento da economia mundial com uma abrangência territorial muito mais ampla, além de terem conferido uma velocidade igualmente maior na detenção de tecnologias por países economicamente fortes, como Inglaterra, Alemanha e França, na Europa, e do sudeste asiático, como o Japão (Sakurai & Zuchi, 2018).

A terceira fase da revolução industrial, designada de indústria 3.0, surge mais uma vez à luz das evoluções tecnológicas da época. A sua caracterização se dá no final da década de 60 e início da década de 70, já no século XX. A base para sua definição se apoia nos avanços tecnológicos no campo da informática, robótica, sistemas de telecomunicação

de maiores potências de dados e capacidade de transmissão, entre outros fatores também considerados como a biotecnologia e a nanotecnologia (Rosa et al., 2020).

O surgimento conceitual da indústria 3.0 é também um marco para a criação de mercados globalizados, onde através do domínio das tecnologias baseadas em eletrônica, as barreiras e fronteiras mundiais se tornam cada vez menores, propiciando a troca de informações mais rápidas e precisas. Nesta fase também se passa a notar uma grande evolução em um outro conceito de suma importância na indústria, a Logística.

A quarta revolução industrial, também conhecida como Indústria 4.0, teve o seu início, nomeadamente a sua introdução formal como conceito, na Feira Industrial de Hannover, na Alemanha, no ano de 2011. A I4.0 foi definida como sendo uma integração entre o mundo físico e virtual, através da utilização de processos inteligentes baseados em análise computacional, internet, automação e motores de inteligência artificial, conectando diversas fases do processo fabril/industrial, desde a concepção do produto ou serviço até a sua entrega ao cliente final (Antunes et al., 2018; Sakurai & Zuchi, 2018; Schwab, 2016).

Contextualizando o que exatamente é a Indústria 4.0, imagine-se um cenário onde máquinas não apenas produzem, mas também aprendem e se adaptam, e mais, passam a fazer parte de certa forma “orgânica” do processo fabril, interagindo e até otimizando etapas de fabricação, eventualmente até sem a necessidade de intervenção humana. Os conceitos como *machine learning* e inteligência artificial passam a ser cada vez mais palpáveis e entendíveis no cotidiano das empresas, que apresentam uma crescente integração e automação dos seus sistemas (Toquiantzi, 2022).

A figura 2 apresenta de forma visual as 4 etapas da revolução industrial.

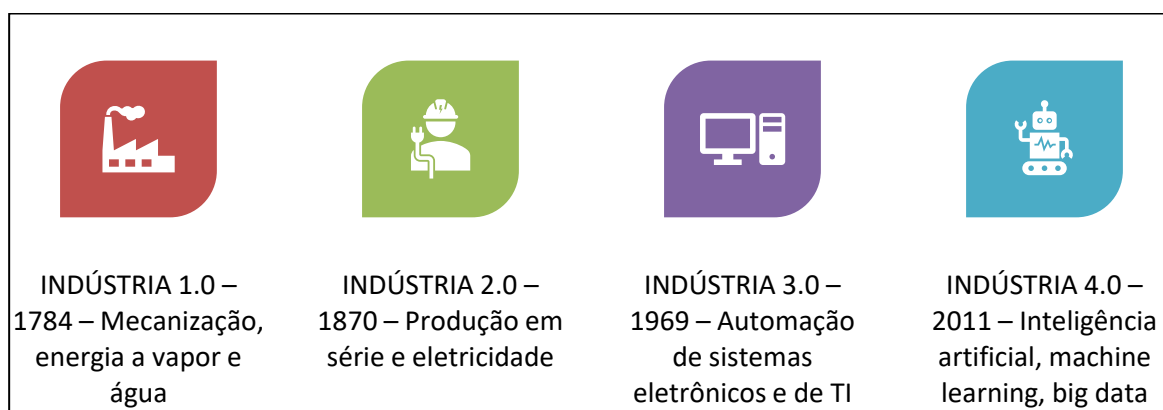


Figura 2 - As 4 revoluções Industriais

Fonte: adaptado de (Esteves, 2021)

2.2 Logística

O conceito e definição exato de logística difere entre diversos autores; segundo Novaes (2007, p,35), o Council of Supply Management Professionals dos Estados Unidos, define logística como:

“O processo de planejar, implementar e controlar de maneira eficiente o fluxo de armazenagem de produtos, bem como os serviços e informações associados, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do consumidor.”(2007)

A logística também pode ser definida pelo conjunto de atividades, métodos e meios que são destinados a fazer o que for necessário para que os processos de armazenamento, transporte e entrega de produtos acabados e insumos, seja feito no local adequado, no prazo acordado, atendendo aos requisitos do cliente (interno ou externo) e com o menor custo possível (Corrêa et al., 2020).

Em uma abordagem mais ampla, a logística faz parte da engrenagem que compõe uma parte do planejamento e gestão da cadeia de abastecimento. Esta envolve a visão macro de todas as atividades envolvidas, desde compras, provisionamento, coordenação e cooperação de parceiros a montante e a jusante da empresa, bem como a gestão e administração das informações e dados do processo, para que o produto final encontre o cliente final com o melhor nível de fornecimento possível e o máximo de valor acrescentado (João, 2021).

A história da logística se confunde e entrelaça muito com a evolução da indústria. Na primeira revolução industrial, conhecida como Indústria 1.0, a presença da logística já se fazia sentir, e com uma importância estratégica muito forte. A evolução e o advento do transporte de larga escala a vapor, como as locomotivas e navios, permitiram um aumento significativo no volume de matérias e insumos transportados, proporcionando assim uma melhoria na vazão de produção e entrega das fábricas (Guedes et al., 2017).

Internamente, no processo produtivo das empresas da época, as máquinas a vapor trouxeram uma disponibilidade maior por insumos para produção e conseqüentemente uma readequação da indústria quanto aos seus processos de armazenagem interna, transporte e distribuição, sendo estas atividades ligadas a logística. Apesar de ainda assim não ser formalmente designada, a logística já estava presente como um elemento-chave na estratégia industrial (Sakurai & Zuchi, 2018).

Seguindo os passos da segunda revolução industrial, a logística volta novamente a ser um setor impactado pela descoberta da energia elétrica, e o advento da produção em massa nas indústrias. Esses avanços tecnológicos puxam a necessidade de uma adequação do mecanismo logístico, para atender o crescente aumento da produção, a maior velocidade de entrega e a possibilidade de existência de novos conceitos em armazenamento e manuseio de carga, com a utilização de automatismos para isso (Winkelhaus & Grosse, 2020).

A terceira grande mudança e impacto na logística se deu após a 2ª guerra mundial e se estendeu até a década de 70. Os exércitos exerceram um papel preponderante na mudança de paradigmas e inserção de novas tecnologias voltadas à logística. A guerra se tornou um grande motor de desenvolvimento neste aspecto, por necessitar de características voltadas ao conceito de logística, muito abrangentes e de elevada eficiência. A necessidade rápida de alocação de tropas, insumos para as frentes de batalha, troca de informações para a melhoria do transporte de armamentos, equipamentos e soldados, deu ao setor logístico uma importância estratégica ainda maior à época (Novaes, 2007).

Ao final da década de 60, mais precisamente em 1969, algumas das tecnologias inicialmente surgentes na guerra, como o tratamento de dados computacionais, utilização de sistemas eletrônicos em larga escala e sistemas de comunicação mais modernos e potentes, passaram a fazer parte do cotidiano industrial, e elevaram mais uma vez os ganhos das empresas. A logística neste ponto já se apresentava como “mãe” desses processos e foi fundamental para o desenvolvimento da indústria e melhoria das margens líquidas (M. Pereira, 2019).

Os avanços tecnológicos ocorridos ao longo do tempo têm em comum o aumento da capacidade produtiva, a melhoria no processo de gestão da informação, com uma análise maior de dados e uma velocidade de resposta cada vez melhor e maior, o aumento da capacidade computacional e automação dos processos, e a melhoria dos sistemas de transporte e armazenagem. Todos estes elementos estão intrinsecamente ligados à logística que por consequência, também foi evoluindo (Sakurai & Zuchi, 2018).

O cenário atual da logística tende a remeter para a quarta revolução industrial, chamada de Indústria 4.0. O avanço tecnológico na área digital, através da integração entre o meio físico e o virtual, com a utilização de conceitos como inteligência artificial, *machine learning* e internet das coisas (*IoT*), impôs mais uma vez que a logística apresentasse novas e mais ágeis soluções baseadas nesta tecnologia emergente (Rangel et al., 2022).

Sendo assim, a logística 4.0 pode ser definida como sendo um conceito paralelo e correlacionado ao da indústria 4.0, porém com o enfoque para as tecnologias que são utilizadas no setor e que têm o objetivo de melhorar o gerenciamento e controle da cadeia de abastecimento, através da melhoria na comunicação, aumento na capacidade de captura e análise de grande volume de dados e integração entre o meio físico e virtual (Werner-Lewandowska & Kosacka-Olejnik, 2019).

2.3 Tecnologias chave associadas à Indústria 4.0

A indústria 4.0 tem o seu funcionamento e estrutura baseados em diversas tecnologias chave emergentes, sendo as principais, que formam o alicerce do conceito, listadas e definidas a seguir:

2.3.1 Internet das coisas (*IoT*)

Segundo Douaioui et al. (2018), a internet das coisas é definida como sendo a infraestrutura que permite que objetos e equipamentos físicos, dotados de sensores e atuadores, possam quebrar a barreira entre o mundo real e o virtual, respondendo e reagindo a estímulos externos e/ou do processo e interagindo com outros sistemas sem que haja a necessidade de intervenção humana.

Esses sistemas existentes nas máquinas e equipamentos, que são baseados em protocolos de internet, visam conectar e integrar qualquer coisa, em qualquer lugar, a qualquer momento, proporcionando assim novas aplicações e gestão de processos (Corrêa, 2019).

Essencialmente os sensores e atuadores de uma rede *IoT* são compactos e leves, utilizando baixa necessidade de energia e pequena capacidade computacional, mas oferecendo a possibilidade de comunicação Intra equipamentos e sistemas a partir de qualquer rede de dados pré-definida. Um ar condicionado ou uma máquina de lavar roupa residencial, por exemplo, que sejam dotados de sensores *IoT*, podem facilmente através de uma rede doméstica de internet, serem comandados a distância e com isso receber e enviar dados de funcionamento remotamente ao operador, via aplicação, que pode estar instalada em um telemóvel. Este mesmo princípio de funcionamento pode ser considerado para o âmbito industrial (Larrosa, 2021).

2.3.2 Cloud computing

A computação em nuvem, no português, também conhecida apenas como “Nuvem”, pode ser definida como sendo um banco de dados “virtual”, gerido e mantido por redes de servidores e conexões remotas, que estão conectados à internet (Corrêa et al., 2020).

Esse banco de dados está disponível para ser acessado pela internet, de forma *online*, por qualquer dispositivo que esteja habilitado para isso, de forma veloz e a partir de qualquer lugar (Antunes et al., 2018).

2.3.3 Big Data Analysis

O advento e o uso abrangente de novas tecnologias geradoras de dados, como telemóveis, computadores portáteis, máquinas e equipamentos de utilização diversos ligados a internet, puxou a necessidade de existência do conceito de *Big Data Analysis (BDA)*. O volume e dimensão de dados gerados por esses equipamentos se tornou imenso e, conseqüentemente, a procura por análise dessas informações também precisou acompanhar o seu crescimento com uma capacidade de processamento cada vez maior (Malagón-Suárez & Orjuela-Castro, 2022).

Diante disso, o *BDA* é definido como sendo qualquer processo ou sistema tecnológico, baseado na internet, que armazena, processa, analisa e entrega outputs coordenados e estruturados de grande volume de dados (Winkelhaus & Grosse, 2020).

Outra definição para o *Big Data Analysis* é dada por Soares (2021), citando Lee et al. (2014), que diz que a *BDA* tem a função de analisar um grande volume de dados, identificar falhas, padrões, correlações e tendências e disponibilizar assim uma resposta ordenada e organizada ao usuário, para ajudar na tomada de decisões de forma mais eficaz.

Existem dois tipos de características que podem definir o *BDA*. A primeira delas é a dos 5V's, que se referem a Volume, Variedade, Velocidade, Veracidade e Valor dos dados considerados (Richey et al., 2016; e Tiwari, Wee e Daryanto et al., 2018, citados por (Corrêa et al., 2020). A segunda definição é baseada nos 6C's feita por Silveira et al. (2017) citado por Sakurai & Zuchi (2018), com o intuito de lidar com as informações mais importantes e relevantes, sendo eles: Conexão (os sensores e motores de análise, além da rede a qual está baseada), Cloud (Armazenamento na Nuvem), Cyber (Característica de modelo e memória do sistema), Conteúdo (informações contidas nos dados), Comunidade (nível de distribuição e compartilhamento das informações) e Customização (nível de personalização dos dados).

2.3.4 Inteligência artificial

O Conceito de Inteligência artificial (IA) está muito em voga na atualidade, em virtude do grande avanço e melhoria no seu desempenho evidenciado pelas ferramentas e sistemas mais recentes. Porém, a sua origem remonta ao início da década de 1950, no período pós II Guerra Mundial. O matemático inglês Alan Turing, juntamente com outros cientistas como McCulloch, Simon e Newell, são conhecidos como os “pais da computação”, por terem criado a primeira máquina autônoma de computação e inteligência (Rosa et al., 2020).

Apesar de incipiente à época, Alan Turing foi capaz de criar o primeiro equipamento capaz de produzir análises autônomas (sem a intervenção humana) através da inserção de dados específicos, gerando assim um *output*. Esse computador rudimentar foi desenvolvido para decifrar códigos nazistas que transmitiam informações criptografadas nas frentes de batalha.

Ainda hoje, essa é a ideia que permeia o conceito de Inteligência Artificial. Segundo Esteves (2021), a IA é uma divisão da ciência de computação que se foca na criação e desenvolvimento de máquinas inteligentes, que funcionam e reagem de forma similar ao comportamento humano. Também pode ser definida por máquinas que possuem funções cognitivas similares às humanas e que possam realizar tarefas das mais básicas às mais complexas e que apresentem algum nível de aprendizado e resolução de problemas (Cimini et al., 2020).

Por fim, os sistemas de IA possuem características básicas como: capacidade de raciocínio através da aplicação de regras lógicas para soluções de problemas através de um conjunto de dados disponíveis; aprendizagem através da identificação de erros já ocorridos e pela não repetibilidade dos mesmos, com o objetivo de executar a próxima tarefa com mais eficácia; reconhecimento de padrões visuais, sensoriais e até comportamentais; e por fim, a inferência, que é a capacidade de aplicar raciocínios lógicos a situações cotidianas (Rosa et al., 2020).

2.3.5 Realidade aumentada / virtual

Os conceitos de realidade aumentada (RA) e realidade virtual (RV) são muito parecidos, mas diferem basicamente na experiência à qual o utilizador está sujeito. Na RA o mundo virtual é trazido até o expectador através de imagens, projeções, objetos ou ferramentas e pode interagir assim com o mundo real. Na RV o utilizador é imerso em um ambiente totalmente virtual, através por exemplo de óculos de realidade virtual, interagindo assim apenas nessa nova dimensão criada (Esteves, 2021).

Outra definição para RA é a de um ambiente com elementos virtuais que seja baseado no mundo real e permita que os utilizadores, através de recursos de imagem, sons e efeitos táteis, possam interagir com os elementos criados e aprimorar a sua experiência no mundo real (Nogueira, 2022).

2.3.6 Blockchain

O *blockchain* é uma tecnologia que foi criada à luz do surgimento da moeda digital Bitcoin e tem a função de ser um banco de dados de informações que valida de forma descentralizada transações entre dois utilizadores que desejem realizar uma negociação (Corrêa et al., 2020).

A transação através do *blockchain* funciona quando existe a necessidade de se conduzir uma negociação, como uma transferência de dados ou valor financeiro, por exemplo. Após a identificação dos dois lados interessados na troca, é atribuído uma chave criptográfica para a transação que se dará dali em diante. Assim, sem a necessidade de um intermediador central, e através de uma rede compartilhada, ponto a ponto, com capacidades de processamento de dados descentralizado, essa transação passa a ser verificada por múltiplos nós independentes, simultaneamente. Cada nó, ou ponto dessa rede, mantém um registo daquela transação para posterior validação e identificação de legitimidade (Calixto, 2019). Uma vez validado por toda a rede, é criado um “bloco” digital com todas as informações da transação e o mesmo é adicionado posteriormente à “cadeia” digital, daí o termo *blockchain*. A partir do momento que este bloco é adicionado à cadeia, a transação entre as duas partes é concluída (Corrêa, 2019).

Essa metodologia confere segurança ao processo, pois as validações são feitas em uma rede independente; confere igualmente legitimidade, pois o bloco só será criado após a aprovação das informações contidas na transação por todos os pontos de verificação da rede. O processo transacional tende a se tornar legítimo, veloz e eficaz pois cada ponto de verificação da rede recebe uma recompensa pelo seu trabalho (processamento independente dos dados) após a conclusão efetiva da transação (Toquiantzi, 2022).

2.3.7 Machine learning

Este conceito é traduzido e baseado como sendo o aprendizado das máquinas. Isso significa que no cenário e contexto onde exista o *Machine learning*, as máquinas não apenas produzem, mas também interagem com o meio, se comunicam e principalmente aprendem e se adaptam a ele (Soares, 2021).

Esse aprendizado é uma ferramenta da área de inteligência artificial que acaba por ensinar as máquinas e equipamentos através de algoritmos complexos de análise de dados,

que avaliam padrões históricos e projetam ações futuras para que as mesmas evoluam e sejam mais adaptáveis às necessidades e com um desempenho mais eficiente (A. Pereira, 2021).

2.4 Tecnologias da I4.0 aplicadas à Logística

A indústria 4.0 é um conceito que abarca de forma global todos os setores das empresas de produção e serviços ligadas ao uso das tecnologias da quarta revolução industrial. Não obstante, também surge o conceito paralelo de Logística 4.0, que se apresenta como uma evolução da logística tradicional, porém intrinsecamente relacionada com a implementação e aplicação das tecnologias da I4.0 (M. Pereira, 2019).

A logística 4.0 deriva da integração das tecnologias digitais emergentes como Internet das coisas, Inteligência Artificial, *Big Data Analysis* e *Cloud Computing*, entre outras, aos seus processos internos, permitindo assim a criação de sistemas muito mais inteligentes, conectados e com muito maior velocidade de processamento e retorno de informações tratadas (Esteves, 2021).

Neste cenário, a Logística 4.0 tem a intenção de reduzir perdas de informação e consequentemente de produtos e dinheiro, diminuir custos através da melhoria da eficiência na gestão de estoques e transportes, promover um aumento da qualidade do produto ou serviço, além de otimização no planejamento considerando toda a cadeia de abastecimento (Maiolli de Oliveira et al., 2022) (Rangel et al., 2022).

O impacto das tecnologias da I4.0 na logística pode ser observado através dos exemplos dados a seguir das ferramentas e sistemas digitais utilizados especificamente para o setor.

2.4.1 Internet das coisas

Através do uso de sensores *IoT* instalados em equipamentos e máquinas, é possível fazer uma gestão em tempo real dos processos logísticos, como por exemplo a localização e o estado de produtos ainda nos estoques dentro das fábricas, assim como o de mercadorias que já estão em trânsito com destino ao cliente final (Toquiantzi, 2022).

A gestão de armazéns passa a ser mais eficiente com a possibilidade de compartilhamento de espaços físicos, melhoras na rastreabilidade de produtos e transparência nas operações. O próprio uso de robots autônomos, que estão interligados com a rede interna e compartilham informações com os setores operacionais, permitem que

a coleta, armazenamento e distribuição de itens/produtos seja feita de forma muito mais eficiente e com custo de operação relativamente baixo (Corrêa, 2019).

A gestão de frotas é outro ponto que é fortemente impactado na logística 4.0. No mundo cada vez mais globalizado da atualidade, onde praticamente não existem fronteiras, ou na verdade elas são muito mais fáceis de superar, a informação precisa sobre a localização de caminhões, trens, aviões e até navios, permite que se tenha um melhor controle e gestão de prazos, melhorando assim a experiência junto ao cliente.

Ainda segundo Corrêa (2019), a *IoT* voltada para a logística traz três grandes benefícios: (1) a praticidade ao consumidor final, que passa a controlar e estar mais próximo da sua mercadoria encomendada; (2) a melhoria do relacionamento entre cliente e fornecedor, através da atualização sistemática e precisa de informações, e por fim, (3) a detecção de causas de problemas.

2.4.2 Cloud computing

A utilização da computação em nuvem confere à logística maior flexibilidade e conectividade durante toda a cadeia de abastecimento. A gestão da informação para a ser descentralizada e disponível em tempo real, em qualquer lugar e momento durante todo o ciclo de vida da mercadoria, seja ainda como matéria-prima, ou já como produto final (Rosa et al., 2020).

2.4.3 Big Data Analysis

Segundo João (2021), a *BDA* pode ser definida como qualquer técnica utilizada no processamento de grande volume de dados, desde a coleta, passando pela transferência, armazenamento, análise, pesquisa e visualização. Através desta ferramenta os problemas podem ser mais rapidamente resolvidos no âmbito da aquisição, armazenamento em *stock* e transmissão, impactando na melhora de performance na cadeia de abastecimento.

A evolução do poder de processamento dos computadores tem ligação direta com a viabilidade de existência do conceito de *BDA*. Agora todo o imenso volume de dados que é gerado e armazenado na nuvem, proveniente dos diversos elementos da cadeia de abastecimento, como insumos, mercadorias, modais de transporte e pedidos de clientes, pode ser analisada e processada em segundos por todas as partes da organização. Isto permite que, com base em parâmetros como tempo, localização e quantidade de produtos, haja uma maior velocidade e precisão na tomada de decisões pelos gestores (Toquiantzi, 2022).

2.4.4 Inteligência artificial

A IA é diretamente vinculada às tecnologias anteriormente citadas, como a *IoT*, *Big Data* e *Cloud Computing*. Todas interagem e, além de gerarem informação relevante, permitem o funcionamento quase que simbiótico entre elas. A inteligência artificial por exemplo se baseia principalmente nos dados e informações contidas na “nuvem” e nos outputs do *Big Data Analysis*. Sendo assim, essa é uma ferramenta com a função de analisar dados e informações relevantes, que possam ajudar na tomada de decisões futuras, como por exemplo tentar prever as necessidades e desejos futuros dos clientes (Toquiantzi, 2022).

Segundo Rangel et al. (2022) ainda se tratando de previsão de necessidades, a IA através de análises temporais, de tendência, sazonalidade, cíclicas e até aleatórias do mercado, pode prever padrões e melhorar os resultados operacionais e financeiros de uma empresa, à medida que cria modelos com maior confiabilidade e precisão de dados.

Outra utilização que se dá à IA, com grande aplicação atualmente, é aplicação a robots autônomos, que dentro de um ambiente fabril passam a tomar decisões próprias baseadas nas alterações que encontrarem nos processos, o que leva a uma consequente redução de custos em virtude da adaptação às necessidades da fábrica (Esteves, 2021).

Ainda segundo Esteves, os robots autônomos são geralmente utilizados em tarefas de produção e montagem, e estão cada vez mais aptos e evoluídos a desempenhar tarefas de maior complexidade, se aproximando assim das capacidades humanas, e inclusive propiciando e ajudando no trabalho colaborativo com os funcionários da fábrica (2021).

Por fim, a inteligência artificial voltada para a logística pode ser encontrada também na área de transportes e movimentação, gerindo processos como tráfego de informação, comunicação, contratação de parceiros, localização de frotas e mercadorias e definição de rotas de transporte. Esses aspectos auxiliam o trabalho dos gestores nas tomadas de decisão bem como dos motoristas, melhorando assim a qualidade do serviço prestado, no que diz respeito às entregas e à experiência junto ao cliente final (Soares, 2021).

2.4.5 Blockchain

O *blockchain* foi criado e tem-se desenvolvido como uma tecnologia com capacidade de criação de registros permanentes, invioláveis e de validação descentralizada. Estas características são muito úteis no setor de logística, pois é possível assim promover verificações das interações de informação suspeitas, sem a necessidade de um intermediador, conferindo fiabilidade e transparência ao longo da cadeia de abastecimento (Calixto, 2019; Esteves, 2021). Dessa forma o *blockchain* pode resolver um dos grandes problemas no setor da logística, que é a falta de integração entre as partes interessadas,

que necessitam de informação fiável como o monitoramento ativo da mercadoria por toda a cadeia de abastecimento, desde a solicitação de compra até a entrega ao cliente final (Calixto, 2019; Corrêa, 2019).

2.4.6 Omnichannel

O conceito de *omnichannel* ou omnicanal é definido como sendo a integração de todos os canais de comunicação e troca de informações da empresa, tornando mais fácil e ágil o acesso dos usuários à plataforma através de qualquer dispositivo, como telemóveis e computadores portáteis (Toquiantzi, 2022).

Outra prerrogativa do *omnichannel* é permitir que o consumidor final possa realizar a sua compra e acompanhar as informações do seu pedido a partir de qualquer canal nas mesmas condições (Associação Portuguesa de Logística & KPMG, 2020).

Segundo Fernandes & Silva (2020), o conceito bem aplicado do *omnichannel* deve permitir que o consumidor possa transitar entre os múltiplos ambientes *online* e *offline* disponibilizados pela empresa, sem que isso traga nenhum constrangimento, perda de informação ou gere uma percepção diferente da experiência com a marca.

De acordo com Toquiantzi (2022), algumas das vantagens da utilização do *omnichannel* são:

- a) Facilitar o acesso direto entre usuários e empresa, com a intenção de personalização e simplificação do atendimento, conferindo assim um maior valor agregado ao cliente;
- b) Aumento na fidelização através do contato mais próximo entre consumidor e marca;
- c) Incremento das vendas através do ganho de visibilidade das empresas pela presença em plataformas digitais.

Para Sarquis et al. (2017) uma grande vantagem do uso do *omnichannel* pelas empresas é facilitar e permitir duas práticas comuns: a primeira, que o cliente possa visitar a loja física, escolher ou analisar o seu produto e posteriormente realizar a compra *online* (*showrooming*); e a segunda, a prática inversa, que é permitir com que o consumidor avalie e escolha o seu produto *online* e realize a compra em uma loja física (*webrooming*).

Ainda relativo às vantagens apresentadas pelo uso do *omnichannel*, Guissoni (2017) apresentou resultados de uma pesquisa realizada pela *Harvard Business Review* que mostrou que clientes *omnichannel* gastaram mais com compras (fossem *online* ou *offline*) do que clientes que utilizavam apenas um único canal. Outro ponto mostrado na pesquisa é que quanto mais pontos de contato a empresa disponibilizar para o consumidor, maiores eram as conversões em compras.

Sarquis (2017) diz ainda no seu estudo que a estratégia *omnichannel* requer um sistema logístico e de distribuição muito mais robusto, integrado e ágil, com impacto em toda a cadeia de abastecimento. Segundo aquele autor, é importante que haja uma minuciosa avaliação sobre os parceiros logísticos que são efetivamente necessários ao funcionamento da cadeia, para que haja a real integração dentro dos processos. Essa integração também requer um maior investimento em portfólios de produtos, gestão de *stocks* e de entrega e na política de devoluções.

2.4.7 Voice picking

O *Voice Picking* é uma metodologia baseada em informações transmitidas por mensagens de voz. Permite ao operador (*Picker*) realizar a coleta de um determinado produto no armazém, recebendo os comandos e informações necessárias, por áudio, via *headset* (fone de ouvido e microfone) para que possa se deslocar ao ponto designado e coletar o produto correto (exemplo: “Coletar produto A, no corredor 2, prateleira 10, posição 5”) (Ribeiro, 2021). Esse tipo de sistema permite que o operador mantenha as suas mãos livres durante a maior parte do processo de coleta, uma vez que as informações são passadas a ele por comando de voz. Segundo Silva (2020), a precisão deste processo na coleta dos produtos pode chegar a 99,99%, e o ganho de produtividade comparado com o *picking* tradicional, via ordens em papel, pode chegar a 25%.

O fato do operador manter as suas mãos livres durante a maior parte do processo, permite que sejam feitas tarefas em paralelo com maior segurança, como por exemplo dirigir um empilhador enquanto recebe as informações.

O *voice picking* também permite que haja troca de informações e *feedback* entre o operador e o sistema, via troca de mensagens de voz. Como exemplo, após um comando de coleta recebido pelo operador, o mesmo pode responder sinalizando que está ciente e dando prosseguimento a coleta. Também pode acontecer, após a coleta, o operador sinalizar que já realizou o serviço, dando assim informações de *feedback* para o sistema calcular, por exemplo, o tempo de deslocamento (Ribeiro, 2021).

Segundo Silva (2020), o *voice picking* traz vantagens como a melhoria na localização dos produtos, o registo das transações em tempo real, o *feedback* entre operador e sistema de forma intuitiva e a facilidade de utilização. Por outro lado, as desvantagens são a duração limitada da fonte de energia dos equipamentos de comunicação, a possibilidade de sofrer interferências de sinais externas e a dificuldade de funcionamento em ambientes com elevado ruído.

2.4.8 *Pick-to-light*

O Sistema *pick-to-light* ou *pick-by-light* deve possuir integração com o sistema de gestão de *stocks*, porém, apesar disso, se apresenta como sendo menos complexo comparativamente ao *voice picking*. Este sistema é baseado na utilização de luzes indicadoras que são posicionadas acima dos produtos que devem ser recolhidos. No momento que o sistema de gestão de *stocks* recebe uma ordem de recolha, por inserção de um número de recolha ou leitor de código de barras, as luzes referentes aos produtos que devem ser coletados se acendem, dando assim a indicação para que o operador possa coletar os itens corretos. Após a recolha do produto a luz indicadora se apaga e permanece acesa apenas nas posições que ainda não foram visitadas (Ribeiro, 2021).

Essa é uma tecnologia que se adequa muito bem a situações onde os pontos de recolha são fixos e próximos uns aos outros. Apesar de possuir um custo elevado de implementação, apresenta como vantagens a velocidade e agilidade de comunicação entre operador e sistema de base de dados, a precisão na localização do produto e a possibilidade de correção de inventários de forma mais intuitiva no sistema (Silva, 2020).

Segundo Pereira (2023), uma outra característica relevante neste tipo de sistema é a não utilização de papel no processo de separação dos materiais. Além do aspecto sustentável trazido por isso, a troca de informações visuais através das luzes indicadoras e sistemas digitais portáteis, como tablets ou telemóveis funcionais, permite um aumento na velocidade do entendimento e uma possibilidade de ajustes e *feedback* pelo operador.

2.4.9 *Sortation systems*

O *Sortation System* ou Sistema de classificação é um processo de identificação de materiais e produtos, usualmente automatizado e controlado por algoritmos dedicados, que segrega, agrupa e distribui os itens para o destino adequado dentro do armazém (Kim et al., 2020).

De acordo com Smith (2022), o *Sortation System*, a exceção do sistema manual, é usualmente integrado com outros *softwares* de gerenciamento de armazéns (*WMS*), e se socorre de ferramentas da indústria 4.0 como a Internet das Coisas (*IoT*) e eventualmente a inteligência artificial no seu processo de funcionamento.

Algumas das vantagens apresentadas por esse tipo de sistema é a diminuição da necessidade de trabalho físico/manual dos operadores reduzindo assim erros e melhorando a eficiência, o aumento da produtividade com o gerenciamento em tempo real de um volume maior de produtos e a possibilidade de movimentação, segregação e transporte de mais produtos com o uso de menos espaço (Colson, 2023; Smith, 2022).

2.4.10 AGVs

AGV é a sigla em inglês para *Automated Guided Vehicle* ou, em português, veículo guiado automaticamente. O AGV pode ser definido como sendo um veículo autônomo, utilizado em ambientes fabris e que tem a função de realizar o transporte de insumos, materiais e produtos entre as estações de trabalho e produção (Simei et al., 2023).

Os AGVs são totalmente programáveis e seguem um trajeto pré-definido através de rotas fixas dentro da fábrica, se guiando através de comandos que podem ser dados por radio frequência, pistas magnéticas ou óticas posicionadas no piso, via *GPS*, *lasers* ou *scanners*. Por não terem a necessidade de intervenção humana durante o seu funcionamento, se torna uma solução que alia segurança, redução de erros e aumento de eficiência (Costa, 2018; Simei et al., 2023).

No âmbito da logística, os AGVs foram concebidos inicialmente para auxiliar em tarefas simples de transferência, como por exemplo um pequeno volume de materiais entre salas próximas ou entre linhas de produção. Porém, em virtude da sua capacidade, eficiência e confiabilidade, os AGVs passaram a ter a sua utilização ampliada, e hoje já se podem ser notadas utilizações até fora dos armazéns, em pátios de distribuição externos, e em diferentes tipos de indústrias, como a automotiva, elétrica e hospitalar (Brito, 2021).

Segundo Murta (2021), algumas vantagens apontadas por Pathan Alamkhan G. em seu livro acerca da utilização de AGVs, são:

- a) Maior produtividade a uma velocidade de transporte segura;
- b) Flexibilidade na programação para definição de rotas;
- c) Menor uso de mão de obra humana;
- d) Redução no número de colisões durante o transporte;

Como desvantagens foram apontados os seguintes pontos:

- a) Dificuldade de adaptabilidade a um ambiente ao ar livre;
- b) Manutenção contínua do equipamento;
- c) Usualmente programados para trabalhos apenas em ambientes Intra logística;
- d) Dificuldade em gerir interações entre AGVs de marcas diferentes;

2.4.11 Warehouse Management System (WMS)

O Sistema de gestão de armazéns, tradução para a sigla em inglês de *WMS*, é um sistema de informação utilizado para dar suporte ao gerenciamento e monitoramento do fluxo de produtos e materiais dentro de um armazém. Para efeito, são utilizadas tecnologias de informação como o *RFID* ou código de barras, através de dispositivos móveis e redes locais sem fio (Da Silva & Kawakame, 2019). Esse *software* é geralmente um módulo de um sistema *ERP* que controla e monitora diversas áreas da empresa, não apenas as que estão ligadas ao fluxo logístico (fluxo de funcionamento do *WMS* exemplificado na figura 3). Ainda assim pode ser encontrado também como solução específica para necessidades individuais dissociado de um sistema *ERP*, porém, segundo Figueiró (2019), o *WMS* não deve ser tratado apenas como uma ferramenta à parte, mas sim como um sistema integrado a um *ERP* onde possa compartilhar informações e se beneficiar de dados externos aos gerados no armazém.



Figura 3 - Fluxo principal do *WMS*
Fonte: Retirado de Žunić et al. 2018)

Conceitualmente, o *WMS* é o sistema que abarca, gere e controla diversas das tecnologias descritas anteriormente, como o *Sortation System*, *Voice Picking* e *Picking to Light* e pode inclusive ser *cloud-based* ou seja, ser um software com banco de dados baseado em servidor remoto (Nuvem) o que pode lhe conferir maior facilidade de implementação, menores custos de manutenção e melhores protocolos de segurança (Andiyappillai, 2020b).

O *WMS* é um software estruturado para melhorar a utilização de recursos dentro de um ambiente de armazenagem, apoiando assim a gestão do armazém ou centro de distribuição nomeadamente em aspetos como espaço físico, mão de obra disponível e a melhor distribuição de materiais e bens e transporte dos mesmos. (Ferreira, 2021)

Segundo Andiyappillai (2020b) os principais benefícios da implementação do *WMS* nas empresas são a redução de custos de armazenamento e operação logísticas, a redução de erros, a melhora na resposta ao atendimento ao consumidor e o aumento da transparência entre os parceiros envolvidos na cadeia de abastecimento.

O mesmo Andiyappillai (2020a) em outro artigo de conteúdo similar, cita os principais problemas enfrentados na indústria, pela não utilização de um sistema *WMS*; são eles:

- a) Falta de visibilidade do inventário para além do operador do armazém;
- b) Erros de processamento de envio de materiais como *Over-shipping*, *Under-shipping* e *Miss-shipping*;
- c) Má utilização do espaço físico do armazém;
- d) Utilização de registos manuais e em papel e conseqüente dificuldade de armazenagem, rastreabilidade e manutenção da informação para propósito de auditoria;
- e) Problemas de segurança do trabalho, como o manuseamento de itens com conteúdos perigosos, pesados ou especiais, sem que o operador tenha ciência do seu conteúdo.

2.4.12 E-kanban

Para se definir o Kanban Eletrônico, ou E-kanban, primeiro é necessário contextualizar o método tradicional. O Kanban surgiu no Japão e o seu significado, traduzindo para o português, é “cartão” ou “bilhete”. Essa metodologia baseada no sistema de produção Pull, foi a precursora e o pilar do *Just In Time (JIT)*. Desta forma o Kanban, através da utilização de cartões físicos trocados entre departamentos (sempre partindo de jusante para montante) permite que o material só seja expedido ao próximo departamento apenas quando haja a procura ou necessidade do mesmo (Silva, 2022).

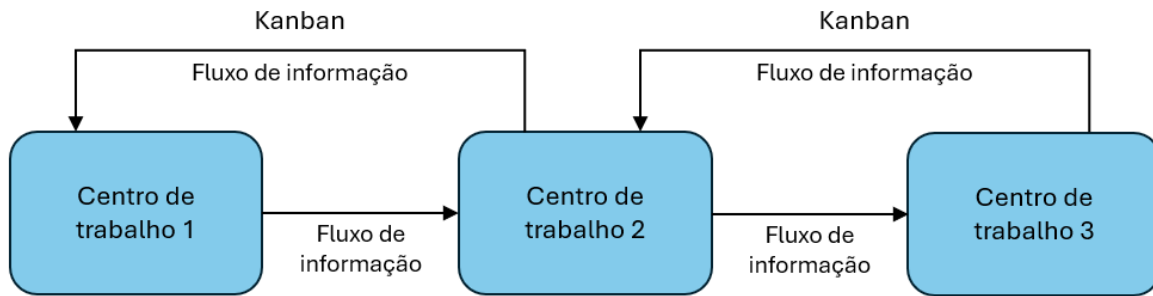


Figura 4 - Modo de funcionamento do sistema KANBAN

Fonte: Adaptado de Žunić et al. (2018)

No caso do Kanban eletrônico (E-kanban) a principal diferença é que não são utilizados os cartões de papel ou material similar no processo “puxado”, todo o seu uso é eletrônico, baseado em softwares específicos para a aplicação e na internet. Informações virtuais são geradas com a necessidade do cliente ou departamento a jusante e são passadas de forma digital para os fornecedores ou departamentos a montante (Norberto et al., 2021).

Dentro da filosofia de produção do *Just In Time*, o Kanban atua como uma ferramenta de controlo e nivelamento de *stocks* ao longo da cadeia de fabricação. Neste contexto o E-kanban possibilita a visualização em tempo real das solicitações de fabrico além de disponibilizar uma visão ampla e global do status atual de cada estação de trabalho (Thao et al., 2022; Zammar & Kovaleski, 2021).

De acordo com Ricky e Kadono (2020), o E-kanban quando utilizado em uma indústria de fabricação de automóveis, por exemplo, pode trazer benefícios como a redução da flutuação diária de procura, a redução do *stock* de peças e partes e uma melhora na eficiência e efetividade na performance das entregas ao cliente. Além disso, comparando o E-kanban com o sistema tradicional de cartões, a via eletrônica apresenta maior transparência, rastreabilidade de todos os movimentos no sistema e a possibilidade de trabalho com diversos tipos de materiais.

Conforme apresentado acima, diversas tecnologias e ferramentas da Indústria 4.0 podem ser utilizadas com o foco no setor logístico, o que inclusive acabou por gerar o termo Logística 4.0. Alguns são os benefícios da utilização destas tecnologias no setor, como a disponibilidade para se ter um maior foco na estratégia do negócio, redução de custos e aumento da satisfação do cliente (Rosa et al., 2020).

2.5 Panorama atual da indústria em Portugal

Portugal passou por uma profunda evolução e progresso em termos económicos e sociais nas últimas décadas. Um importante processo de transformação estrutural e industrial aconteceu nesse período e proporcionou uma melhora significativa em diversos indicadores de desenvolvimento social e monetário a nível europeu (Ministério do Planeamento, 2020).

Entretanto, os últimos 3 anos apresentaram uma guinada disruptiva nesse movimento de crescimento económico em virtude da crise sanitária global causada pela COVID-19, que se iniciou ao final do ano de 2019 e início do ano de 2020. A necessidade de adoção de medidas de controlo da transmissão da doença teve impacto profundo nas cadeias económicas, tenha sido do lado da procura, quando no da oferta (Ministério do Planeamento, 2020).

Não obstante ao início incipiente da retomada económica global após o controlo da COVID-19, em fevereiro de 2022 a Europa volta a ser negativamente impactada pelo cenário externo, desta vez em virtude da guerra instaurada entre a Rússia e a Ucrânia. Esse evento, que ainda se mantém, influenciou novamente o cenário económico global, porém com um impacto muito maior nos mercados europeus, impondo uma readequação em diversos setores como transportes, matéria-prima e insumos energéticos (Banco de Portugal, 2022).

Esses cenários contribuíram para que o Banco de Portugal tenha divulgado as seguintes projeções para o Produto Interno Bruto (PIB) e inflação, considerando os anos de 2021 a 2024, podendo serem vistas na tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Projeções PIB e Inflação em Portugal

Portugal	2021	2022	2023	2024
Produto Interno Bruto (PIB)	4,9%	4,9%	2,9%	2,0%
Inflação	1,3%	4,0%	1,6%	1,6%

Retirado de Banco de Portugal 2022)

O Boletim Económico de março de 2022 divulgado pelo Banco de Portugal diz:

“A invasão da Ucrânia pela Rússia em finais de fevereiro contribui para intensificar as pressões inflacionistas e para limitar o dinamismo económico na área do euro e em Portugal. O conflito veio agravar a subida de preços das matérias-primas energéticas e de diversos bens primários. O impacto negativo sobre a atividade decorre também da redução da confiança das famílias e dos empresários, da turbulência nos mercados financeiros, bem como dos efeitos das sanções impostas à Rússia sobre os fluxos comerciais e financeiros. No exercício de projeção, assume-se que não se verifica uma escalada do conflito e o impacto destes fatores se dissipa no médio prazo.”(2022)

Todo esse contexto apresentado indica que a indústria em Portugal ainda está passando por um momento de ajuste ao cenário externo e de projeção de recuperação a curto e médio prazo. Ainda assim, em virtude de programas de fomento e investimento da indústria 4.0, diversas empresas já passaram a adotar novas tecnologias e, apesar da incerteza económica, estão aproveitando o período para focar no crescimento futuro de forma mais sustentável (Pereira, 2021).

A logística tende a seguir os mesmos padrões de sensibilidade e impacto aos agentes externos, porém também tem apresentado oportunidades de crescimento muito relevantes. Uma divulgação da Associação Portuguesa de Operadores Logísticos apontou, por exemplo, que Portugal tem sido considerado um ponto importante para novas dinâmicas de *Reshoring*, que é o processo de repatriação de atividades ou operações de uma empresa para o país de origem (*Portugal pode tornar-se o hub do “reshoring” da Europa*, 2022).

Relativamente à região centro de Portugal, mas especificamente a região do Dão-Lafões, Antunes et al. (2019) cita que existem fatores que ainda dificultam o desenvolvimento da indústria, como a carência de mão de obra qualificada, nomeadamente em áreas de tecnologia, a necessidade de uma maior aproximação entre empresas e instituições de ensino, e a necessidade de deslocamentos constantes para cidades como Porto e Lisboa, onde se encontram aeroportos internacionais e a sede de muitas das empresas que operam em Portugal.

O processo de despovoamento das regiões do interior de Portugal com o movimento populacional em sentido à faixa litoral é um fator macro que justifica a concentração da população e de empresas nas duas regiões metropolitanas de maior relevância, que são Lisboa e Porto. Essas mudanças demográficas influenciam na taxa de crescimento da economia, envelhecimento da população e mudança no perfil social nos territórios do interior,

impactando diretamente nas dinâmicas económicas e no grau de investimento público e privado nessas regiões(Almeida, 2021).

Dados retirados do Portal do Instituto Nacional de Estatística, mostram o perfil atual do território português quando se colocam em perspetiva os números relativos a população residente por regiões e densidade populacional, conforme demonstrado nas figuras 5 e 6 respetivamente.

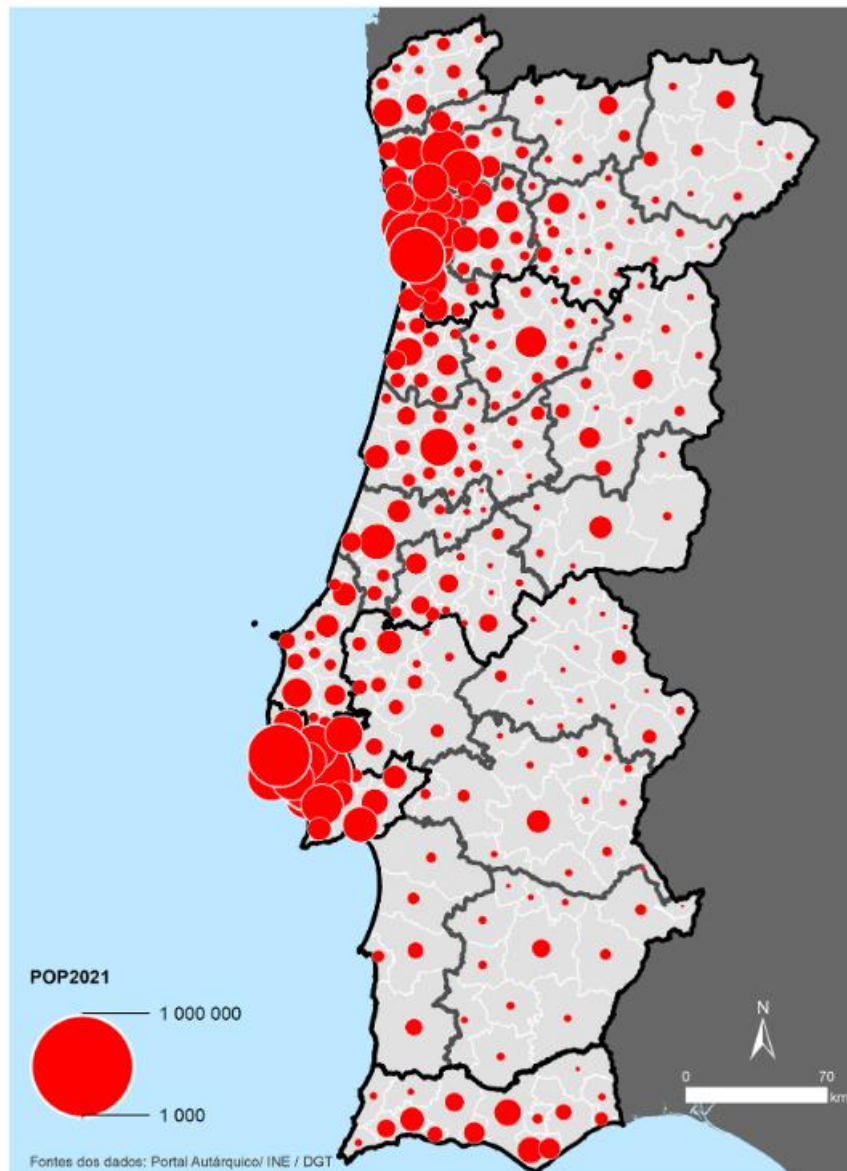


Figura 5 - População residente regiões Portugal 2021

Fonte: Retirado de Chamusca & Silva 2023)

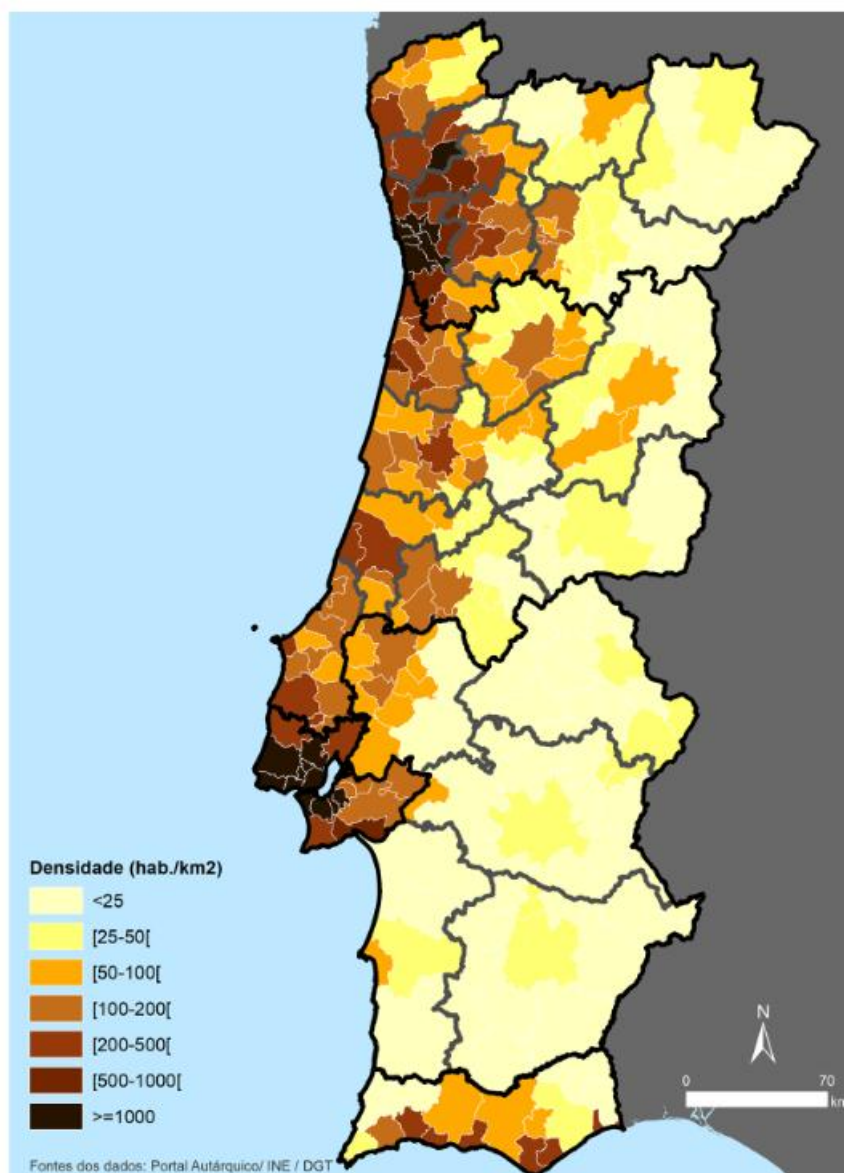


Figura 6 - Densidade populacional regiões Portugal 2021

Fonte: Retirado de Chamusca & Silva (2023)

Segundo Chamusca & Silva (2023), Portugal apresenta uma baixa densidade populacional e assimetria na distribuição da população ao longo do seu território. Isso mesmo é evidenciado pelos gráficos mostrados anteriormente e refletido na estatística de que apenas 11% dos concelhos concentram 52% da população residente, segundo os dados retirados do INE referentes à última medição em 2021.

Chamusca & Silva (2023) fazem ainda a seguinte e relevante citação:

“Há um claro défice de investimento público, traduzido numa insuficiente infraestrutura de alguns territórios e num desigual acesso a bens, serviços básicos e

oportunidades de desenvolvimento individual e coletivo. Em consequência, criam-se desigualdades competitivas entre territórios, acentua-se a saída da população e agravam-se problemas para instalação, fixação ou dinamização do tecido empresarial.”

2.6 Implementação e maturidade da I4.0 no setor industrial português

Segundo Guimarães et al. (2023), Portugal possui a distribuição de rendimentos mais desigual em comparação aos outros países da União Europeia, e isso se reflete também da mesma forma na desigualdade econômica nas diversas regiões internas do país. Posto isso, a análise da implementação de tecnologias da indústria 4.0 tende a ser enviesada, havendo uma tendência de maior investimento e maturidade nas regiões próximas a grandes cidades como Lisboa e Porto em detrimento de cidades ou regiões mais localizadas ao centro e leste de Portugal.

De acordo com Faria (2019), atualmente as empresas que apresentam maior maturidade relacionada a implementação das tecnologias da indústria 4.0, são aquelas que possuem maior lastro financeiro e maior capacidade de realizarem investimentos significativos nessas novas tecnologias. As pequenas e médias empresas (PME) presentes no setor industrial apresentam maior dificuldade de desenvolvimento tecnológico no sentido da I4.0 pois possuem margens de lucro muito apertadas e que não permitem que sejam assumidos altos graus de risco no investimento. Deste modo, as PME, quando não possuem algum subsídio governamental, acabam por optar em realizar investimentos em tecnologias de transição ou recorrer a *retrofit* e atualização de equipamentos já existentes, tentando minimizar assim o impacto no seu caixa e promover um investimento mais sustentável em consonância com a sua realidade financeira.

Em abril de 2019 a COTEC, uma associação empresarial portuguesa, divulgou um estudo baseado em outras publicações, no qual mostrava que Portugal se encontrava na 15ª posição entre os países da União Europeia no *ranking* de nível de competitividade digital. Um outro estudo divulgado pela UBS, indicava que Portugal se posicionava como a 23ª economia mais preparada para adotar as tecnologias da I4.0, em um conjunto de 45 países estudados. Apesar destes números aparentemente positivos, a realidade interna observada não se refletia no nível de competitividade real ante outras economias vizinhas (COTEC, 2019).

Um outro estudo (figura 7) baseado na ferramenta I4.0 *Scoreboard*, criada pela COTEC juntamente com a KPMG, caracterizou o contexto de implementação e maturidade da indústria 4.0 na Europa em três grupos majoritários, sendo eles o *Lagging* (Nível de digitalização muito baixo), o *Mid-tier* (Nível de digitalização baixo) e o *Leading* (Nível de digitalização alto ou muito alto). Dentro dessa caracterização, Portugal se enquadrou na 12ª posição, entre 18 países analisados, encontrando-se no grupo *Mid-tier* (COTEC, 2023).

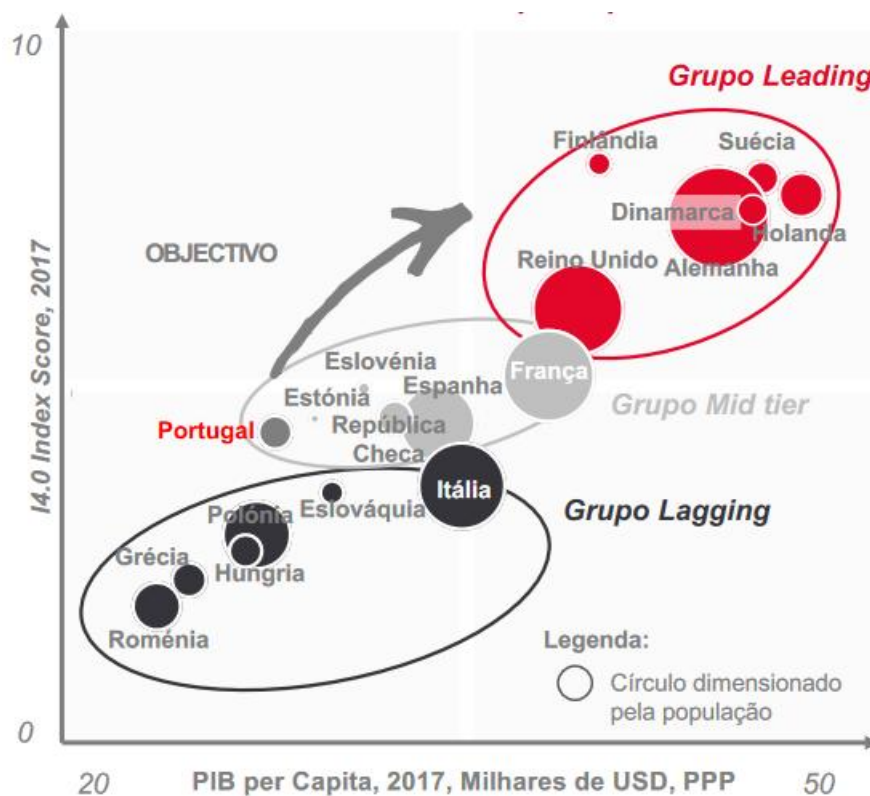


Figura 7 – I4.0 Scoreboard e PIB per Capita

Fonte: Retirado de COTEC 2019

Faria (2019) analisa que nomeadamente ao estudo baseado no I4.0 *Scorecard*, Portugal apresentou fraquezas na implementação das tecnologias da indústria 4.0 comparativamente aos outros países estudados. As principais fraquezas apontadas são a falta de maturidade no dito “ecossistema de colaboração e inovação” entre as e empresas e órgãos de fomento, a falta de uma cultura estabelecida dentro das empresas ao considerar as tecnologias da I4.0 nos seus planos estratégicos e, por fim, a dificuldade em atrair, reter e aplicar o talento humano especializado nas áreas de interesse da empresa ligadas a I4.0.

Por fim, Antunes et al. (2019), afirmam que o investimento em investigação e desenvolvimento, por parte das empresas e também do estado, deve ser um pilar fundamental para a facilitação da implementação das tecnologias da I4.0. Porém, o que se notou no período entre 2009 e 2014 foram taxas de crescimento negativas relativamente aos

valores alocados no setor, chegando a se notar uma redução no âmbito de 10% entre os anos de 2011 e 2012. Quando se analisa o percentual do PIB português que é voltado para a I&D, o resultado passa a ser ainda pior, tendo reduzido de 1,58% em 2009 para 1,24% em 2015, ante a média europeia de 2,02%(Antunes et al., 2019).

À luz do setor logístico, Portugal apresenta algumas características que podem ser consideradas como sendo fatores dificultadores no seu desenvolvimento. A sua localização geográfica periférica relativamente ao restante da Europa pode ser vista como uma fraqueza, em virtude da localização central no continente europeu da maioria dos fornecedores de peças e componentes (Pinto, 2019). Outro aspeto a ser considerado seria a melhoria do sistema rodoviário e ferroviário que liga Portugal a países como a Alemanha e França, que potencializaria as exportações, principalmente se considerado a indústria automotiva (Associação Portuguesa de Logística & KPMG, 2020).

Esses fatores considerados anteriormente mostram que o setor logístico em Portugal apresenta fraquezas, porém conseqüentemente grandes oportunidades de crescimento a nível continental. Diante disso, à semelhança de países pertencentes à União Europeia, desde 2016 está sendo priorizada uma estratégia de digitalização da indústria através da Comissão Europeia (CE) (A. Pereira, 2021).

No nível regional, o governo português lançou no ano de 2017 um programa chamado de Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia – Indústria 4.0. Este programa visa alavancar o setor industrial como um todo, incluindo os componentes da cadeia de abastecimento, através de incentivo monetário às empresas, com o foco em acelerar a adoção de tecnologias e ferramentas ligadas a I4.0, promover empresas de tecnologia situadas em Portugal e tornar o país num polo atrativo no contexto da indústria 4.0 (Antunes et al., 2019).

2.7 Desafios e barreiras na implementação da Logística 4.0 na indústria

A implementação das tecnologias ligadas à indústria 4.0 passa pela superação de algumas dificuldades e barreiras, que são apresentadas a seguir sobre a ótica de alguns autores e pesquisadores.

Faria (2019), lista algumas das barreiras para a implementação de estratégias em prol da Indústria 4.0 em Portugal, que são:

- a) Alinhamento com a estratégia organizacional;

- b) Resistência a mudança por parte da cultura empresarial;
- c) Investimento em infraestruturas e tecnologia;
- d) Capacitação dos recursos humanos da empresa;
- e) Cibersegurança.

Por sua vez, João (2021), cita os seguintes itens como obstáculos a implementação da I4.0:

- a) Falta de infraestrutura tecnológica;
- b) Carência de competências digitais para construir ou remodelar sistemas;
- c) Cultura organizacional;
- d) Incerteza quanto ao retorno do investimento;

Já Antunes et al. (2019) afirmam, dentre os estudos realizados, que os empresários portugueses identificaram os seguintes pontos de constrangimento aos investimentos ligados a indústria 4.0:

- a) Recursos financeiros escassos para investimento em novas tecnologias;
- b) Período elevado de retorno sobre o investimento;
- c) Eventual investimento em tecnologias não tangíveis;
- d) Falta de interação produtiva entre empresas e instituições locais para formação e troca de tecnologias;
- e) Apoios financeiros para investimentos na I4.0 demasiados amplos e transversais;
- f) Escassez de empresas capazes de implementar tecnologias I4.0.
- g) Falta de mão de obra qualificada e assistência técnica adequada.

A logística 4.0 é um ramo dentro do conceito de indústria 4.0, e por isso, muitas das barreiras e dificuldades apontadas pelos autores relacionadas a implementação das tecnologias I4.0 também se aplicam diretamente ao setor logístico. No entanto, alguns autores apresentam a seguir as barreiras relacionadas especificamente à Logística 4.0.

M. Pereira (2019), referenciando outros autores, afirma que os principais desafios identificados para a implementação das tecnologias da indústria 4.0 na logística, são:

- a) Desafios de armazenamento, distribuição e compartilhamento de dados;
- b) Segurança e privacidade de dados e informação;
- c) Relação Homem x Máquina;
- d) Investimento financeiro.

De acordo com Malagón-Suárez & Orjuela-Castro (2022), as barreiras e riscos associados a implementação e adoção da logística 4.0 são:

- a) Barreiras técnicas e tecnológicas;
- b) Barreiras financeiras;
- c) Barreiras legais e legislativas;
- d) Barreiras sociais;

Já segundo Da Silva & Kawakame (2021), os principais desafios para a implementação das tecnologias da I4.0 na logística são os seguintes:

- a) Modernização de centros de distribuição que possuam altos níveis de *stock*;
- b) Promover uma mudança cultural na forma de trabalho e execução de processos;
- c) Promover a conectividade entre máquinas, pessoas e processos, com dados e informações atualizados simultaneamente;
- d) Falta de conhecimento e capacitação da mão de obra;
- e) Alto custo de implementação;
- f) Ausência de incentivos financeiros e oportunidades para investimentos na indústria.

Analisando os itens pontuados pelos autores anteriormente, é possível identificar um padrão de repetibilidade de 4 principais fatores, que são os sócios culturais (cultura organizacional e receptividade a mudanças), os desafios técnicos (capacitação de mão de obra e fornecedores de assistência qualificados), os desafios financeiros e legais (Incentivo governamental para o desenvolvimento da indústria) e o os desafios tecnológicos (desenvolvimento e aplicabilidade das novas tecnologias), que são esquematizados através da figura 8. (Pereira, 2019).

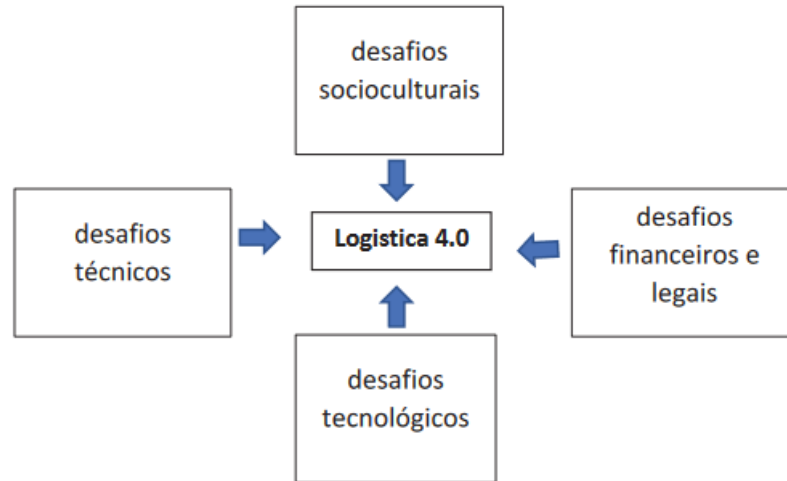


Figura 8 – Fatores para implementação da Logística 4.0

Fonte: Retirado de Pereira (2019)

Por fim, alguns fatores podem ser apontados como atrativos para fixar a indústria 4.0 em Portugal, mais precisamente na região do Dão-Lafões, como por exemplo serem oferecidos mais locais para instalação de parques industriais, incentivos para criação de incubadoras de empresas, condições fiscais semelhantes e favoráveis comparativamente com outros países da Europa, melhoria nos canais de comunicação técnica entre as empresas, instituições de ensino e governo, incentivos ao empreendedorismo, ao emprego e à I&D e custo competitivo e valorização de mão de obra qualificada (Antunes et al., 2019).

3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Foram adotados diferentes procedimentos metodológicos para a elaboração deste estudo, levando-se em consideração as etapas de trabalho, nomeadamente a revisão bibliográfica, a utilização de um inquérito por questionário para recolha de dados e a posterior análise dos dados e conclusão do trabalho.

3.1 Revisão bibliográfica

Para a revisão da literatura foi realizado o método de pesquisa bibliográfica utilizando as principais palavras-chave sobre o tema em questão, como Indústria 4.0, Logística 4.0, Tecnologias I4.0, Logística, Região Centro de Portugal. Foram selecionadas 128 publicações como artigos, livros, dissertações, teses, documentos, apresentações, relatórios e sites oficiais. O critério utilizado para a escolha foi a existência de uma ou mais palavras-chave no título da publicação.

As ferramentas de busca utilizadas para a obtenção destes documentos foram o Google Acadêmico, as plataformas b-on e RCAAP e sites de Repositórios Acadêmicos como os do Instituto Politécnico de Viseu, Universidade de Coimbra, Universidade do Porto e Universidade do Minho.

3.2 Coleta de dados

Foi definido como premissa do estudo que a coleta de dados seria realizada via realização de inquérito por questionário.

O passo seguinte foi definir as questões que fariam parte deste questionário. Para isso, foram elaboradas perguntas levando-se em consideração as informações colhidas na etapa de revisão bibliográfica e com o intuito de focar no objetivo alvo do estudo que é a Maturidade da Logística 4.0 na região centro de Portugal, conforme elucidado na figura 1 deste trabalho.

O questionário foi previamente elaborado contendo três partes, tendo a primeira das quais o objetivo de mapear os dados do respondente, com duas questões. A segunda parte teve como objetivo o mapeamento dos dados organizacionais da empresa, de que são

exemplo o número de funcionários ou volume de negócios, através de 4 questões. Por fim, a terceira parte teve como objetivo mapear o grau de conhecimento e implementação das tecnologias associadas à logística 4.0 pelos respondentes e respetivas empresas, através de 7 questões.

As questões da parte 3 foram elaboradas utilizando a escala de Likert, de 3 ou 5 pontos, dependendo da subjetividade da pergunta. Por exemplo, questões relacionadas ao nível de conhecimento na implementação de tecnologias foi utilizada a escala de 3 pontos, nomeadamente, 1 - Não Implementada, 2 - Em Processo de Implementação e 3 - Implementada com Sucesso. Para questões de maior subjetividade foi utilizada a escala de 5 pontos, sendo o 1 - Discordo Totalmente ou Pouco Relevante e o 5 - Concordo Totalmente ou Muito Relevante.

A escolha pelo uso da escala de Likert deu-se pelo fato de ser frequentemente aplicada em estudos e pesquisas empíricas em virtude da sua facilidade de compreensão, contextualização e confiabilidade no retorno dos dados (Dallasega et al., 2022).

Antes da formatação final do questionário, foi feito um pré-teste a 10 especialistas na área, docentes do Instituto Politécnico de Viseu e empresários da região. O *feedback* obtido permitiu realizar os ajustamentos necessários para que o questionário final se tornasse mais claro e objetivo. Adicionalmente, foi possível concluir um tempo médio de resposta de 7 minutos. A versão final do questionário está disponível no Anexo I.

Finalizada a definição das questões, foi realizado um levantamento de empresas localizadas na região centro de Portugal nomeadamente da Região de Viseu. Os dados foram retirados da Base de dados da Associação Empresarial da Região de Viseu (AIRV).

A base de dados obtida de empresas desta região retornou um universo de 12.815 (doze mil oitocentas e quinze) empresas ativas ao final do ano de 2022. A partir deste banco de dados macro, foram utilizados os seguintes critérios para seleção das empresas que receberiam o inquérito via e-mail:

- 1 – Atividade correlata a Indústria ou Comércio que utilize processos logísticos;
- 2 – E-mail cadastrado na base de dados;
- 3 – Informação quanto ao número de funcionários na base de dados;
- 4 – Informação quanto ao volume de negócios na base de dados.

Após a filtragem utilizando esses critérios foram selecionadas 593 (quinhentas e noventa e três) empresas que atendiam aos requisitos.

Os gráficos 1 e 2, a seguir, mostram o perfil organizacional das empresas selecionadas, levando-se em consideração fatores como Volume de Negócios para o ano de 2022 e o Número de Empregados.

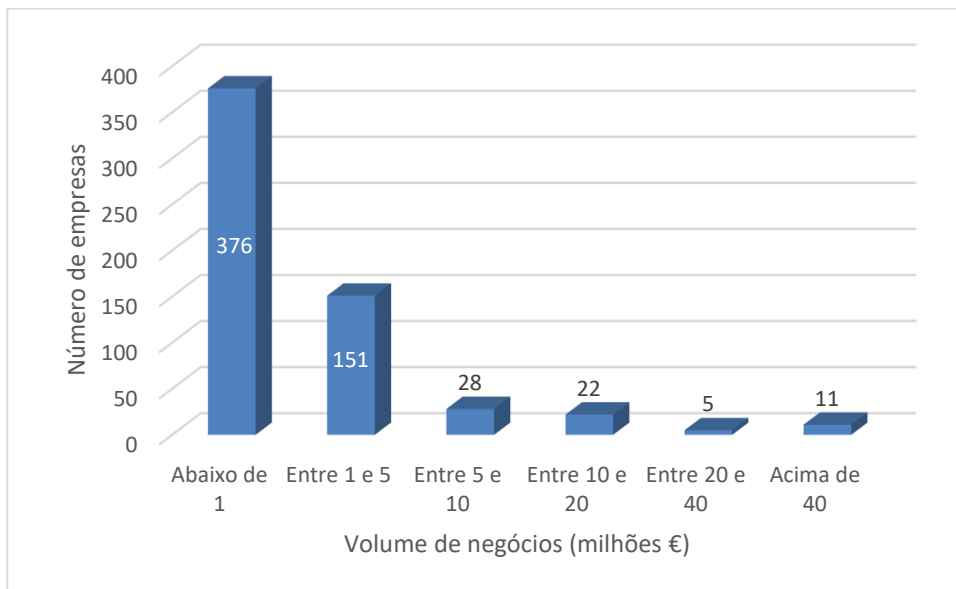


Gráfico 1 – número de empresas x VN

Base de dados da AIRV

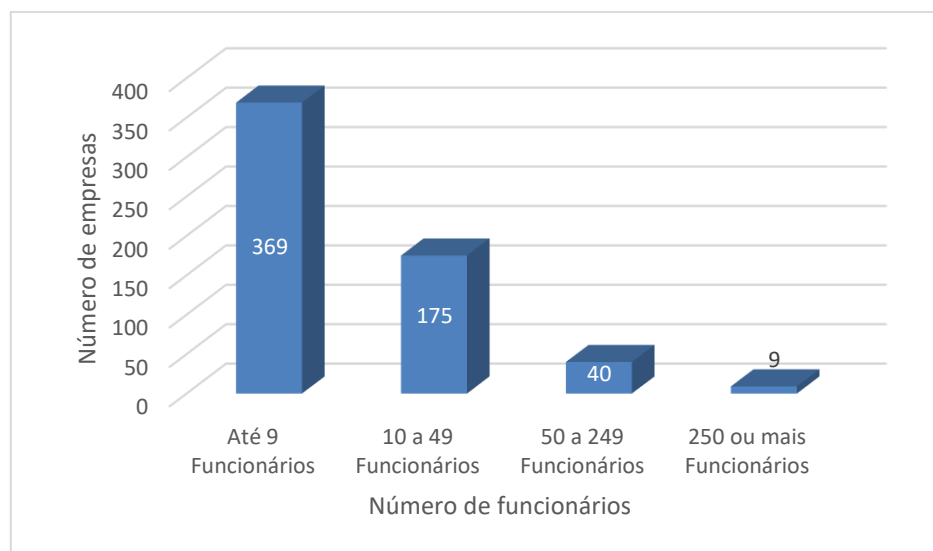


Gráfico 2 - Número de empresas x Número de Funcionários

Base de dados da AIRV

A aplicação dos inquéritos junto às empresas se deu através do *software Limesurvey*, que permite a criação de formulários e pesquisas, enviando e compilando os dados de respostas de forma *online*.

3.3 Análise dos dados

Para a análise dos dados foi adotada a metodologia baseada em estatística descritiva, que visa organizar os dados e informações e identificar padrões e tendências para que esses possam ser comparados ao referencial teórico que dá base ao estudo.

Foram atribuídos valores às respostas em escala de Likert, como por exemplo 1 para discordo totalmente e 5 para concordo totalmente, e foram esses valores que serviram de base para a definição das métricas.

As medidas que foram analisadas e serviram para balizar a análise foram a média, mediana, moda, desvio padrão, coeficiente de variação e gráfico de distribuição em barras.

a) Média: Soma dos valores divididos pela quantidade total de respostas;

b) Mediana: Valor central do conjunto analisado quando os valores estão organizados em ordem crescente;

c) Moda: Valor que mais se repete no conjunto de dados;

d) Desvio Padrão: Define a dispersão dos dados, o quanto os valores estão afastados da média;

e) Coeficiente de variação (CV): Índice que é obtido através da divisão do desvio padrão pela média e expressa a variação dos dados comparado ao valor médio. Ajuda a comparar a variabilidade dos dados dentro de um conjunto. Quando menor o seu valor (resultados abaixo de 50%), mais concentrada é a distribuição e maior é a possibilidade de identificação de tendências.

Quanto maior o valor deste coeficiente, (resultados acima de 50%), mais dispersos e menos fiáveis serão os dados (Afonso & Nunes, 2019);

f) Diagrama de Pareto: Ferramenta gráfica que classifica os dados mais frequentes aos menos frequentes e apresenta a sua proporção comparativamente ao conjunto completo. O diagrama de Pareto é também conhecido como a regra do 80/20, ou seja, em uma distribuição normal de dados 80% dos efeitos são

provenientes de 20% das causas. Essa métrica ajuda a analisar a tendência das respostas obtidas no inquérito (Gómez, 2022)

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Seguindo os tópicos expostos no capítulo anterior, a primeira análise de resultados refere-se à etapa de pesquisa bibliográfica. A relevância desta análise dá-se pelo padrão de retorno de publicações científicas que foram levantadas durante a pesquisa.

Dentro das várias publicações, como artigos, livros, documentos e relatórios, selecionadas após filtragem de conteúdo, as mesmas geraram 136 palavras de relevância ao estudo contidas em seus títulos, ou seja, se no título de uma publicação existiam as palavras “Indústria 4.0” e “Logística 4.0”, as duas eram consideradas na contagem total. Os resultados são expostos no gráfico 3 a seguir:

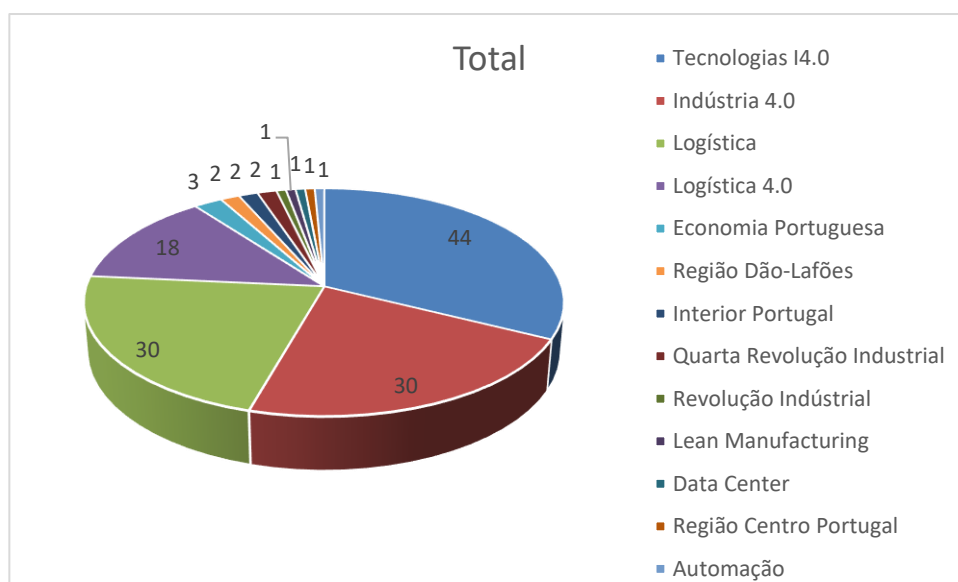


Gráfico 3 - Palavras chave

Diante do resultado do gráfico nota-se uma predominância de publicações ligadas a Indústria 4.0 e suas tecnologias, a Logística e a Logística 4.0, e uma lacuna de publicações relacionadas a atratividade, ao panorama atual, a economia e a maturidade da indústria na região centro de Portugal, nomeadamente a região do Dão-Lafões, o que pode configurar uma oportunidade relevante de estudo e investigação.

Quando se trata dos resultados ligados à aplicação do inquérito por questionário, primeiro importa referir o período de recolha de dados e a taxa de respostas, levando-se em consideração o conjunto das 593 empresas selecionadas que receberam via e-mail o questionário.

Relativamente ao tempo de aplicação do inquérito, o primeiro envio via *Limesurvey* deu-se na data de 07/10/2024 e o último lembrete foi enviado na data de 10/02/2025. A data considerada como limite para o recebimento das respostas foi o dia 21/02/2025. Sendo assim, o questionário ficou ativo por um período de 137 dias, aproximadamente quatro meses e meio.

Foram obtidas 31 respostas completas o que representa uma taxa de retorno de 5.23% do total de 593 envios.

4.1 Caracterização das empresas e dos inquiridos

O perfil das empresas que responderam ao questionário está evidenciado nos gráficos seguintes.

Uma das questões levantadas foi a dimensão das empresas, que foi medida pelo número de funcionários a tempo inteiro. De acordo com os resultados, cerca de 29% têm até 9 trabalhadores, 19% entre 10 e 49 funcionários, 19% entre 50 e 249 funcionários e 33% têm 250 ou mais funcionários, de acordo com o gráfico 4.

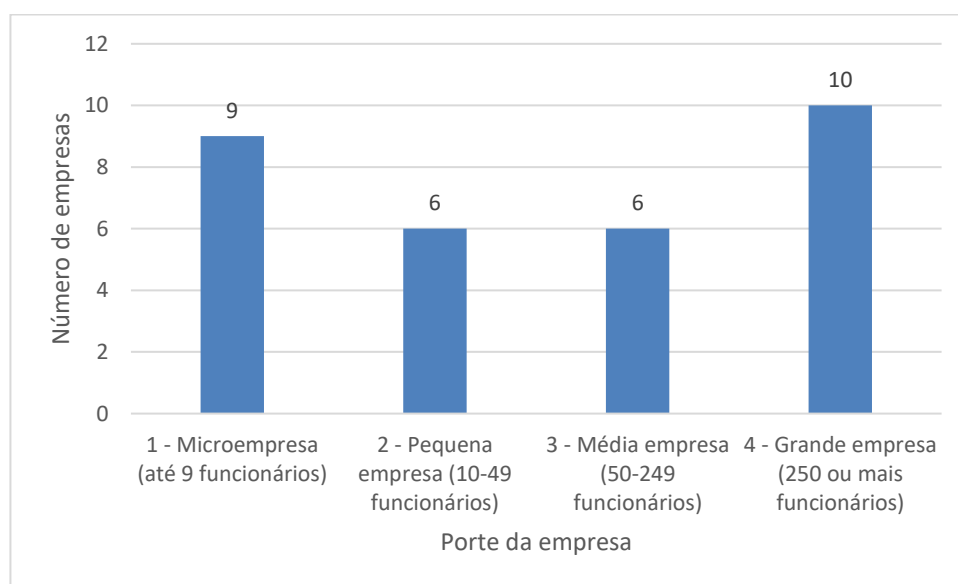


Gráfico 4 - Número total de funcionários

Uma outra questão efetuada que define a dimensão da empresa é relativa ao volume de negócios do fechamento do ano de 2023. De acordo com os resultados, cerca de 29% faturaram até 1 milhão euros, 13% entre 1 e 5 milhões, 9% entre 5 e 10 milhões, 16% entre

10 e 20 milhões, 6% entre 20 e 40 milhões e 26% acima de 40 milhões de euros, conforme o gráfico 5.

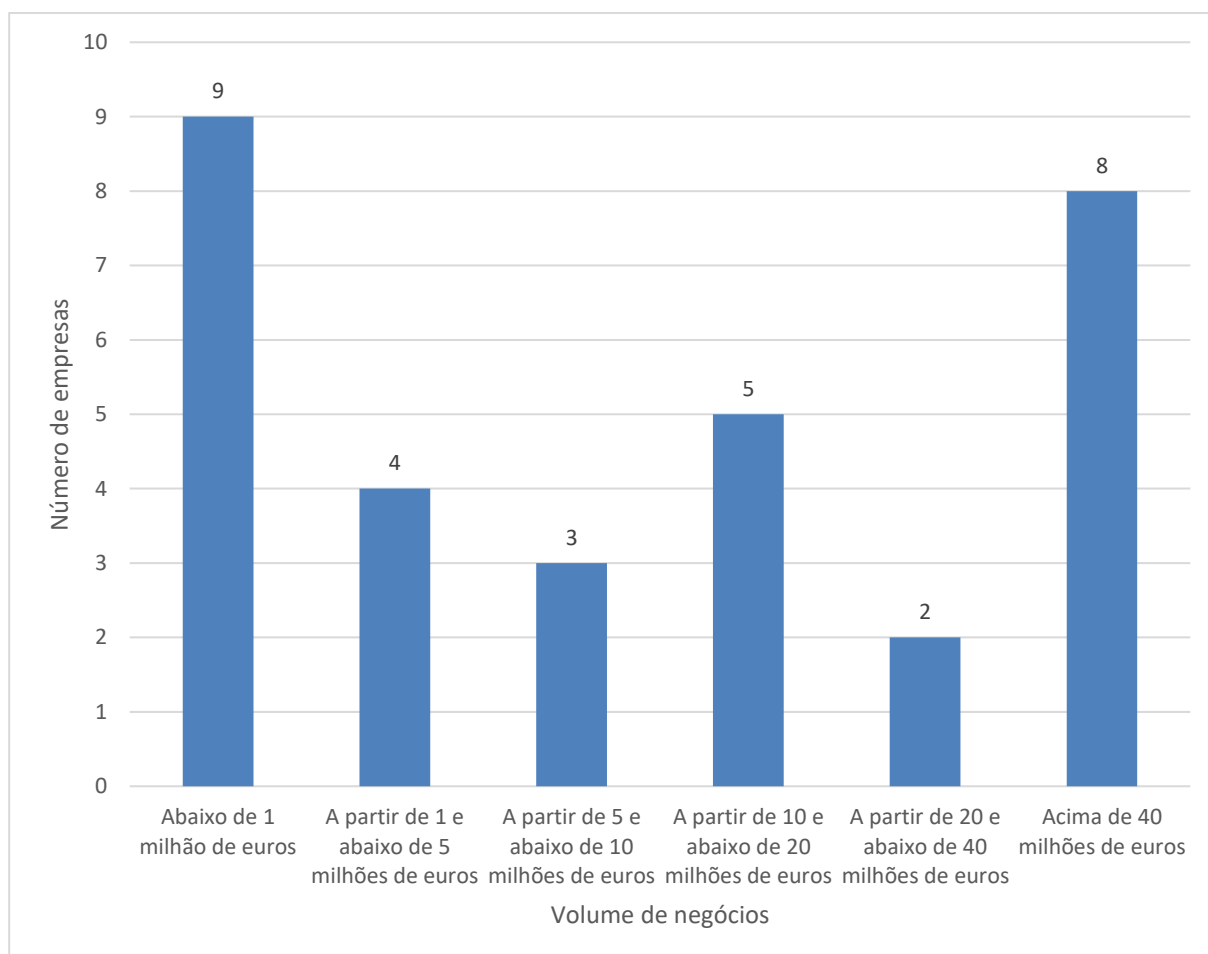


Gráfico 5 - Volume de negócios ano 2023

Relativo ao cargo que os respondentes ocupam dentro das suas empresas, cerca de 59% responderam serem presidentes, CEO's ou cargos similares, seguidos por 10% de diretores de logística, como demonstrado no gráfico 6.

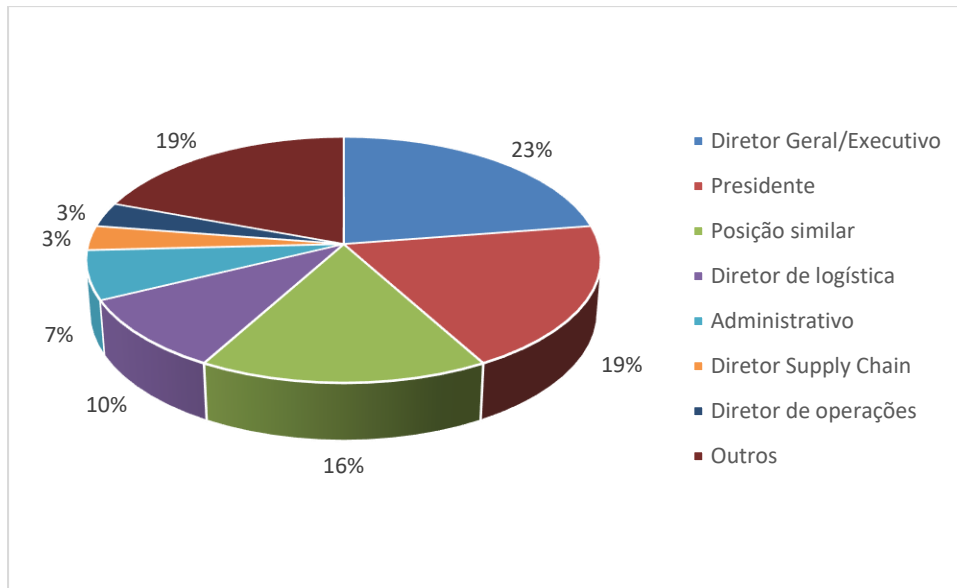


Gráfico 6 - Posição do respondente do inquérito

Já em relação a média de tempo de existência das empresas que responderam ao questionário, o resultado foi de 25,32 anos, sendo a mais nova com 7 anos de existência e a mais antiga com 49 anos (gráfico 7).

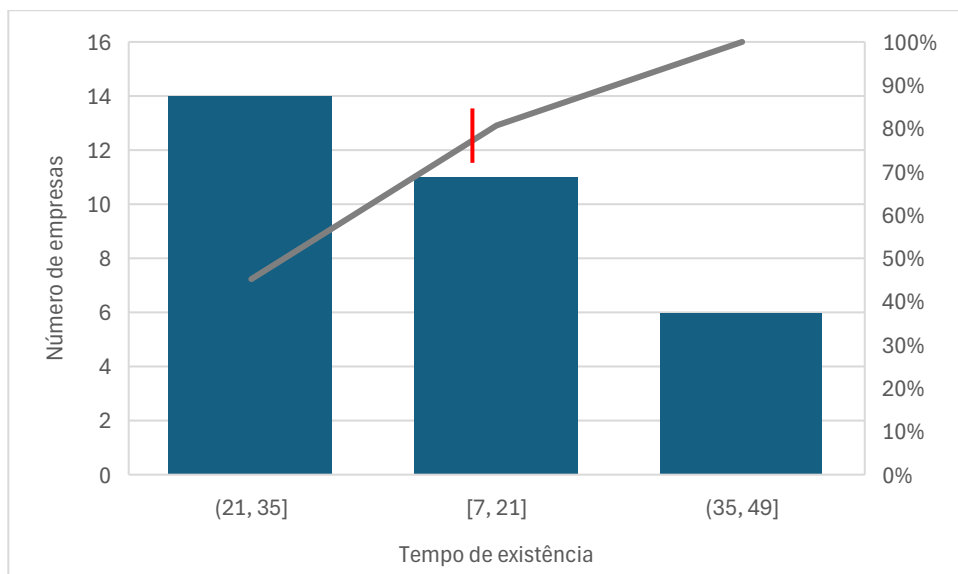


Gráfico 7 – Gráfico de Pareto - tempo de existência da empresa

Em relação a média de anos que os respondentes ocupam os cargos nas empresas, o resultado ficou em 10,71 anos, sendo que o respondente que trabalha há menos tempo na empresa possui 1 ano e o mais antigo exerce o cargo há 42 anos.

De uma forma resumida, a amostra caracteriza-se por possuir um perfil majoritário de grandes empresas respondentes ao questionário, com 250 ou mais funcionários (33% das respostas), com faturação abaixo de um milhão de euros ao final de 2023 (29% das respostas), e com um tempo médio de existência em aproximadamente 25 anos.

Os respondentes em sua maioria foram diretores gerais, presidentes e posições similares, correspondendo a cerca de 59% das respostas, e possuem aproximadamente 10 anos nos seus cargos, em média.

4.2 Avaliação sobre a Logística 4.0

As questões colocadas no inquérito visam avaliar o nível de conhecimento e maturidade de implementação das tecnologias ligadas a Logística 4.0 nas empresas contantes dentro dos parâmetros estabelecidos neste estudo. Desta forma, as perguntas se basearam nos pontos levantados ao longo da pesquisa bibliográfica e visam promover uma comparação, via estatística descritiva, entre as respostas e o enquadramento teórico apresentado.

Seguindo essa estruturação, a parte 3 do inquérito pode ser dividida para análise em seis secções, com foco na obtenção de dados para comparação diante dos seguintes tópicos centrais:

1. Perceção/conhecimento sobre assuntos ligados a Indústria 4.0 e logística 4.0;
2. Nível de implementação de ferramentas da logística 4.0;
3. Fatores facilitadores para implementação da logística 4.0;
4. Principais obstáculos para implementação da logística 4.0;
5. Benefícios alcançados com a implementação da logística 4.0;
6. Critérios para avaliação de fornecedores de tecnologias da logística 4.0.

Os códigos sinalizados nos gráficos foram estabelecidos no seguinte formato (Nº, Nº, letra), onde o primeiro número refere-se a parte do inquérito (parte 3), o segundo número a secção referente aquela parte e a letra referente a questão final daquela secção.

Sendo assim, serão analisados a seguir as respostas relativas aos tópicos centrais apresentados anteriormente.

4.2.1 Percepção/conhecimento sobre assuntos ligados a Indústria 4.0 e Logística 4.0

Para esse tópico foram estabelecidas quatro questões que utilizaram a escala de Likert (5 graus) para obtenção das respostas, sendo o 1 - Discordo Totalmente e o 5 - Concordo Totalmente.

Os gráficos a seguir mostram o perfil das respostas com os correspondentes parâmetros estatísticos.

Inicialmente, foi questionado o conhecimento amplo sobre o conceito de indústria 4.0 (I4.0 ou quarta revolução industrial) (gráfico 8).

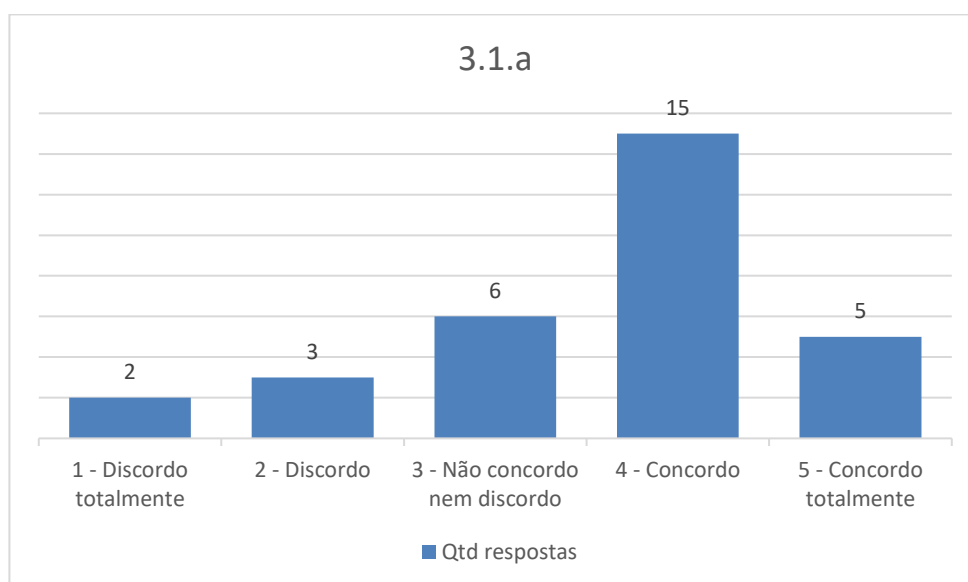


Gráfico 8 – Distribuição do conhecimento amplo sobre o conceito de indústria 4.0

Tabela 2 - Estatísticas do conhecimento amplo sobre o conceito de indústria 4.0

Média	3,58
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,09
Coefficiente de Variação	30%

O gráfico de barras mostra que 80% das respostas se concentraram entre “Concordo” e “Não concordo nem discordo”, essa última sendo o ponto de neutralidade das respostas.

A moda e mediana, juntamente com um CV médio de 30% apontam para uma tendência de concordância das empresas com a questão abordada.

De seguida, perguntou-se ao inquirido se tinha conhecimento se a empresa onde trabalhava já investia ou planeava investir em tecnologias no âmbito da Indústria 4.0 (gráfico 9).

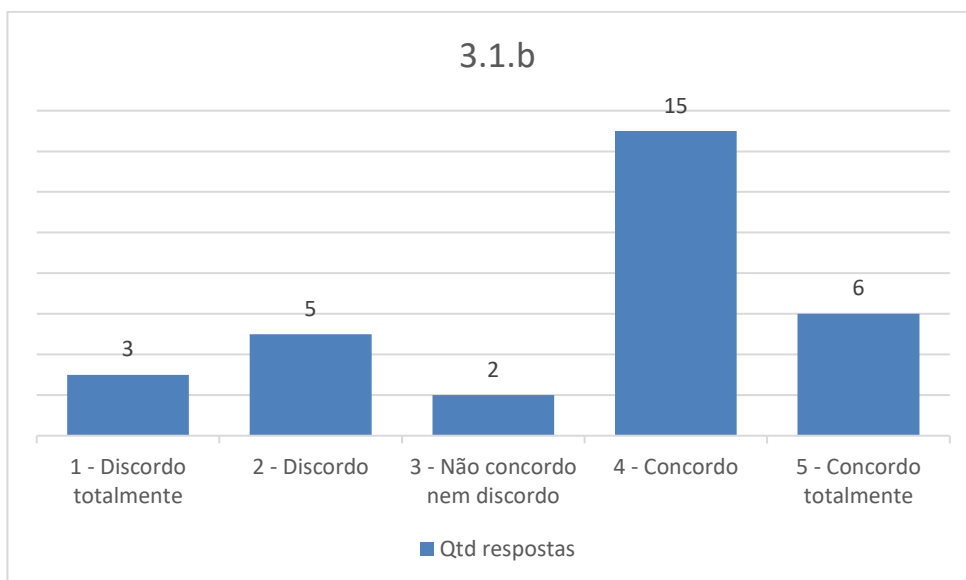


Gráfico 9 - Distribuição da percepção se a empresa onde trabalha investe ou planeia investir em tecnologias no âmbito da I 4.0

Tabela 3 - Estatísticas da percepção se a empresa onde trabalha investe ou planeia investir em tecnologias no âmbito da I 4.0

Média	3,52
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,26
Coefficiente de Variação	36%

Para essa questão, houve uma predominância de repostas com a concordância das empresas. Apesar de haver um CV mais elevado, denotando uma variabilidade maior dos dados, 80% das repostas estiveram entre “Concordo” e “Concordo totalmente”, indicando assim uma tendência neste sentido.

Depois, os inquiridos foram questionados acerca da sua familiaridade com as diversas ferramentas e tecnologias da I4.0 voltadas para a logística (gráfico 10).

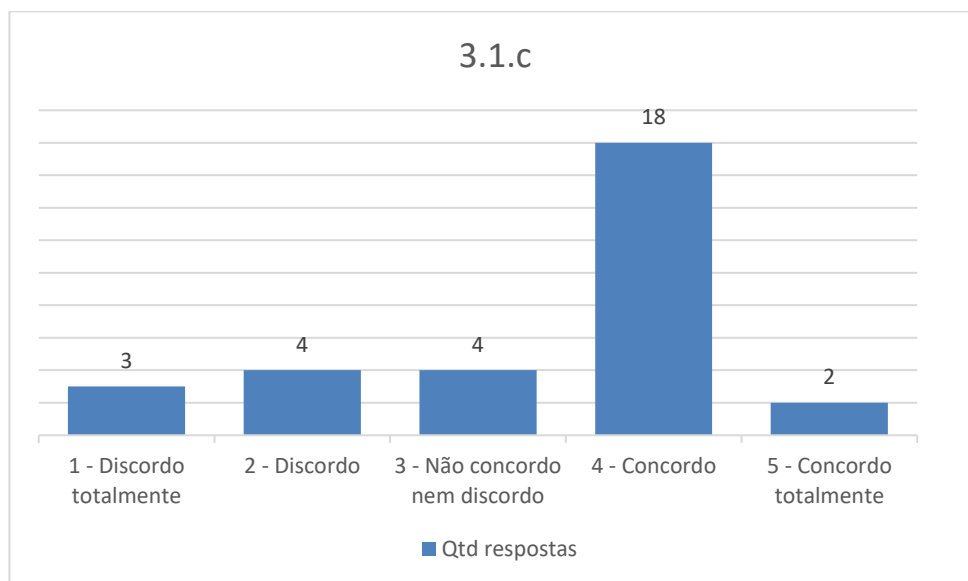


Gráfico 10 - Distribuição da familiaridade com as ferramentas e tecnologias da I 4.0 voltadas para a Logística

Tabela 4 - Estatísticas da familiaridade com as ferramentas e tecnologias da I 4.0 voltadas para a Logística

Média	3,39
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,12
Coefficiente de Variação	33%

As respostas para essa questão apresentaram um coeficiente de variação médio, no valor de 33%, porém nota-se uma tendência clara na concordância em virtude de 58% das respostas terem sido dadas como “Concordo”.

Por último, questionou-se se a empresa já possuía tecnologias da Logística 4.0 implementadas e em funcionamento (gráfico 11).

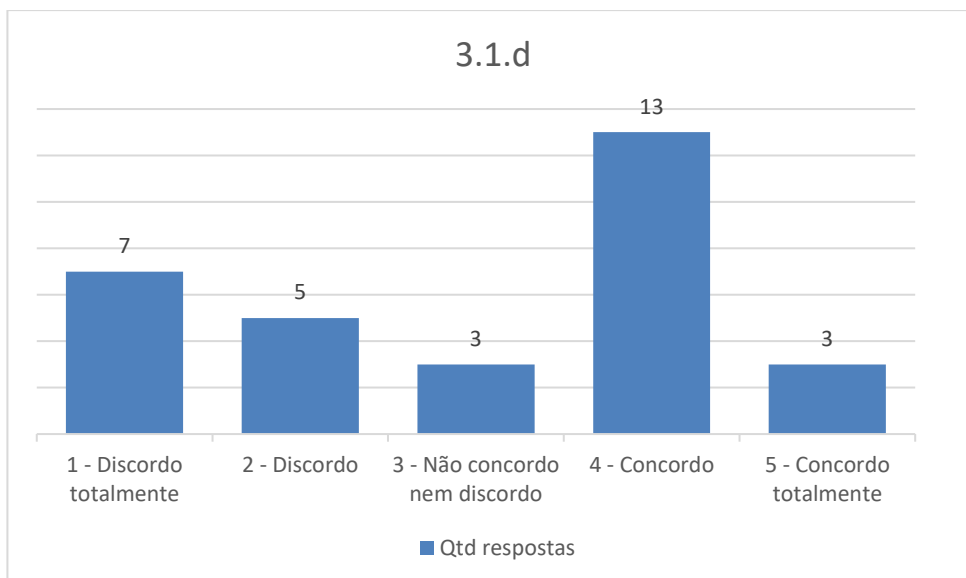


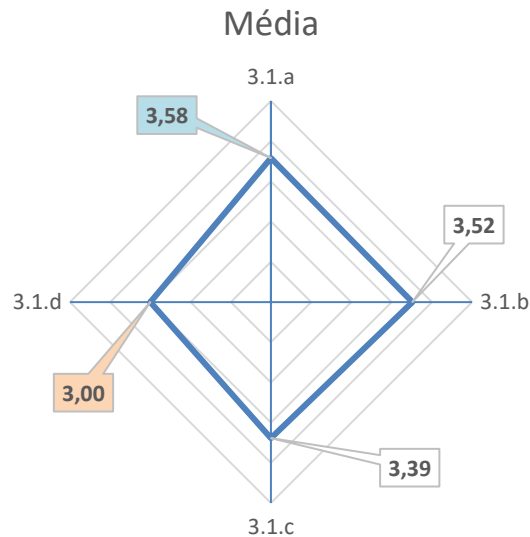
Gráfico 11 – Distribuição da existência de tecnologias da Logística 4.0 implementadas e em funcionamento

Tabela 5 - Estatísticas da existência de tecnologias da Logística 4.0 implementadas e em funcionamento

Média	3,00
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,39
Coefficiente de Variação	46%

Para a questão sobre a implementação de tecnologias da logística 4.0, nota-se uma variabilidade e um desvio padrão alto, indicando uma dispersão grande dos dados e com isso falta de tendência e de unificação da percepção coletiva sobre o tema. Apesar do maior número de respostas ter sido para “Concordo”, a média, moda e mediana mais baixas indicam uma discordância dos respondentes sobre a questão.

O perfil comparativo de respostas para as quatro primeiras questões é demonstrado no gráfico 12 a seguir:



- 3.1.a - Tenho conhecimento amplo sobre o conceito de indústria 4.0 (I4.0 ou quarta revolução industrial)
- 3.1.b - Tenho conhecimento de que a empresa onde trabalho já investiu ou planeia investir em tecnologias no âmbito da Indústria 4.0
- 3.1.c - Estou familiarizado sobre as diversas ferramentas e tecnologias da I4.0 voltadas para a logística
- 3.1.d - A empresa onde trabalho possui atualmente tecnologias da Logística 4.0 implementadas e em funcionamento

Gráfico 12 - Radar da percepção/conhecimento sobre assuntos ligados a Indústria 4.0 e logística 4.0

As questões inicialmente colocadas lidam prioritariamente com a percepção das empresas sobre os temas abordados, sendo assim um tópico mais subjetivo. Mesmo diante disso é possível inferir pelos dados apresentados anteriormente, e corroborado pelo gráfico comparativo de radar, que dois pontos se destacam nessa seção, sendo o primeiro o item 3.1.c, positivamente, em virtude do volume de respostas em concordância e o item 3.1.d, negativamente em virtude da tendência geral em discordância com a questão apresentada.

4.2.2 Nível de implementação das ferramentas da Logística 4.0

Para esse tópico foram estabelecidas 14 questões que utilizaram a escala de Likert de 1 a 3, por serem respostas mais objetivas, para obtenção dos resultados, sendo o 1 - Não implementada e o 3 - Implementada com sucesso.

Inicialmente, foi questionado o nível de implementação dos Sistemas inteligentes de *IoT* (gráfico 13).

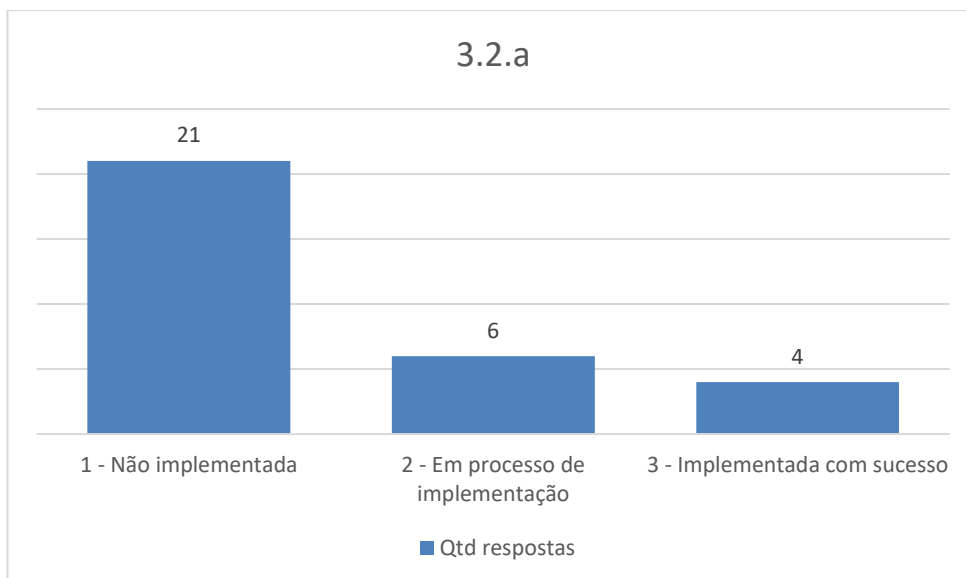


Gráfico 13 - Distribuição do nível de implementação dos Sistemas inteligentes de *IoT*

Tabela 6 - Estatísticas do nível de implementação dos Sistemas inteligentes de *IoT*

Média	1,45
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,72
Coefficiente de Variação	50%

Em relação a análise das respostas ligadas às tecnologias da logística 4.0 colocadas, é importante salientar novamente que foi utilizada uma escala de Likert de 3 níveis, por se tratar de questões que possuem uma resposta mais objetiva. Neste caso, por ser uma escala de menos níveis, o coeficiente de variação tende a ter um retorno com valores mais altos, o que significa que efetivamente se a taxa apresentar valores mais baixos existe uma tendência mais forte ligada as respostas para aquela questão.

Iniciando com a análise da implementação da tecnologia de sistemas inteligentes de *IoT*, o gráfico de barras, juntamente com os valores de Mediana e Média, indicam que a predominância das respostas, vão de encontro a não implementação da referida tecnologia.

De seguida, os inquiridos foram questionados acerca do nível de implementação do *Cloud Computing* (gráfico 14).

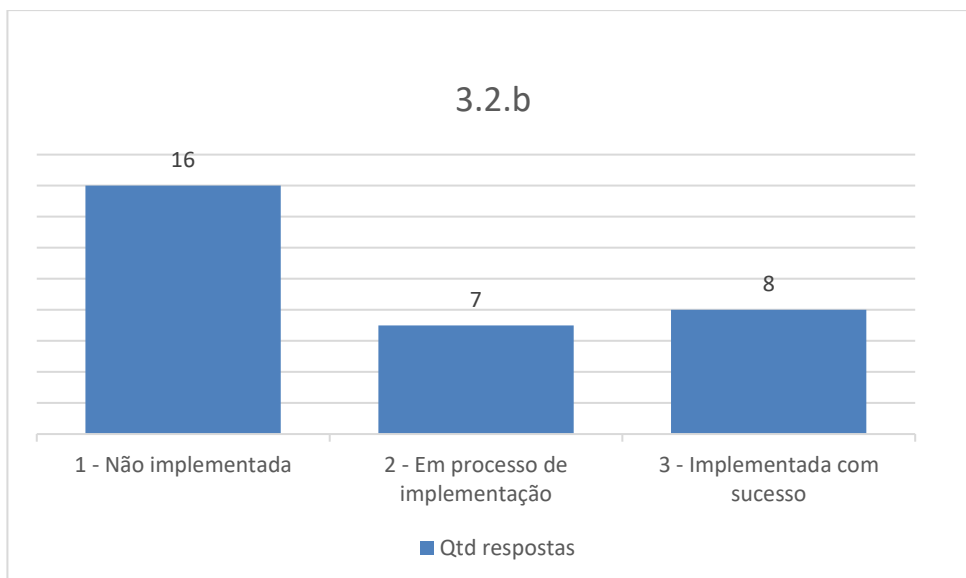


Gráfico 14 - Distribuição do nível de implementação do *Cloud Computing*

Tabela 7 - Estatísticas do nível de implementação do *Cloud Computing*

Média	1,74
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,86
Coefficiente de Variação	49%

Relativamente a implementação do *cloud computing*, o valor da média das respostas está mais próximo do número dois. Isso significa que mesmo que haja predominância das respostas voltadas a não implementação da tecnologia, existe uma indicação mais geral que é um item que já possui algum nível de implementação quando se analisa o conjunto de respostas totais.

Os resultados para o nível de implementação do *Big Data Analysis* apresentam-se seguidamente (gráfico 15).

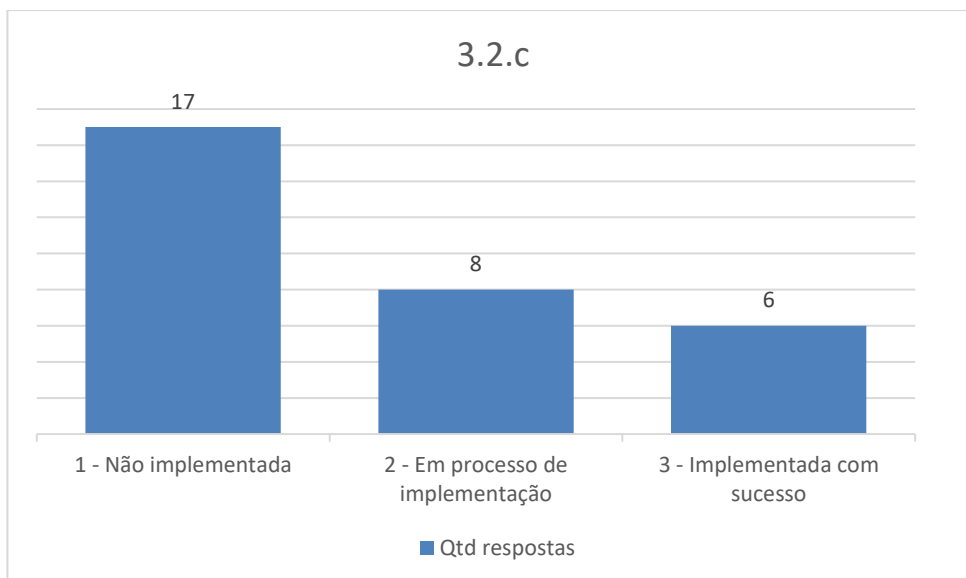


Gráfico 15 - Distribuição do nível de implementação do *Big Data Analysis*

Tabela 8 - Estatísticas do nível de implementação do *Big Data Analysis*

Média	1,65
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,80
Coefficiente de Variação	48%

Muito similar ao item anterior, as respostas para implementação da tecnologia de *Big Data Analysis* indicam que existe uma predominância de empresas que não possuem a tecnologia, porém em virtude da dispersão dos dados também há um indicativo de início de implementação por parte das empresas pesquisadas.

Quanto à questão 3.2.d, relativa ao nível de implementação da Inteligência Artificial, os resultados apresentam-se no gráfico 16 e tabela 10.

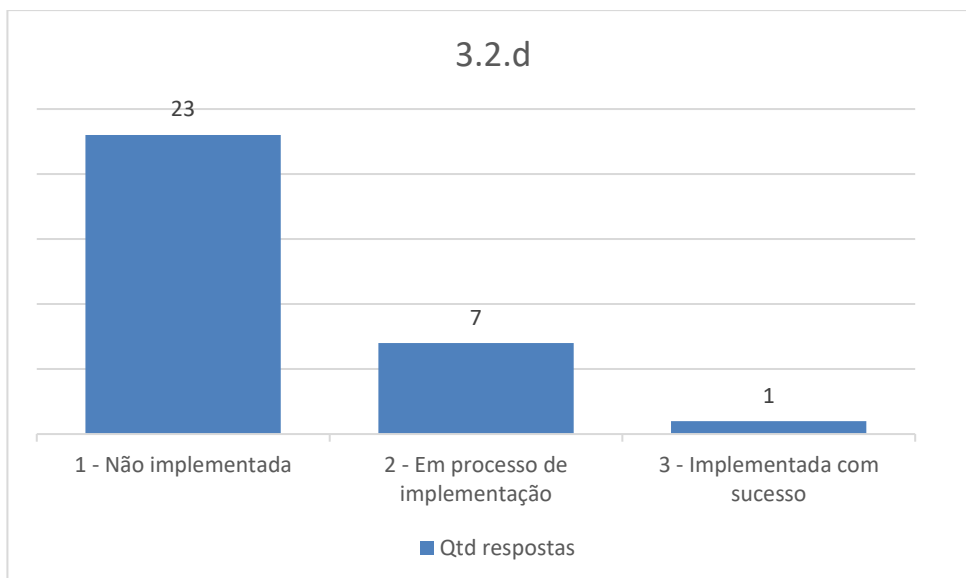


Gráfico 16 - Distribuição do nível de implementação da Inteligência Artificial

Tabela 9 - Estatísticas do nível de implementação da Inteligência Artificial

Média	1,29
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,53
Coefficiente de Variação	41%

A partir das respostas dadas à implementação de sistemas de inteligência artificial, dos dados mostrados no gráfico de barras e na tabela anterior, é possível perceber que existe uma forte predominância e tendência das empresas para a não implementação da referida tecnologia.

Também são apresentados os resultados para o nível de implementação da tecnologia *Blockchain* (gráfico 17).

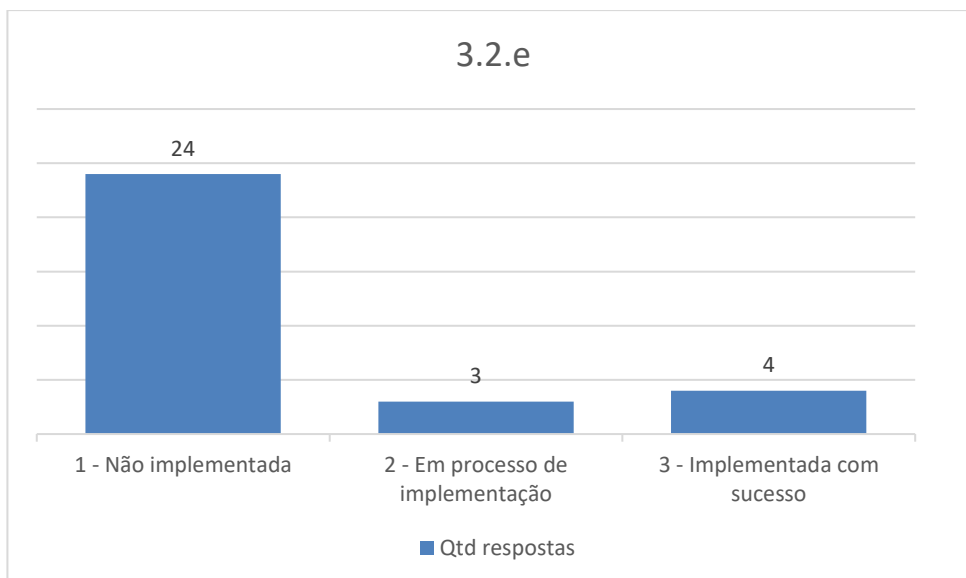


Gráfico 17 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia *Blockchain*

Tabela 10 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia *Blockchain*

Média	1,35
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,71
Coefficiente de Variação	52%

Para a implementação da tecnologia *Blockchain* o gráfico de barras mostra a predominância do conjunto de respostas ligadas a não implementação, demonstrando assim uma tendência forte das empresas para a não adoção desta tecnologia.

Os resultados das respostas ao nível de implementação da tecnologia *Omnichannel* são apresentados abaixo (gráfico 18).

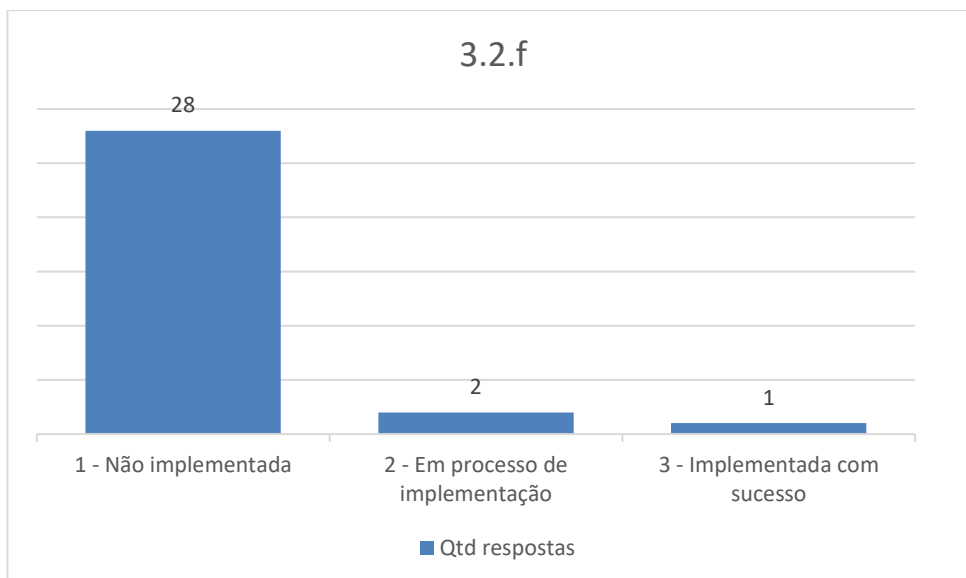


Gráfico 18 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia *Omnichannel*

Tabela 11 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia *Omnichannel*

Média	1,13
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,43
Coefficiente de Variação	38%

Em relação a implementação da tecnologia *Omnichannel*, os dados gráficos e estatísticos são evidentes e apontam para uma tendência forte das empresas no sentido de não implementação da referida tecnologia.

Para o nível de implementação da tecnologia *Voice Picking* os retornaram as seguintes respostas (gráfico 19).

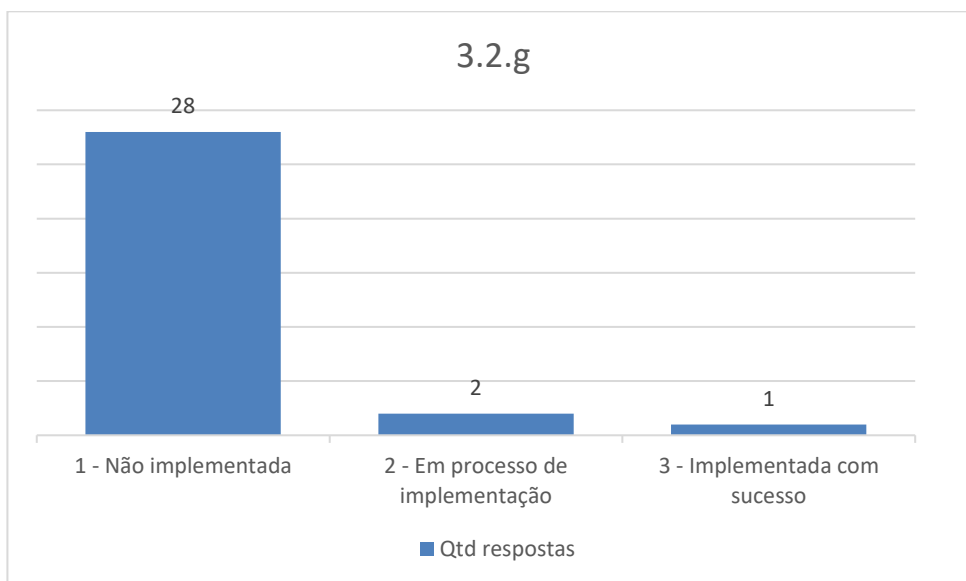


Gráfico 19 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia *Voice Picking*

Tabela 12 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia *Voice Picking*

Média	1,13
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,43
Coefficiente de Variação	38%

Assim como na tecnologia anterior, as respostas para a implementação do *Voice Picking* nas empresas, corroborado pelos dados gráficos e estatísticos, indicam uma forte tendência para a não implementação atualmente desta tecnologia.

A seguir são apresentados os resultados para o nível de implementação da tecnologia *Pick-to-Light* (gráfico 20).

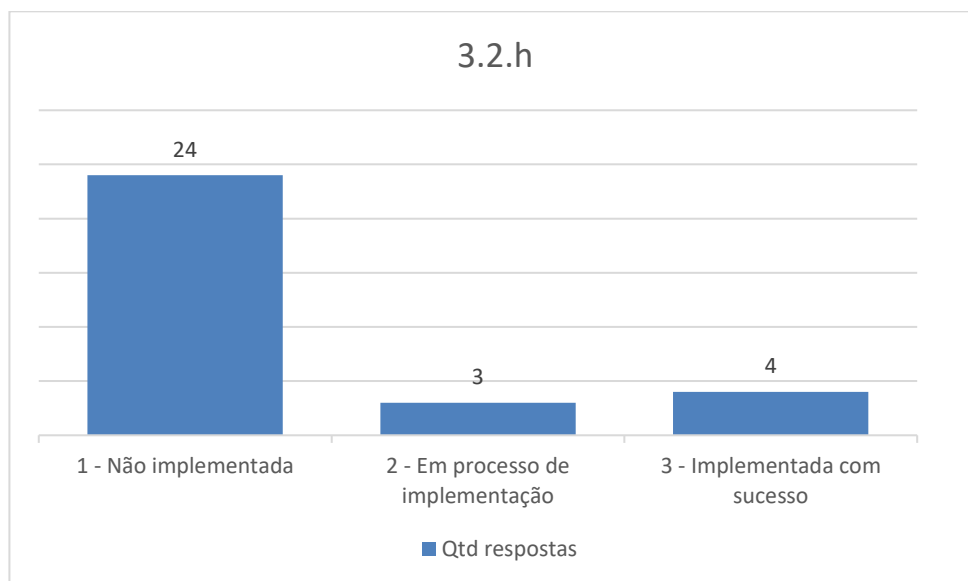


Gráfico 20 – Distribuição do nível de implementação da tecnologia *Pick-to-Light*

Tabela 13 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia *Pick-to-Light*

Média	1,35
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,71
Coefficiente de Variação	52%

A tecnologia de *Pick-to-Light* apresenta uma forte tendência de não implementação pelas empresas respondentes ao inquérito, ainda assim, os valores de dispersão (CV) e a média um pouco descolada do valor 1, indicam que existem empresas que já iniciaram investimento para implementação desta tecnologia.

Os inquiridos também responderam sobre o nível de implementação da tecnologia *Sortation Systems* nas suas empresas (gráfico 21).

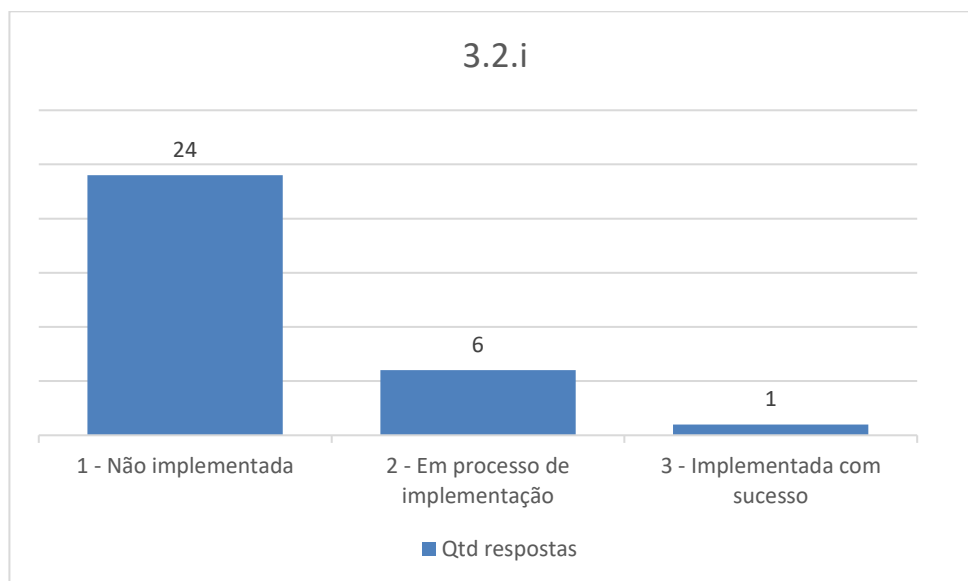


Gráfico 21 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia *Sortation Systems*

Tabela 14 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia *Sortation Systems*

Média	1,26
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,51
Coefficiente de Variação	41%

Em sua grande maioria, as empresas inquiridas revelaram tendência de não implementação atual da tecnologia de *Sortation Systems*. Isso mesmo é evidenciado nos resultados acima, nos quais é possível constatar que cerca de 77% de respostas vão no sentido da não implementação. Ainda assim, pode-se notar que já existe um movimento de implementação em quase 20% das empresas.

Em relação ao nível de implementação da tecnologia de AGVs os resultados foram os seguintes (gráfico 22).

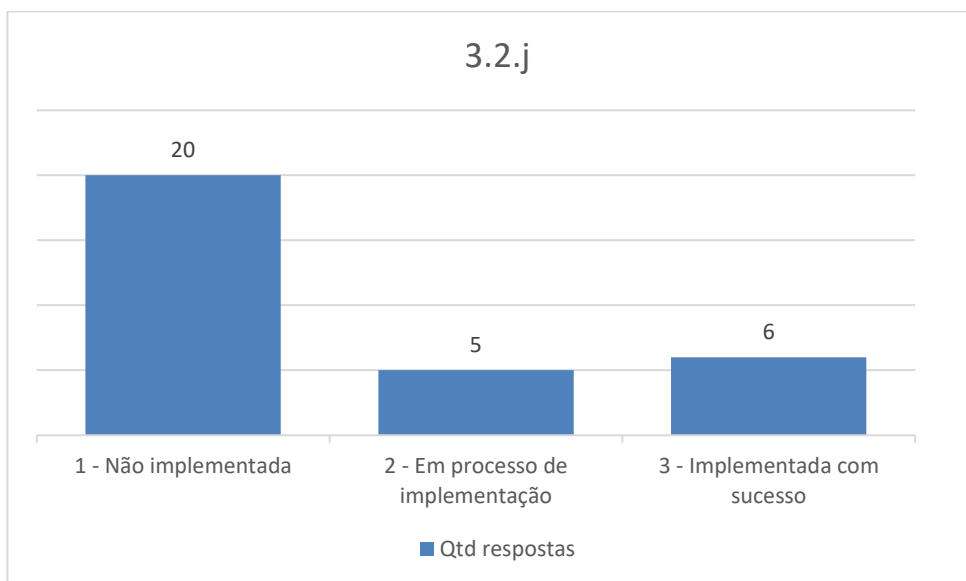


Gráfico 22 – Distribuição do nível de implementação da tecnologia de AGVs

Tabela 15 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia de AGVs

Média	1,55
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,81
Coefficiente de Variação	52%

O Coeficiente de variação apresentou um valor de 52% o que, juntamente com o valor de média 1,55, indica que já existe uma tendência inicial na implementação dessa tecnologia nas empresas, mesmo que haja na sua maioria (65%) um indicativo da não implementação atual.

Também foi questionado o nível de implementação da tecnologia *Warehouse Management System* nas empresas dos inquiridos (gráfico 23).

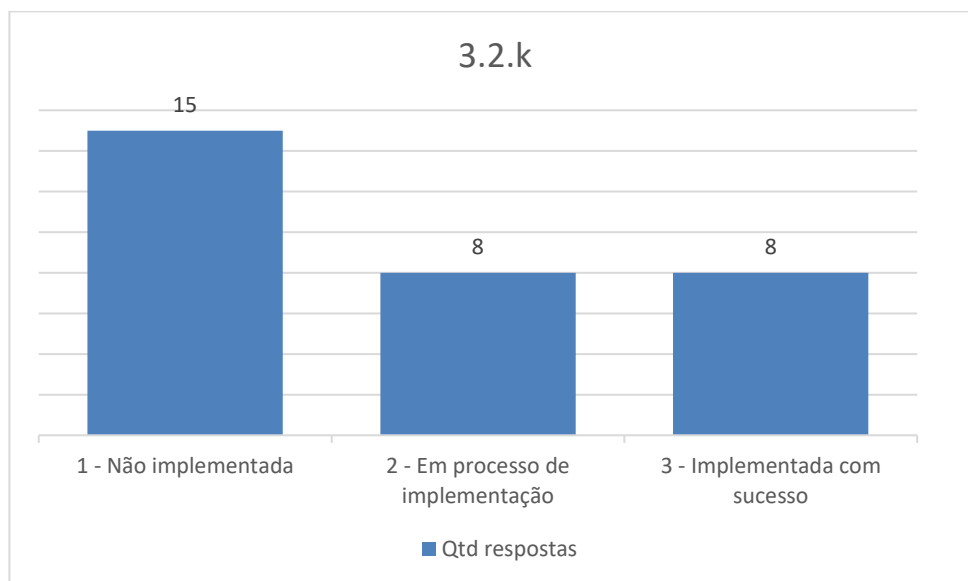


Gráfico 23 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia WMS

Tabela 16 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia WMS

Média	1,77
Mediana	2,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,84
Coefficiente de Variação	48%

Esta é a tecnologia que apresentou maior índice de implementação segundo as respostas dos inquiridos. Mais de 50% das respostas foram para em processo de implementação ou implementada com sucesso. O valor da Mediana 2 e a média mais próxima também deste valor indicam uma tendência crescente de implementação do WMS, mesmo que ainda haja uma predominância de respostas no sentido de não terem ainda a tecnologia implementada.

Os resultados para a questão 3.2.i, relativa ao nível de implementação da tecnologia E-Kanban, são apresentados a seguir (gráfico 24).

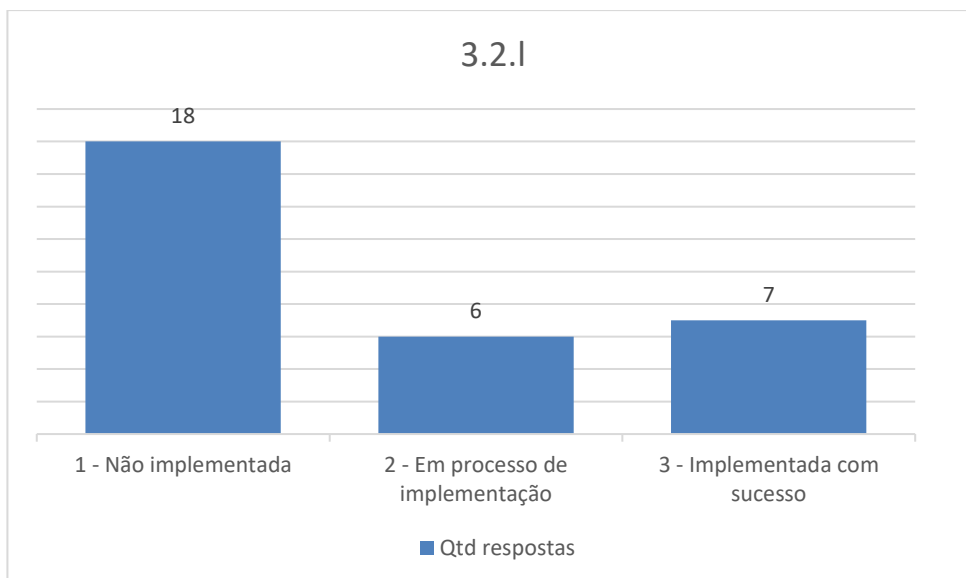


Gráfico 24 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia E-Kanban

Tabela 17 – Estatísticas do nível de implementação da tecnologia E-Kanban

Média	1,65
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,84
Coefficiente de Variação	51%

As respostas à implementação do E-Kanban mostram que mais de metade das empresas inquiridas (58%) não possuem atualmente a tecnologia implementada. Porém, os dados gráficos e estatísticos indicam já haver uma tendência de implementação nas empresas.

Os inquiridos também responderam sobre o nível de implementação da tecnologia de Realidade aumentada ou virtual (gráfico 25).

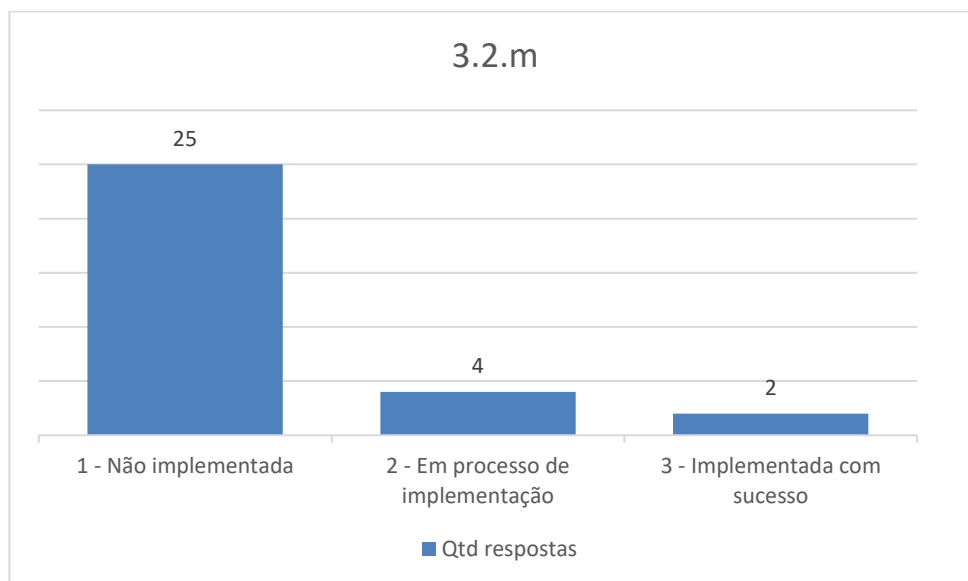


Gráfico 25 - Distribuição do nível de implementação da tecnologia de Realidade aumentada ou virtual

Tabela 18 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia de Realidade aumentada ou virtual

Média	1,26
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,58
Coefficiente de Variação	46%

A tendência forte diante dos dados obtidos para essa tecnologia é com relação a não implementação atual da Realidade aumentada ou virtual; 81% dos respondentes retornaram a resposta como não implementada.

Por fim, em relação ao nível de implementação de tecnologias da L 4.0, as respostas para a tecnologia *RFID* seguem abaixo (gráfico 26).

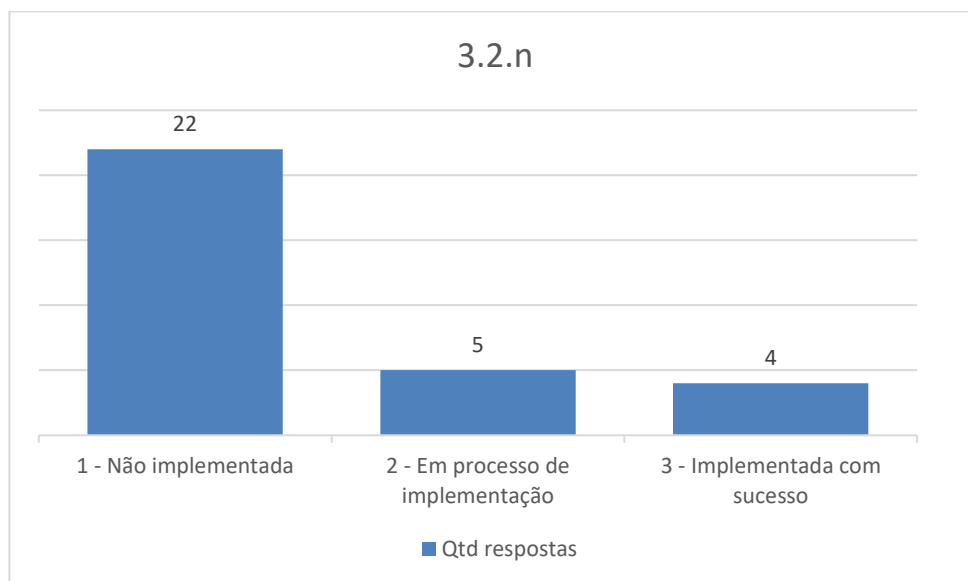


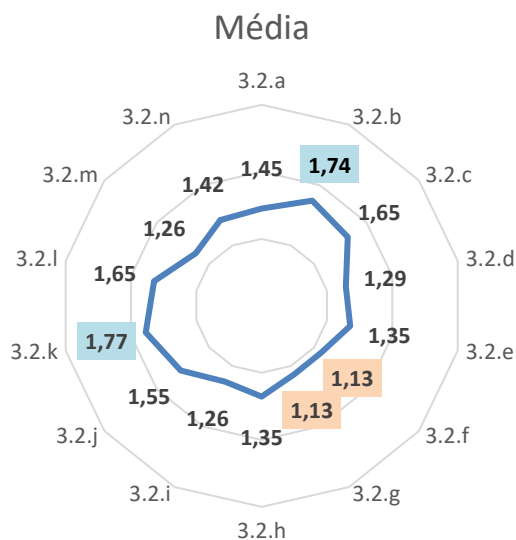
Gráfico 26 – Distribuição do nível de implementação da tecnologia RFID

Tabela 19 - Estatísticas do nível de implementação da tecnologia RFID

Média	1,42
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,72
Coefficiente de Variação	51%

Seguindo o padrão das tecnologias apresentadas anteriormente, a implementação do *RFID* nas empresas apresentou tendência negativa, ou seja, com a maioria das respostas (71%) . Ainda assim, a média próxima de 1,5 (centro), indica que já existe um nível de investimento das empresas para a adesão a essa tecnologia.

O perfil comparativo de respostas para as questões ligadas às tecnologias da logística 4.0 é demonstrado no gráfico de radar apresentado seguidamente.



- 3.2.a - Sistemas inteligentes de IoT
- 3.2.b - *Cloud Computing*
- 3.2.c - *Big Data Analysis*
- 3.2.d - Inteligência Artificial
- 3.2.e - *Blockchain*
- 3.2.f - *Omnichannel*
- 3.2.g - *Voice Picking*
- 3.2.h - *Pick-to-Light*
- 3.2.i - *Sortation Systems*
- 3.2.j - AGVs
- 3.2.k - *Warehouse Management System*
- 3.2.l - E-Kanban
- 3.2.m - Realidade aumentada ou virtual

Gráfico 27 - Radar nível de implementação das ferramentas da Logística 4.0

A partir dos gráficos apresentados para cada tipo de tecnologia e do gráfico comparativo de radar, é possível observar que duas tecnologias se destacam com um índice de implementação maior, que são a *Cloud Computing* (3.2.b) e a *Warehouse Management System* (3.2.k).

Ainda assim, os resultados mostram que a maioria das empresas respondentes não possuem essas tecnologias implementadas atualmente, mas que existe uma tendência maior para esses dois itens.

Por outro lado, as tecnologias que apresentaram menores resultados quanto a sua implementação atual nas empresas inquiridas foram a *Omnichannel* (3.2.f) e *Voice Picking* (3.2.g).

4.2.3 Fatores facilitadores para a implementação da Logística 4.0

Neste tópico foram estabelecidas 4 questões que utilizaram a escala de Likert (5 graus) para obtenção das respostas, sendo o 1 - Discordo Totalmente e o 5 - Concordo Totalmente.

A primeira questão apresentada foi em relação à Qualificação dos Recursos Humanos como fator facilitador (gráfico 28).

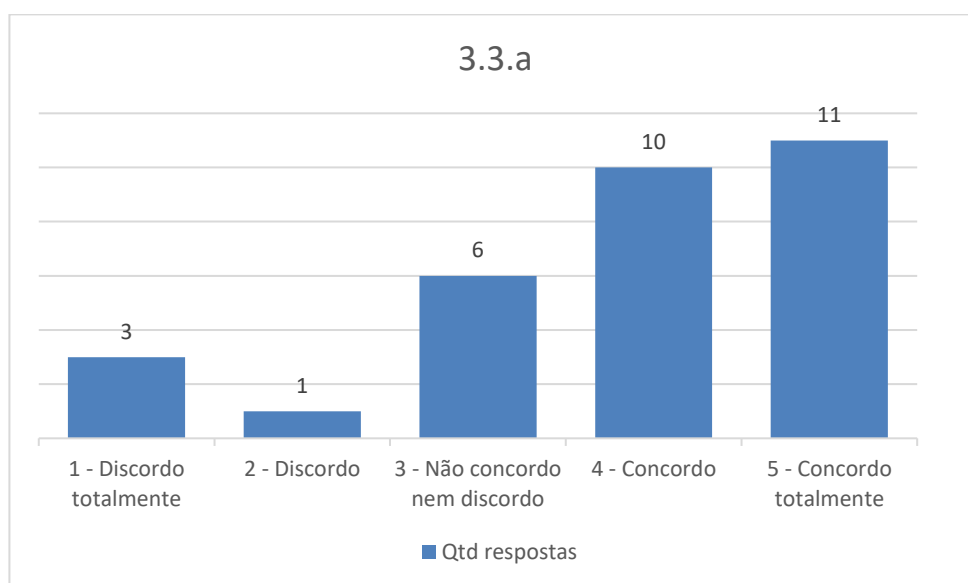


Gráfico 28 - Distribuição fator facilitador – Qualificação dos RH

Tabela 20 - Estatísticas fator facilitador – Qualificação dos RH

Média	3,81
Mediana	4,00
Moda	5,00
Desvio Padrão	1,25
Coefficiente de Variação	33%

A qualificação dos recursos humanos foi apontada por 68% das respostas como sendo um fator facilitador para a implementação da logística 4.0. Os dados apresentaram um fator de dispersão médio de 33%, ainda assim nota-se uma tendência positiva na concordância das empresas com a questão .

Outro fator facilitador colocado aos inquiridos foi a existência de um departamento de Logística (gráfico 29).

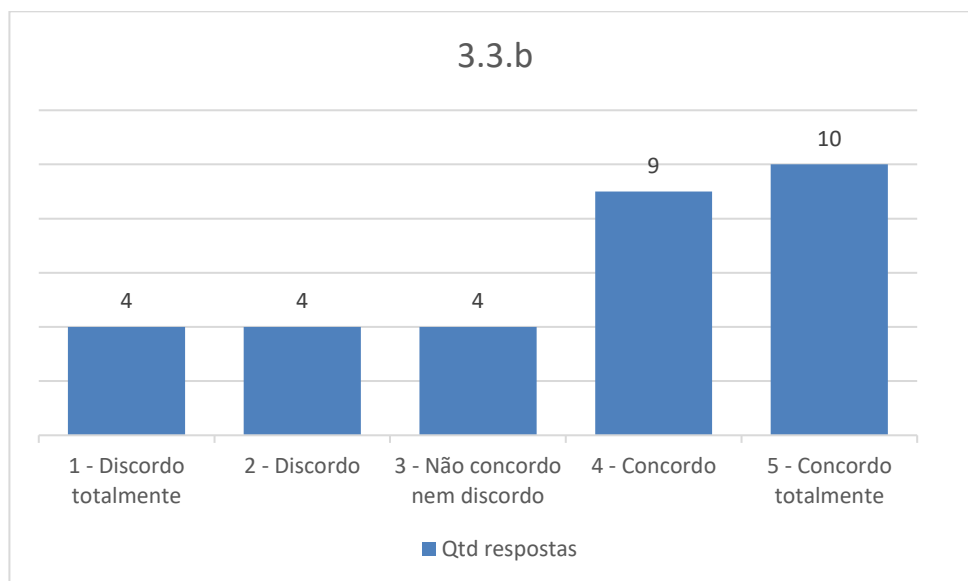


Gráfico 29 - Distribuição fator facilitador – Existência de departamento de logística

Tabela 21 - Estatísticas fator facilitador – Existência de departamento de logística

Média	3,55
Mediana	4,00
Moda	5,00
Desvio Padrão	1,41
Coefficiente de Variação	40%

No caso da existência de um setor de logística como fator facilitador para a implementação da Logística 4.0, pode parecer antagônico, mas diante do retorno dos dados, com coeficiente de variação alto, por mais que a maioria tenha respondido como concordo totalmente ou concordo, não parece haver um consenso dentro dos respondentes à concordância do exposto.

Foi também aos inquiridos sobre a existência de parcerias com instituições de ensino superior fator facilitador para a implementação da logística 4.0 (gráfico 30).

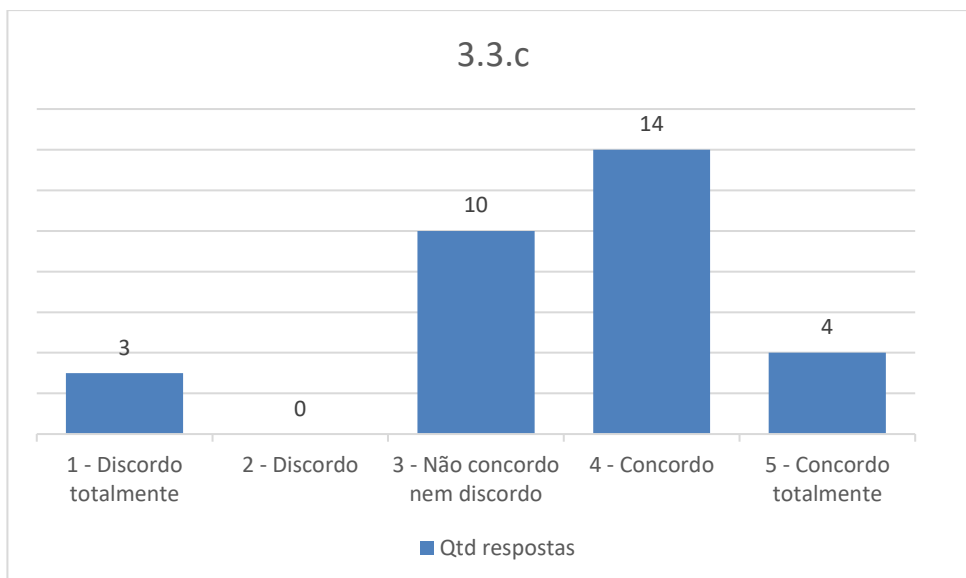


Gráfico 30 - Distribuição fator facilitador – Existência de parcerias com instituições de ensino superior

Tabela 22 - Estatísticas fator facilitador – Existência de parcerias com instituições de ensino superior

Média	3,52
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,06
Coefficiente de Variação	30%

Apesar de ter havido uma grande incidência de respostas à neutralidade nesta questão (32% responderam como não concordo nem discordo), os dados gráficos e estatísticos apontam para uma tendência geral de concordância a respeito da existência de parcerias com instituições de ensino como fator facilitador.

Por fim a questão 3.3.d questionou inquirido sobre a existência de parceiros (clientes, fornecedores, distribuidores) na cadeia de valor que já utilizem tecnologias da Logística 4.0 como fator facilitador (gráfico 31).

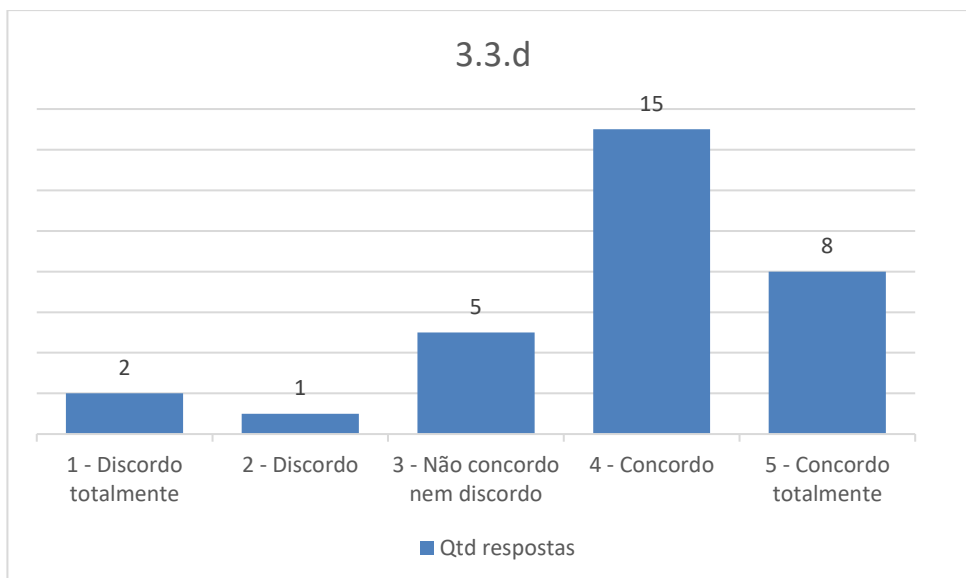


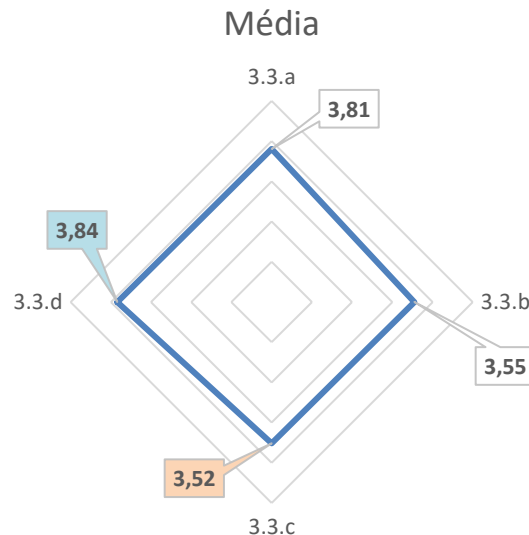
Gráfico 31 - Distribuição fator facilitador – Existência de parceiros que já utilizem tecnologias da L4.0

Tabela 23 - Estatísticas fator facilitador – Existência de parceiros que já utilizem tecnologias da L4.0

Média	3,84
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,07
Coefficiente de Variação	28%

O fator existência de parceiros que já utilizem tecnologias ligadas a logística 4.0 foi apontado pela maioria das empresas como determinante facilitador para a implementação logística 4.0. Os dados apontaram uma variabilidade baixa e uma concentração elevada nas respostas positivas, apontando assim uma tendência na concordância pelo tema junto as empresas.

O perfil comparativo de respostas para as questões ligadas aos fatores facilitadores para a implementação da Logística 4.0 é demonstrado no gráfico de radar a seguir:



3.3.a - Qualificação dos Recursos Humanos

3.3.b - Existência de um departamento de logística

3.3.c - Existência de parcerias com instituições de ensino superior

3.3.d - Existência de parceiros (clientes, fornecedores, distribuidores) na cadeia de valor que já utilizem tecnologias da Logística 4.0

Gráfico 32 - Radar fatores facilitadores para a implementação da Logística 4.0

Relativamente aos fatores facilitadores para implementação da logística 4.0, dois itens tiveram uma tendência maior na concordância pelas empresas inquiridas, sendo eles a qualificação dos recursos humanos (3.3.a) e a existência de parceiros (clientes, fornecedores, distribuidores) na cadeia de valor que já utilizem tecnologias da Logística 4.0 (3.3.d) conforme pode ser observado no gráfico de radar.

4.2.4 Obstáculos encontrados na implementação das tecnologias da Logística 4.0

Neste tópico foram estabelecidas 7 questões que utilizaram a escala de Likert (5 graus) para obtenção das respostas, sendo o 1 - Discordo Totalmente e o 5 - Concordo Totalmente.

Os resultados a seguir mostram as respostas dos inquiridos com relação a falta de compatibilidade de sistemas informáticos como obstáculo encontrado para a implementação das tecnologias da L4.0 (gráfico 33).

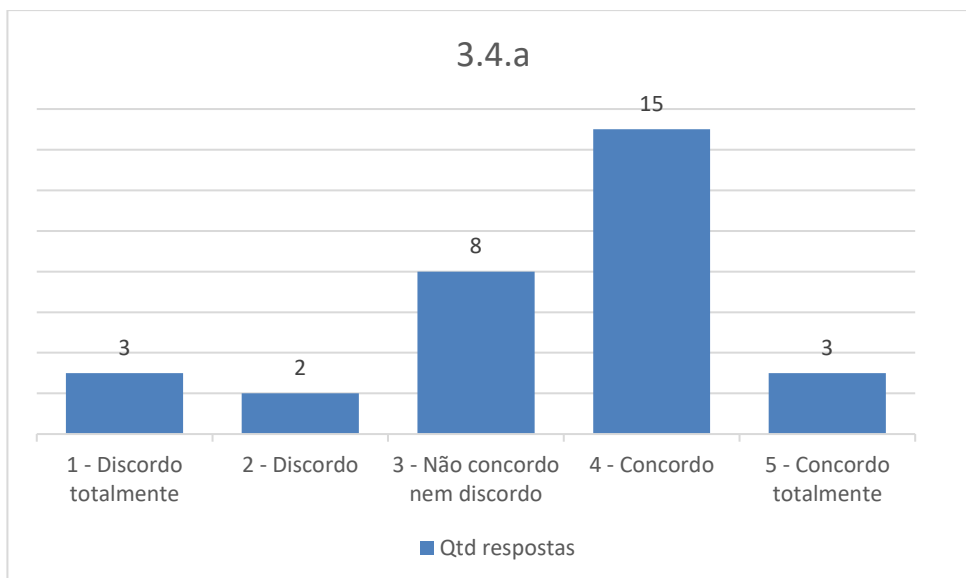


Gráfico 33 - Distribuição obstáculo encontrado – Falta de compatibilidade de sistemas informáticos

Tabela 24 - Estatísticas obstáculo encontrado – Falta de compatibilidade de sistemas informáticos

Média	3,42
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,09
Coefficiente de Variação	32%

Os dados apontaram a concordância das empresas quanto a falta de compatibilidade de sistemas informáticos ser uma barreira para a implementação da logística 4.0. Houve incidência de respostas neutras (não concordo nem discordo) em 26% das empresas, e CV médio, apontando assim a uma tendência média de concordância com a questão.

A dificuldade na migração e transferência de dados foi colocada aos inquiridos como obstáculo encontrado e os resultados são apresentados a seguir (gráfico 34).

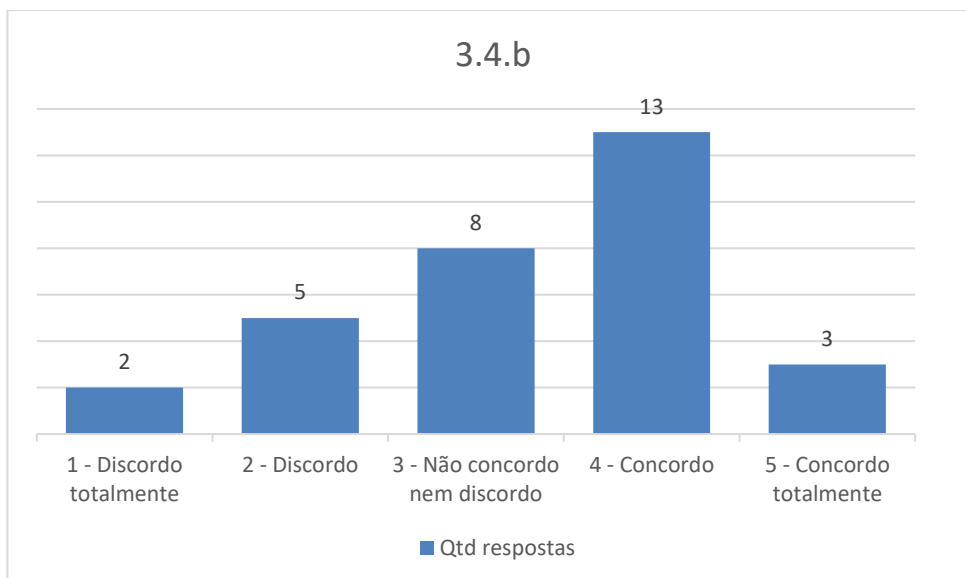


Gráfico 34 - Distribuição obstáculo encontrado – Dificuldade na migração e transferência de dados

Tabela 25 - Estatísticas obstáculo encontrado – Dificuldade na migração e transferência de dados

Média	3,32
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,08
Coefficiente de Variação	32%

As respostas para a dificuldade na migração e transferência de dados como barreira para a implementação de tecnologias associadas à logística 4.0 apresentaram uma tendência a neutralidade. Apesar da maioria das respostas (42%) ter sido para Concordo, a média mais baixa e uma dispersão maior dos dados (CV) apontam para uma tendência baixa relativa a concordância com a questão.

Outra questão colocada como obstáculo encontrado foi a resistência à mudança por parte dos utilizadores (gráfico 35).

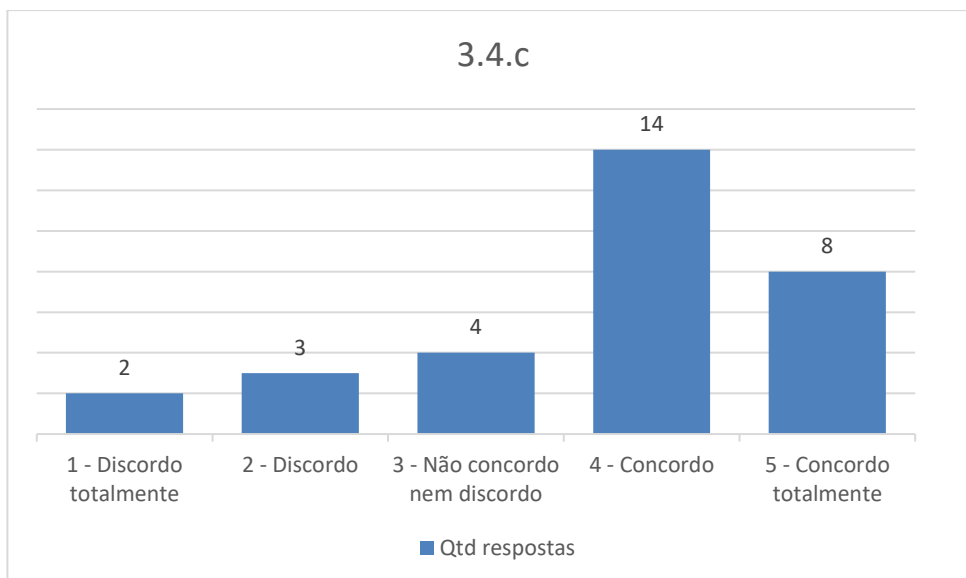


Gráfico 35 - Distribuição obstáculo encontrado – Resistência a mudança por parte dos utilizadores

Tabela 26 - Estatísticas obstáculo encontrado – Resistência a mudança por parte dos utilizadores

Média	3,74
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,15
Coefficiente de Variação	31%

Apesar da variabilidade das respostas ser de nível médio, os dados mostram uma tendência das empresas em concordar em que a resistência à mudança por parte dos utilizadores é uma potencial barreira a implementação da logística 4.0.

Os resultados da questão 3.4.d - Custo e complexidade da implementação como obstáculo a implementação, são apresentados abaixo (gráfico 36).

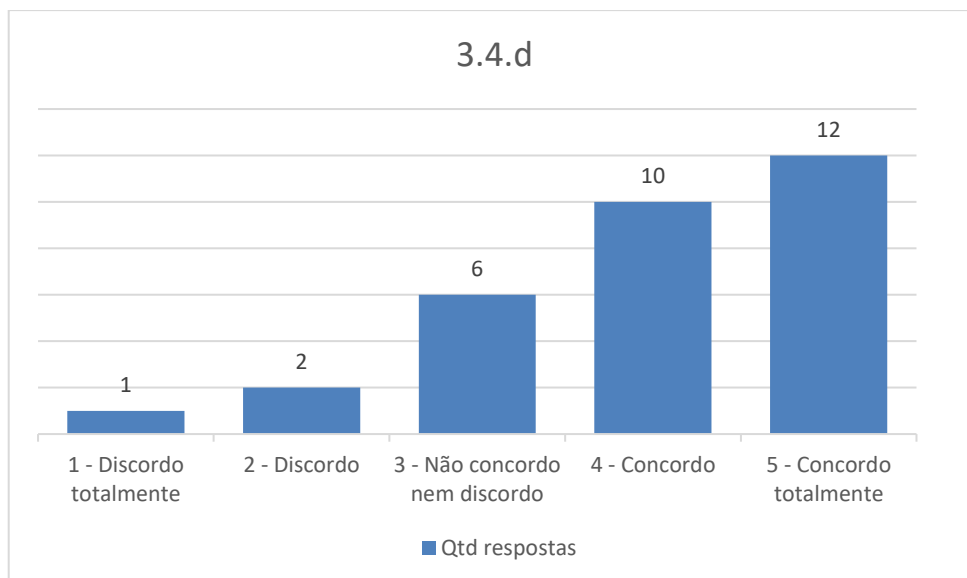


Gráfico 36 – Distribuição obstáculo encontrado – Custo e complexidade de implementação

Tabela 27 - Estatísticas obstáculo encontrado – Custo e complexidade de implementação

Média	3,97
Mediana	4,00
Moda	5,00
Desvio Padrão	1,08
Coefficiente de Variação	27%

Para essa questão, os dados gráficos e estatísticos (média de 3,97 e CV de 27%) apontam para uma tendência geral em concordância com o tema, com cerca de 71% das respostas sendo para concordo totalmente e concordo.

A elevada burocracia e regulamentações foi colocada aos inquiridos como sendo um obstáculo encontrado e o perfil das respostas encontra-se a seguir (gráfico 37).

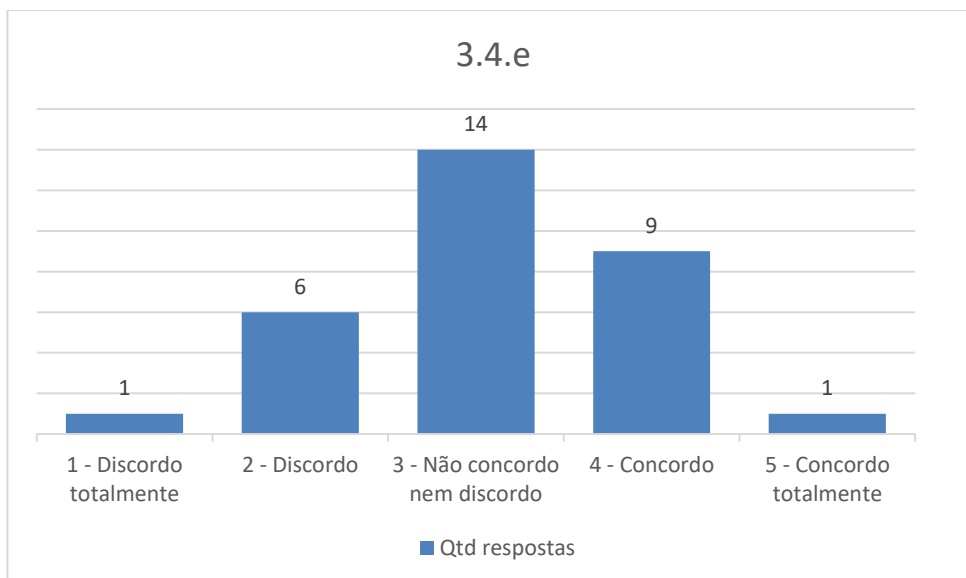


Gráfico 37 - Distribuição obstáculo encontrado – Elevada burocracia e regulamentações

Tabela 28 - Estatísticas obstáculo encontrado – Elevada burocracia e regulamentações

Média	3,10
Mediana	3,00
Moda	3,00
Desvio Padrão	0,87
Coefficiente de Variação	28%

A elevada burocracia e regulamentações apresentou uma tendência neutra na concordância por parte das empresas, como sendo um fator barreira para a implementação da logística 4.0. A maior parte dos inquiridos retornou como resposta o não concordo nem discordo, o que denota não haver uma percepção de que esse seja um fator determinante.

Também foi questionado se os inquiridos consideram a dificuldade de acesso a financiamento como obstáculo relevante (gráfico 38).

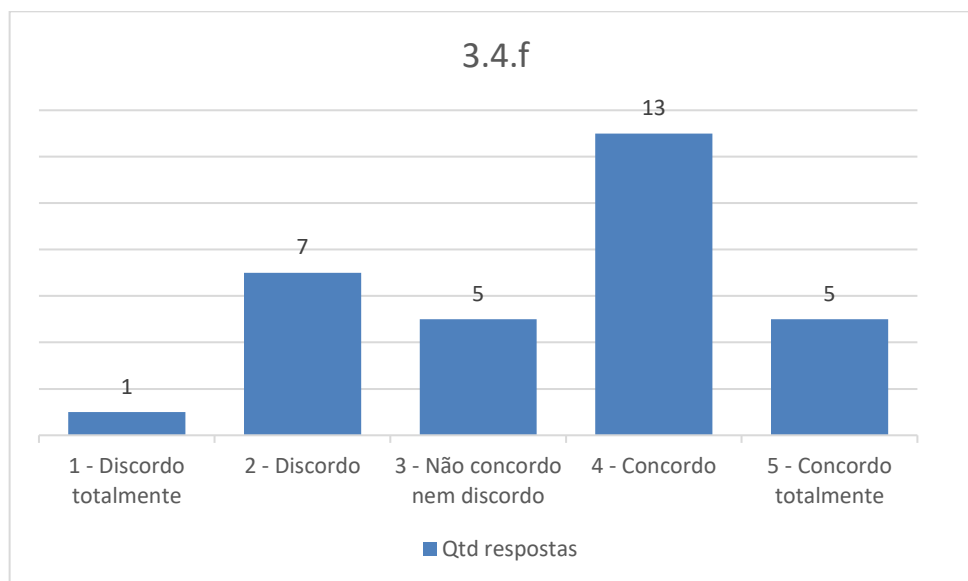


Gráfico 38 - Distribuição obstáculo encontrado – Dificuldade de acesso a financiamento

Tabela 29 - Estatísticas obstáculo encontrado – Dificuldade de acesso a financiamento

Média	3,45
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,12
Coefficiente de Variação	32%

A maioria das empresas (42%) apontou que concorda que esse fator é uma barreira para a implementação de tecnologias associadas à logística 4.0. Ainda assim, os dados gráficos e estatísticos (média mais central e coeficiente de variação mais elevado) mostram não haver um consenso dos respondentes quanto a concordância geral da questão.

Por fim, as respostas para a escassez de mão de obra qualificada como obstáculo encontrado são mostradas abaixo (gráfico 39).

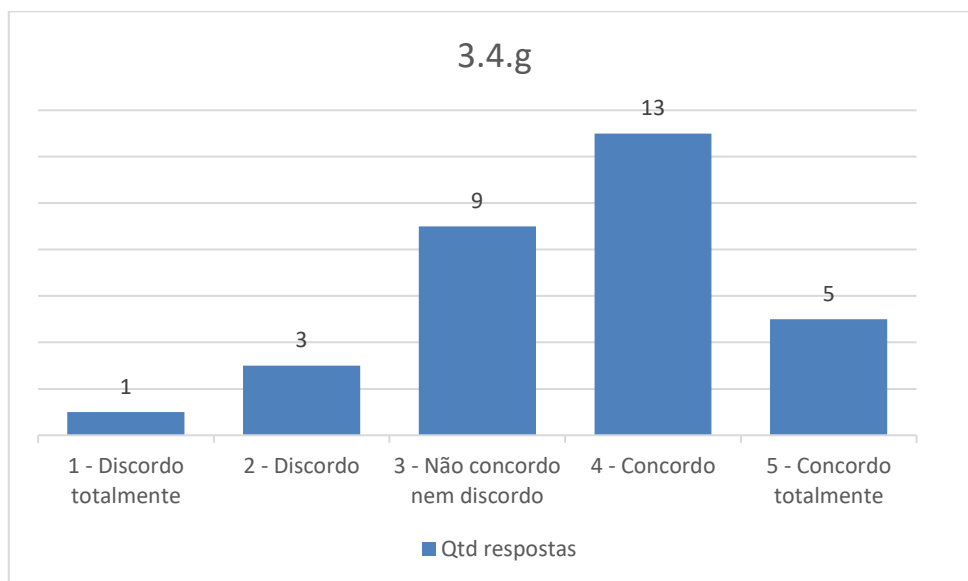


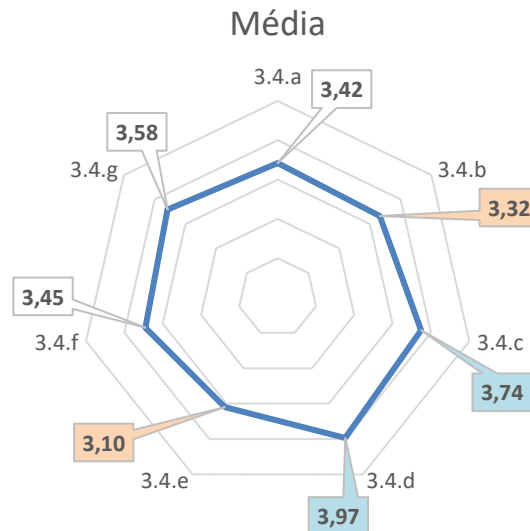
Gráfico 39 - Distribuição obstáculo encontrado – Escassez de mão de obra qualificada

Tabela 30 - Estatísticas obstáculo encontrado – Escassez de mão de obra qualificada

Média	3,58
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	0,99
Coefficiente de Variação	28%

A escassez de mão de obra qualificada apresentou no geral uma tendência média e concordância com a questão, ou seja, foi apontada como sendo uma barreira para a implementação da logística 4.0, segundo as respostas das empresas inquiridas.

O perfil comparativo de respostas para as questões ligadas aos principais obstáculos encontrados na implementação das tecnologias da Logística 4.0 é demonstrado no gráfico de radar a seguir:



- 3.4.a - Falta de compatibilidade de sistemas informáticos
- 3.4.b - Dificuldade na migração e transferência de dados
- 3.4.c - Resistência à mudança por parte dos utilizadores
- 3.4.d - Custo e complexidade da implementação
- 3.4.e - Elevada burocracia e regulamentações
- 3.4.f - Dificuldade de acesso a financiamento
- 3.4.g - Escassez de mão de obra qualificada

Gráfico 40 - Radar obstáculos encontrados na implementação das tecnologias da Logística 4.0

Segundo o gráfico comparativo de radar, os pontos de maior concordância por parte das empresas, como sendo fatores barreira para a implementação da logística 4.0 foram a resistência à mudança por parte dos utilizadores (3.4.c) e custo e complexidade da implementação (3.4.d).

Em contrapartida, segundo os gráficos e análises os fatores considerados menos críticos como barreira para implementação são a dificuldade na migração e transferência de dados (3.4.b) e a elevada burocracia e regulamentações (3.4.e).

Neste tópico foram estabelecidas 9 questões que utilizaram a escala de Likert (5 graus) para obtenção das respostas, sendo o 1 Discordo Totalmente e o 5 Concordo Totalmente.

4.2.5 Benefícios a alcançar com a implementação da Logística

4.0

O primeiro ponto questionado foi em relação a “maior eficiência operacional” ser um benefício expectável para os inquiridos (gráfico 41).

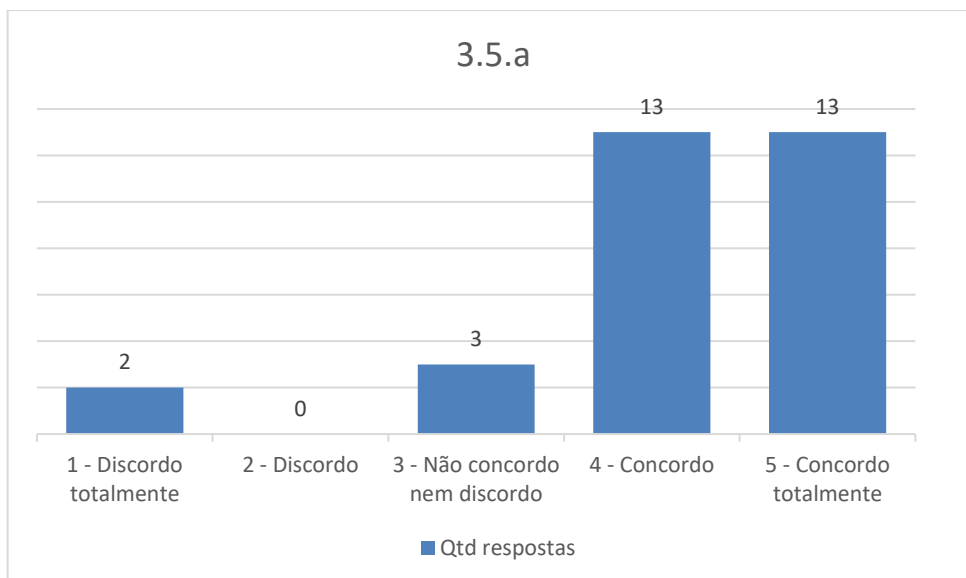


Gráfico 41 – Distribuição benefício a alcançar - Maior eficiência operacional

Tabela 31 - Estatísticas benefício a alcançar - Maior eficiência operacional

Média	4,13
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,06
Coefficiente de Variação	26%

O retorno de respostas à questão apresentou uma elevada tendência de concordância das empresas quanto a maior eficiência operacional como benefício na implementação da logística 4.0. Isso mesmo pode ser evidenciado através da média acima de 4, com uma grande incidência de respostas entre concordo e concordo totalmente e menor variabilidade dos dados (CV).

Outro ponto questionado como sendo um benefício a ser alcançado com a implementação da logística 4.0 foi a redução de custos logísticos (gráfico 42).

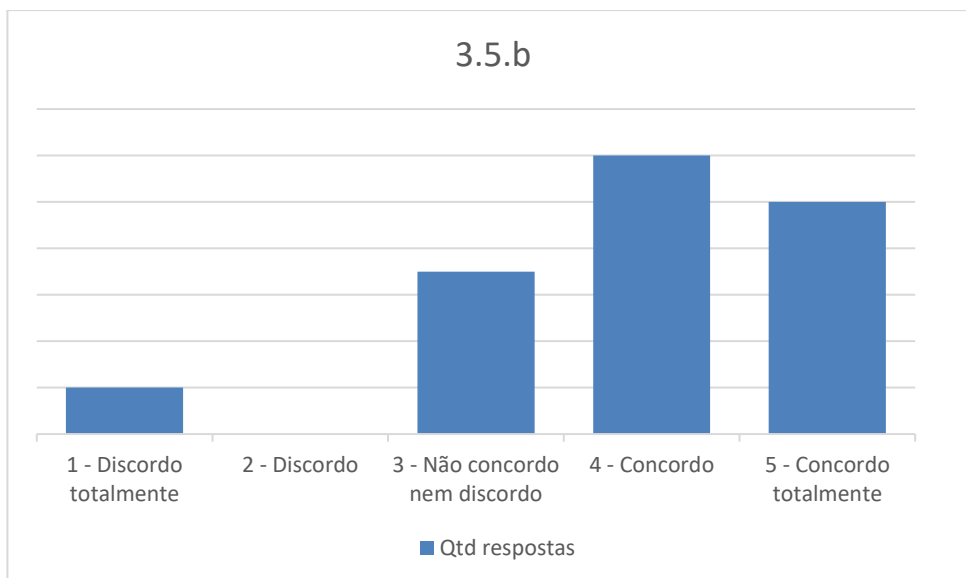


Gráfico 42 - Distribuição benefício a alcançar - redução de custos logísticos

Tabela 32 - Estatísticas benefício a alcançar - redução de custos logísticos

Média	3,90
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,08
Coefficiente de Variação	28%

A redução de custos logísticos como benefício em virtude da implementação da logística 4.0 também aparece com uma tendência de concordância das empresas respondentes. Apesar da média estar abaixo de 4, as duas principais respostas positivas, concordo e concordo totalmente, apresentam 71% das escolhas pelas empresas respondentes.

A melhoria na experiência do cliente também foi outra questão colocada como possível benefício a ser alcançado (gráfico 43).

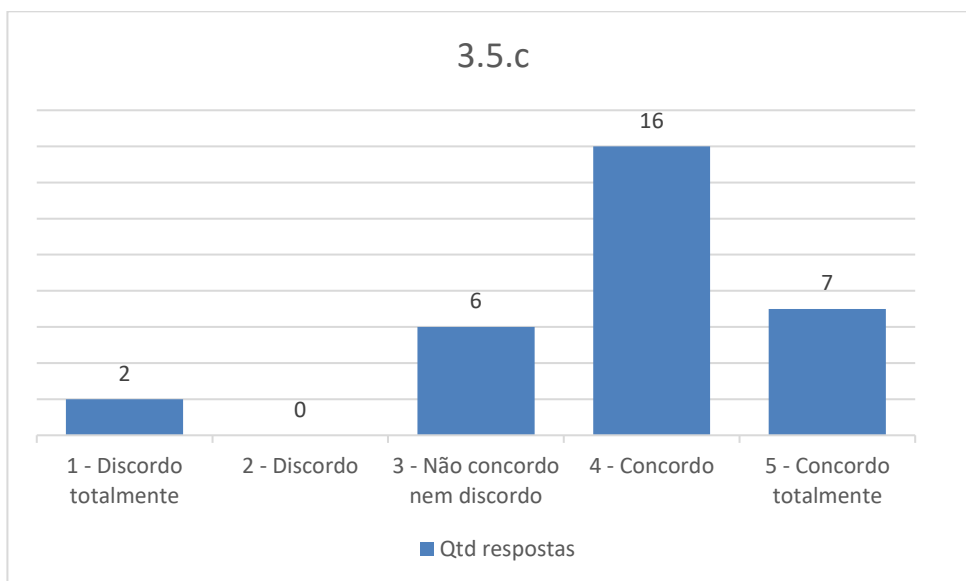


Gráfico 43 - Distribuição benefício a alcançar - melhoria na experiência do cliente

Tabela 33 - Estatísticas benefício a alcançar - melhoria na experiência do cliente

Média	3,84
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,00
Coefficiente de Variação	26%

A tendência geral de concordância das empresas para essa questão também pode ser evidenciada por cerca de 74% das respostas terem sido dadas como concordo e concordo totalmente.

Os inquiridos também foram questionados em relação a maior flexibilidade e adaptabilidade aos desafios do mercado como sendo um benefício a alcançar (gráfico 44).

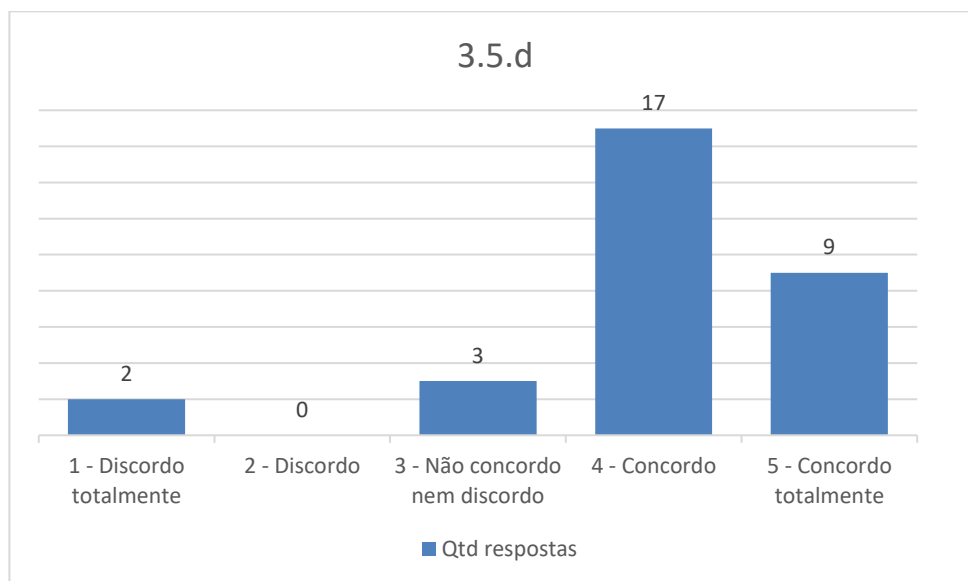


Gráfico 44 - Distribuição benefício a alcançar - Maior flexibilidade e adaptabilidade aos desafios do mercado

Tabela 34 - Estatísticas benefício a alcançar - Maior flexibilidade e adaptabilidade aos desafios do mercado

Média	4,00
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,00
Coefficiente de Variação	25%

A maior flexibilidade e adaptabilidade aos desafios do mercado apresentou uma alta tendência de concordância por parte das empresas respondentes ao inquérito. Os dados gráficos e estatísticos evidenciam essa tendência com média 4, CV relativamente baixo e aproximadamente 84% das respostas para os itens 4 e 5.

As respostas para a diminuição dos tempos de entrega como sendo um benefício a alcançar na percepção dos inquiridos são mostradas a seguir (gráfico 45).

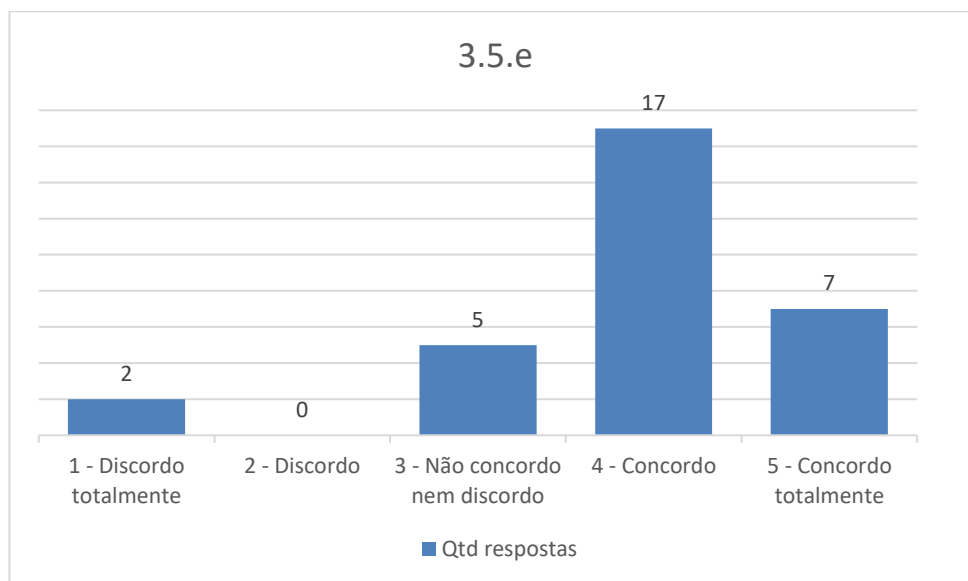


Gráfico 45 - Distribuição benefício a alcançar - Diminuição dos tempos de entrega

Tabela 35 - Estatísticas benefício a alcançar - Diminuição dos tempos de entrega

Média	3,87
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	0,99
Coefficiente de Variação	26%

Cerca de 77% das respostas dos inquiridos foram para concordo e concordo totalmente e apenas 6% responderam como discordo totalmente, o que indica uma forte concordância das empresas quanto a diminuição dos tempos de entrega ser um fator de benefício com a implementação da logística 4.0.

A questão 3.5.f do inquérito referia a melhoria na fiabilidade e qualidade dos dados logísticos como um possível benefício a alcançar. As respostas são mostradas abaixo (gráfico 46).

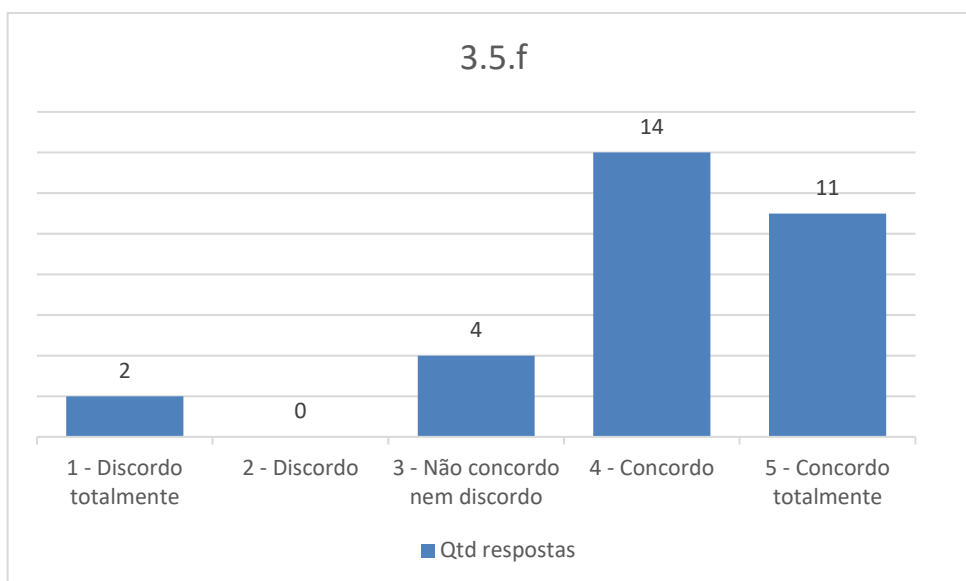


Gráfico 46 - Distribuição benefício a alcançar - Melhoria na fiabilidade e qualidade dos dados logísticos

Tabela 36 - Estatísticas benefício a alcançar - Melhoria na fiabilidade e qualidade dos dados logísticos

Média	4,03
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,05
Coefficiente de Variação	26%

Esse parâmetro também apresenta uma forte tendência de concordância, com média acima de 4, baixa variação de dados e mais de 80% de respostas entre concordo e concordo totalmente. Os respondentes sinalizam ter como benefício a melhoria na fiabilidade e qualidade dos dados logísticos nas suas empresas.

Outro ponto questionado como sendo um possível benefício a alcançar foi em relação a diminuição do nível de *stock* (gráfico 47).

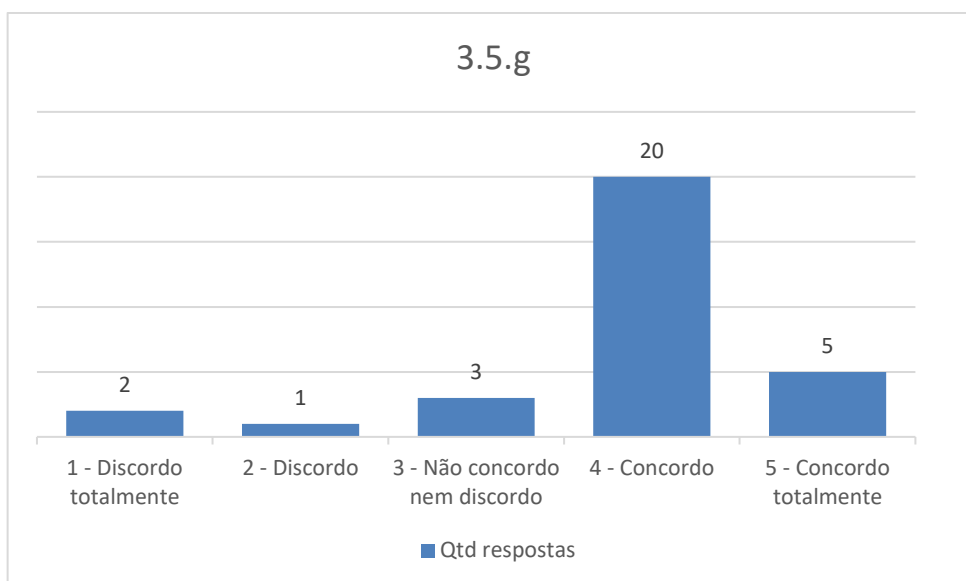


Gráfico 47 - Distribuição benefício a alcançar - Diminuição do nível de *stock*

Tabela 37 - Estatísticas benefício a alcançar - Diminuição do nível de *stock*

Média	3,81
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	0,98
Coefficiente de Variação	26%

A diminuição do nível de *stock* também foi um fator apresentado pelos respondentes com forte tendência de concordância. Apesar da média não ter ultrapassado o valor de 4, mais de 81% das repostas foram feitas entre concordo e concordo totalmente, com desvio padrão baixo.

A seguir são apresentadas as respostas dos inquiridos em relação a maior disponibilidade de recursos humanos da empresa para realizar outras tarefas, como sendo um benefício a ser alcançado pela implementação da Logística 4.0 (gráfico 47).

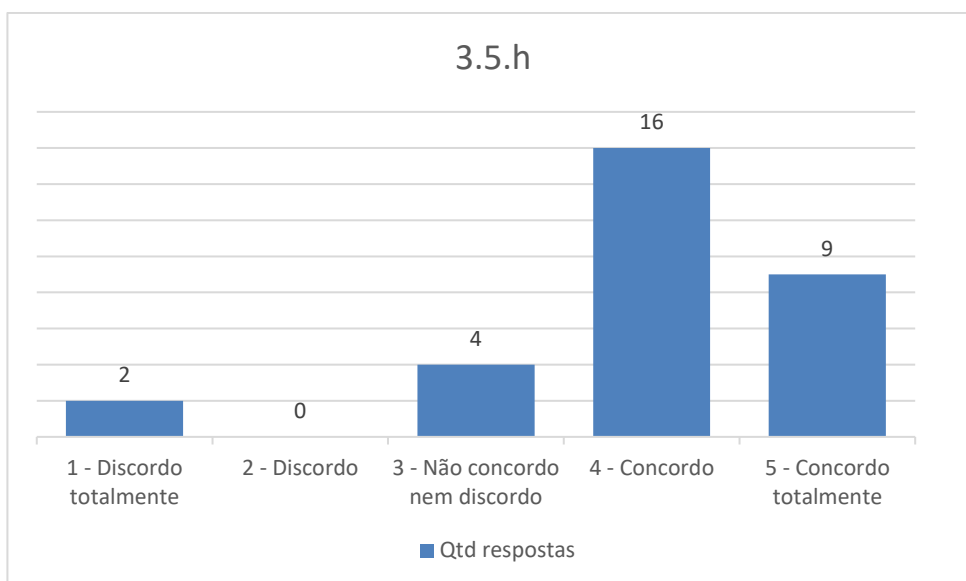


Gráfico 48 - Distribuição benefício a alcançar - Maior disponibilidade de recursos humanos da empresa para realizar outras tarefas

Tabela 38 - Estatísticas benefício a alcançar - Maior disponibilidade de recursos humanos da empresa para realizar outras tarefas

Média	3,97
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,02
Coefficiente de Variação	26%

Também para essa questão os respondentes apresentaram uma alta tendência de concordância. A média próxima do 4 e apenas uma resposta associada ao discordo, evidenciam essa tendência.

Por fim a maior visibilidade e controlo sobre os processos foi outra questão colocada como sendo um possível benefício a ser alcançado (gráfico 49).

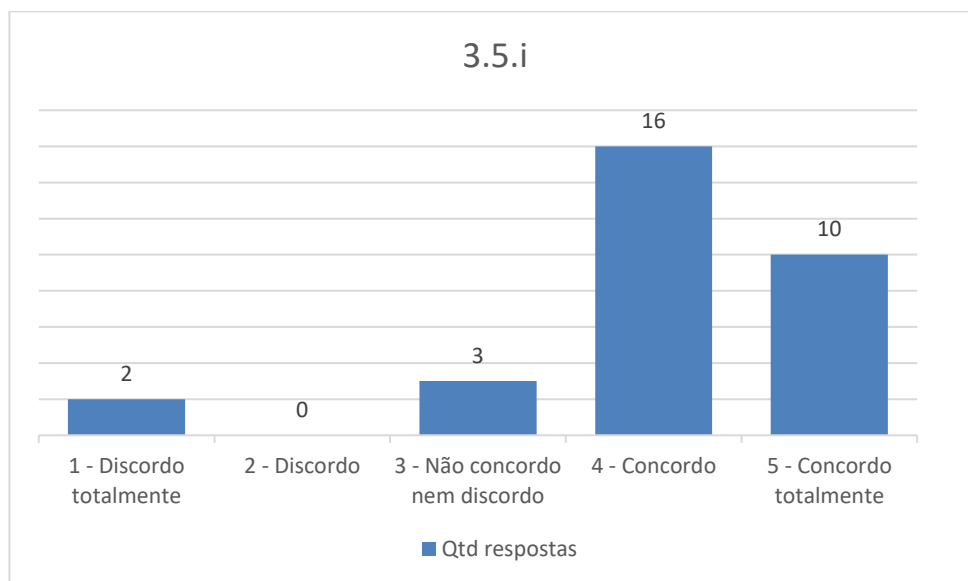


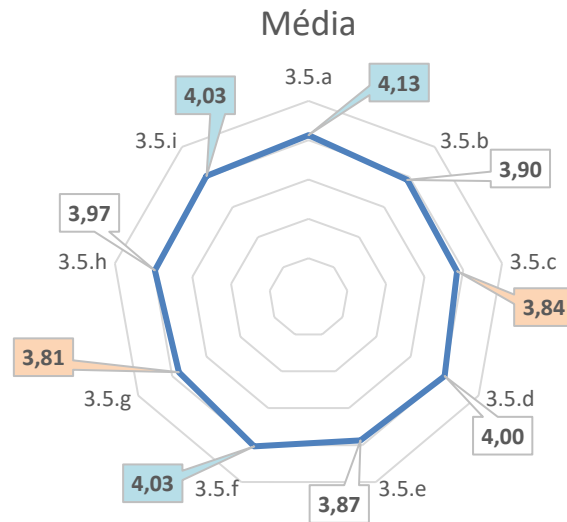
Gráfico 49 - Distribuição benefício a alcançar - Maior visibilidade e controlo sobre os processos

Tabela 39 - Estatísticas benefício a alcançar - Maior visibilidade e controlo sobre os processos

Média	4,03
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	1,02
Coefficiente de Variação	25%

Seguindo uma tendência geral para essa secção, as respostas dadas nesta questão também apresentam uma forte concordância dos respondentes ao associar a maior visibilidade e controlo sobre os processos como um benefício da implementação da logística 4.0. Uma baixa variabilidade dos dados, ausência de respostas de discordo e média acima de 4 evidenciam isso.

O perfil comparativo de respostas para as questões ligadas aos benefícios que a sua empresa espera alcançar com a implementação de tecnologias associadas à Logística 4.0 é demonstrado no gráfico de radar a seguir.



- 3.5.a - Maior eficiência operacional
- 3.5.b - Redução de custos logísticos
- 3.5.c - Melhoria na experiência do cliente
- 3.5.d - Maior flexibilidade e adaptabilidade aos desafios do mercado
- 3.5.e - Diminuição dos tempos de entrega
- 3.5.f - Melhoria na fiabilidade e qualidade dos dados logísticos
- 3.5.g - Diminuição do nível de stock
- 3.5.h - Maior disponibilidade de recursos humanos da empresa para realizar outras tarefas
- 3.5.i - Maior visibilidade e controlo sobre os processos

Gráfico 50 - Radar benefícios a alcançar com a implementação da Logística 4.0

Em análise geral a maiorias das respostas nesta secção apresentaram alta tendência de concordância dos respondentes. Em 8 de 9 questões não houve respostas de “discordo” e em todas as questões as duas principais respostas foram “concordo” e “concordo totalmente”, nesta ordem. Ainda assim, utilizando a média como fator balizador para comparação, quatro questões obtiveram especial destaque, com médias de 4 ou acima, sendo elas em ordem decrescente de valor a Maior eficiência operacional (3.5.a), a Melhoria na fiabilidade e qualidade dos dados logísticos (3.5.f), a Maior visibilidade e controlo sobre os processos (3.5.i) e a Maior flexibilidade e adaptabilidade aos desafios do mercado (3.5.d).

4.2.6 Critérios de avaliação de fornecedores de tecnologias da Logística 4.0

Neste tópico foram estabelecidas 4 questões que utilizaram a escala de Likert de 5 pontos para obtenção das respostas, sendo o 1 Nada relevante e o 5 Muito relevante.

Foi questionado de que forma a empresa avaliava os fornecedores de tecnologias da Logística 4.0 em termos de custo, eficiência operacional, fiabilidade e suporte pós-venda. Os resultados apresentam-se seguidamente.

A primeira questão foi relativa a importância do custo no momento da avaliação do possível fornecedor (gráfico 51).

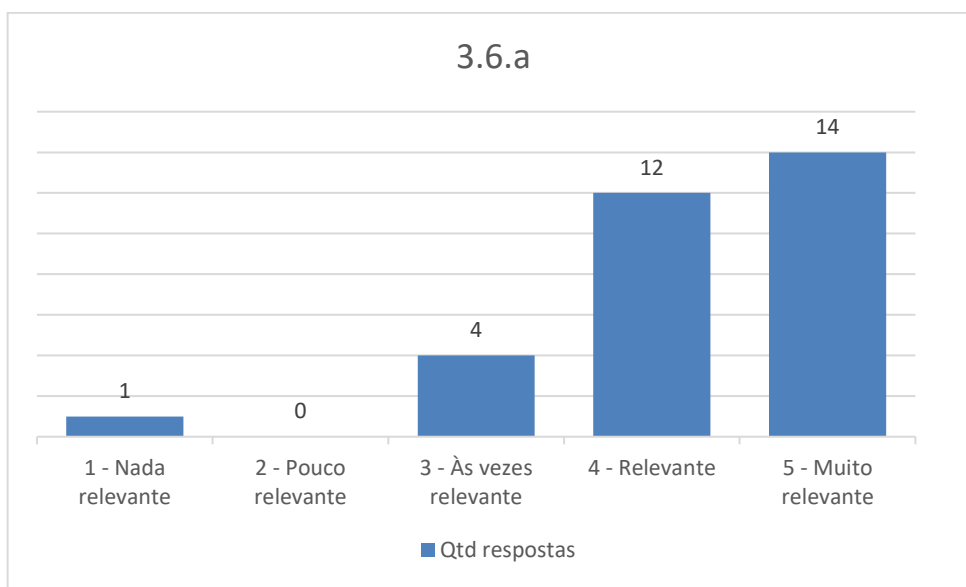


Gráfico 51 – Distribuição critérios de avaliação de fornecedores - Custo

Tabela 40 - Estatísticas critérios de avaliação de fornecedores - Custo

Média	4,23
Mediana	4,00
Moda	5,00
Desvio Padrão	0,92
Coefficiente de Variação	22%

O gráfico de distribuição para essa questão demonstra que cerca de 83% das respostas situam-se entre concordo e concordo totalmente, indicando uma tendência forte de relevância do item. A baixa variabilidade dos dados, média acima de 4,2 e ausência de respostas para “pouco relevante” evidenciam o Custo como fator importante no momento da escolha de fornecedores de tecnologias da logística 4.0.

Outra questão colocada aos foi em relação a eficiência operacional ser um critério de avaliação para selecionar fornecedores de tecnologias da L4.0 (gráfico 52).

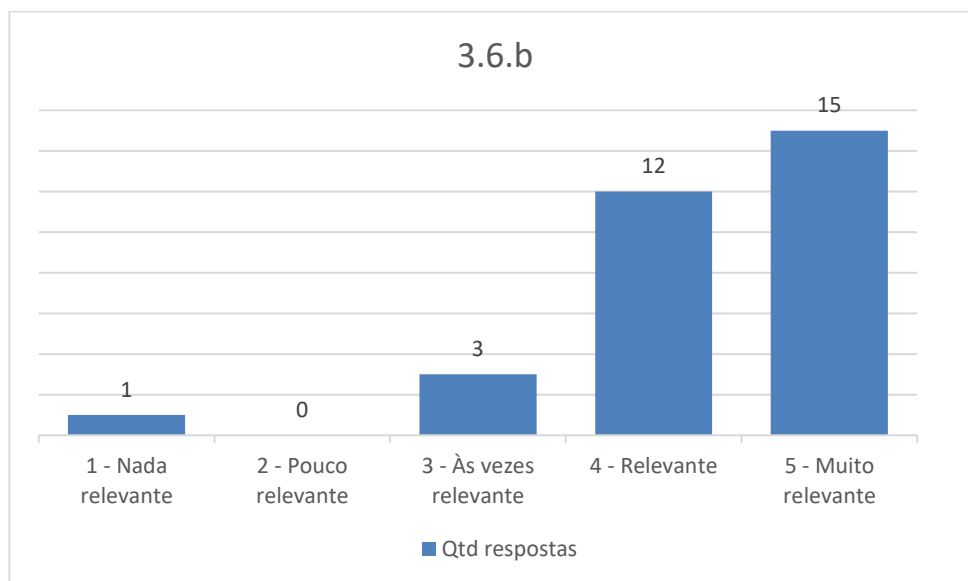


Gráfico 52 - Distribuição critérios de avaliação de fornecedores – Eficiência operacional

Tabela 41 - Estatísticas critérios de avaliação de fornecedores – Eficiência operacional

Média	4,29
Mediana	4,00
Moda	5,00
Desvio Padrão	0,90
Coefficiente de Variação	21%

Em circunstância similar à questão anterior, porém com média maior e menor variabilidade dos dados (CV), a eficiência operacional é apontada como um fator de elevada relevância no momento de escolha de fornecedores de tecnologias da logística 4.0 pelas empresas.

A fiabilidade foi outro critério colocado aos para a avaliação de fornecedores de tecnologias da L 4.0 (gráfico 53).

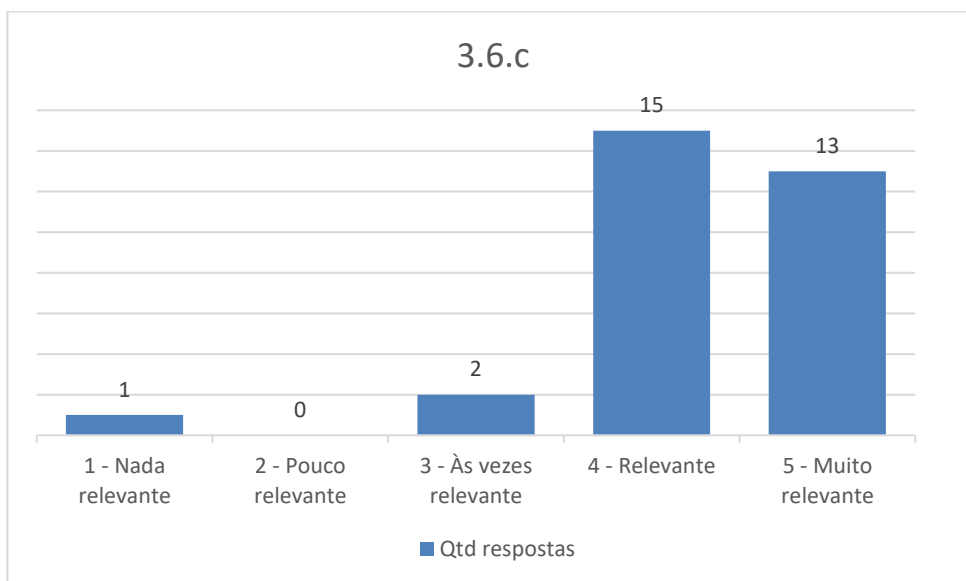


Gráfico 53 - Distribuição critérios de avaliação de fornecedores – Fiabilidade

Tabela 42 - Estatísticas critérios de avaliação de fornecedores – Fiabilidade

Média	4,26
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	0,86
Coefficiente de Variação	20%

A fiabilidade também é um fator de escolha dos fornecedores de tecnologia que tem alta relevância considerada pelas empresas respondentes ao inquérito. A média acima de 4,2 e a baixa variabilidade dos dados (CV) evidenciam isso.

Por fim os foram questionados sobre a importância do suporte pós-venda como um fator de seleção de fornecedores (gráfico 54).

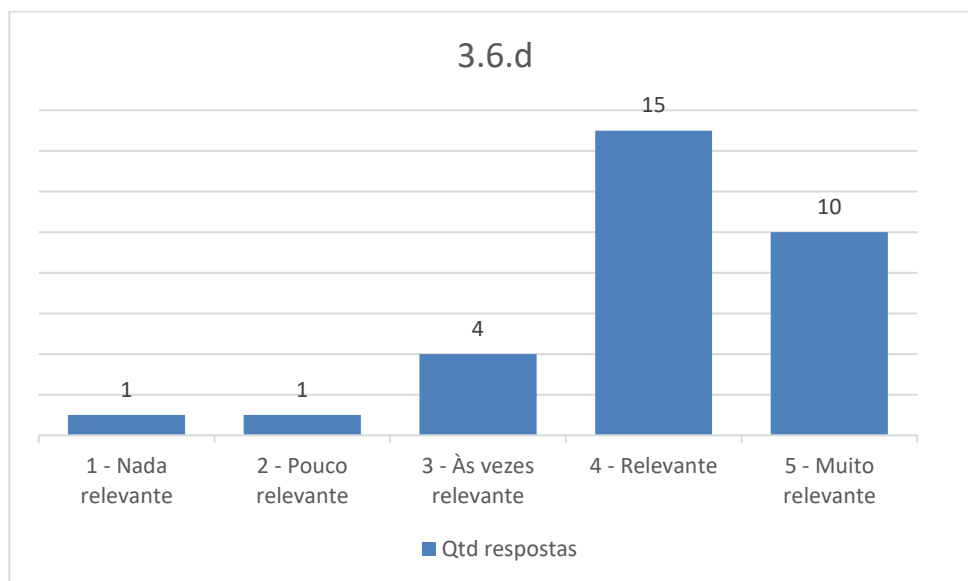


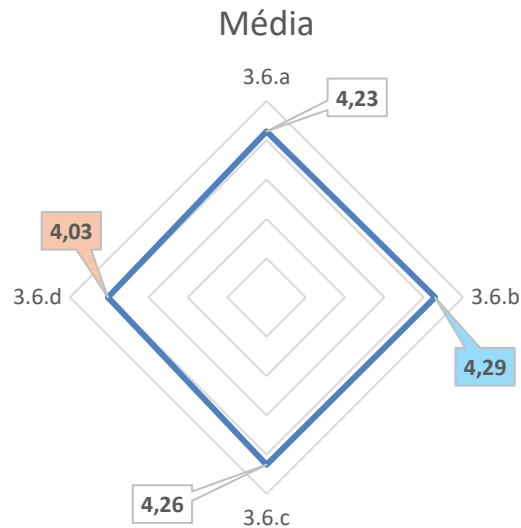
Gráfico 54 - Distribuição critérios de avaliação de fornecedores – Suporte pós-venda

Tabela 43 - Estatísticas critérios de avaliação de fornecedores – Suporte pós-venda

Média	4,03
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desvio Padrão	0,95
Coefficiente de Variação	24%

Em um âmbito geral, o suporte pós-venda também é um fator de grande relevância respondido pelas empresas. Porém, comparativamente com os 3 fatores anteriores, apresenta uma variabilidade de dados maior e uma média menor, indicando ser um fator ligeiramente menos importante no momento da escolha, em termos comparativos.

O perfil comparativo de respostas para as questões ligadas aos critérios ao avaliar fornecedores de tecnologias da Logística 4.0 é demonstrado no gráfico de radar a seguir:



- 3.6.a Custo
- 3.6.b - Eficiência operacional
- 3.6.c Fiabilidade
- 3.6.d - Suporte pós-venda

Gráfico 55 - Radar critérios de avaliação de fornecedores

Todos os quatro fatores trazidos no inquérito para essa secção apresentaram alta relevância pelos respondentes, com médias acima de 4, porém o fator que mais se destacou considerando a média, foi a Eficiência operacional (3.6.b) m contrapartida o que apresentou média menor, dando a entender uma menor relevância dada pelos respondentes, comparativamente aos outros fatores, foi o Suporte pós-venda (3.6.d).

4.3 Implementação das tecnologias da logística 4.0 por perfil da empresa

A seguir são apresentados os gráficos que relacionam a implementação das tecnologias da logística 4.0 apresentados na secção 3.2, com o perfil das empresas respondentes, nomeadamente quanto ao porte em número de funcionários e o valor de negócios em milhões de euros ao final do ano de 2023.

Essa análise é proposta para essas tecnologias por se tratar de respostas mais mensuráveis, como por exemplo se a tecnologia foi implementada ou não e menos dependentes da percepção do respondente.

Para efeito comparativo, foi retirada a média das respostas ligadas a implementação das tecnologias apresentadas e foi associada essa média a cada empresa respondente. Esses valores médios são apresentados quando confrontados com o eixo vertical dos gráficos a seguir (gráfico 56).

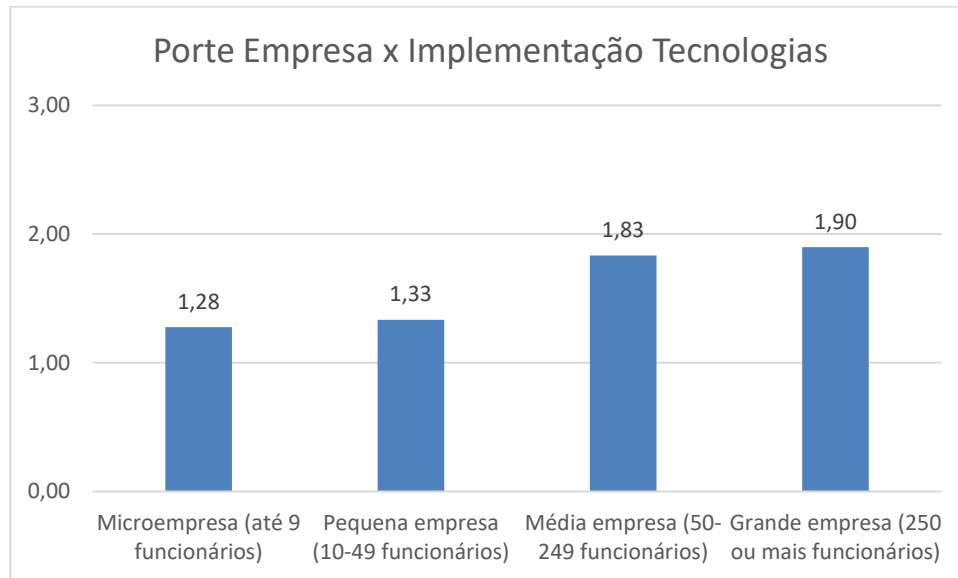


Gráfico 56 - Porte empresa x Implementação tecnologias

Nota-se a partir do gráfico exposto que as médias e grandes empresas apresentaram maiores índices de implementação de tecnologias da logística 4.0 quando comparadas às micro e pequenas empresas.

Da mesma forma da análise anterior, as empresas com maiores volumes de negócio apresentaram respostas médias maiores quando se considera a implementação de tecnologias da logística 4.0 (gráfico 57).

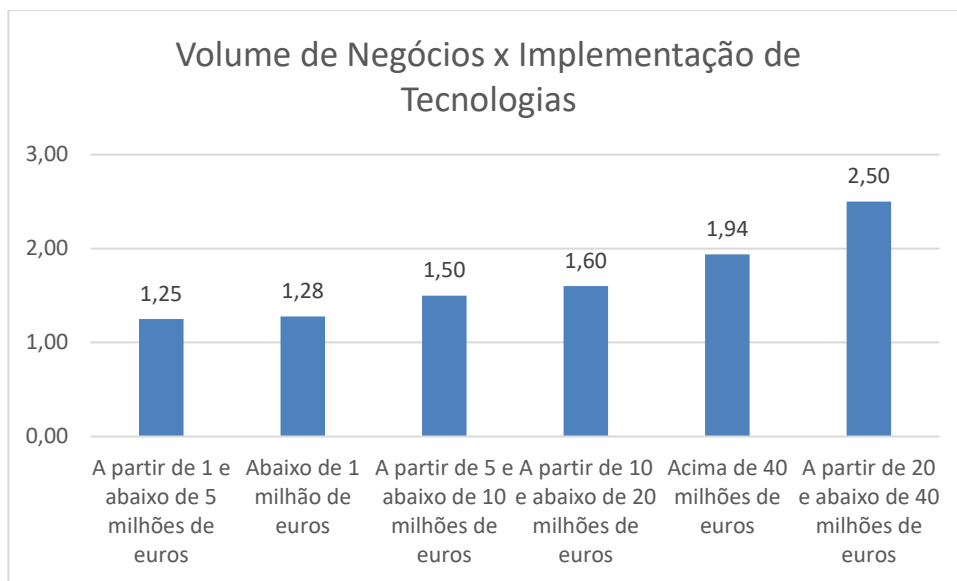


Gráfico 57 - Volume de Negócios x Implementação tecnologias

5 CONCLUSÃO

O presente estudo tinha como objetivo fundamental analisar a implementação e maturidade das tecnologias ligadas à logística 4.0 na região centro de Portugal.

Por implementação visou-se avaliar que tipos de tecnologias são utilizadas, quais os fatores facilitadores, barreiras e benefícios encontrados. Por maturidade, que por definição do dicionário da língua portuguesa significa: *“Estado ou condição de algo que atingiu seu desenvolvimento completo”*, ou ainda *“Característica de algo que se tornou estável, experiente ou plenamente desenvolvido”*, pretendeu-se avaliar o estado atual de desenvolvimento das empresas respondentes, com os assuntos ligados ao tema.

Os resultados apresentados mostram que existe uma perceção geral sobre os assuntos ligados a Indústria 4.0, porém, quando se trata do tema mais específico sobre a logística 4.0, os respondentes apresentaram um menor grau de conhecimento.

O objetivo do estudo foi atingido pois foi possível observar e comparar os dados obtidos através do inquérito com o levantamento bibliográfico de referência, concluindo que a maioria dos pontos levantados no estudo teórico são efetivamente evidenciados na prática. Essas correlações entre o estudo bibliográfico e os dados reais são evidenciadas nos parágrafos seguintes.

No quesito implementação de tecnologias específicas, a tendência geral das respostas foi para um baixo nível de implementação. Cabe assinalar que o perfil das empresas que apresentaram melhores índices de implementação das tecnologias apresentadas foi de médias e grandes empresas, com faturação anual a partir de 20 milhões de euros. Os resultados suportam a investigação anterior, que conclui que as empresas que apresentam uma maior maturidade relacionada com a implementação das tecnologias da indústria 4.0, são aquelas que possuem uma maior capacidade financeira e que são as que realizam maiores investimentos nessas novas tecnologias (Faria, 2019).

Os principais fatores facilitadores apresentados a favor da implementação de tecnologias ligadas à logística 4.0 foram a qualificação dos recursos humanos e a existência de parceiros (clientes, fornecedores, distribuidores) na cadeia de valor que já possuam as tecnologias implementadas em suas empresas.

Quanto às barreiras apresentadas pelos respondentes, destacam-se a resistência à mudança por parte dos utilizadores e o custo e complexidade da implementação das tecnologias ligadas a logística 4.0. Os resultados permitem concluir dois importantes desafios

apresentados por Pereira (2019), os desafios culturais, representados pela cultura organizacional e recetividade a mudanças, e os desafios tecnológicos, associados ao desenvolvimento e aplicabilidade das novas tecnologias. Além disso os resultados estão em concordância com o exposto por Da Silva & Kawakame (2019) quando os mesmos afirmam que o alto custo de implementação das tecnologias torna-se uma barreira relevante.

O resultado geral indica que as empresas respondentes possuem diferentes níveis de maturidade tecnológica, e esses níveis estão diretamente ligados ao porte e capacidade financeira das empresas, concluindo-se assim que a logística 4.0 ainda não possui abrangência e penetração elevadas para o mercado analisado. Essa conclusão também entra em acordo com os fatores financeiros apontados por Antunes et al. (2019), nomeadamente a necessidade de apoio financeiro externo e os recursos financeiros escassos, como sendo pontos de constrangimento para o desenvolvimento da indústria 4.0.

Através dos dados coletados foi possível verificar que existe uma tendência na concordância das empresas quanto aos benefícios da implementação de tecnologias associadas à Logística 4.0. Porém, também foi possível concluir que muitas das empresas respondentes apresentam dificuldades na implementação das tecnologias e isso se dá em virtude da falta de capacitação dos recursos humanos e eventualmente por uma necessidade de maior apoio e incentivo financeiro externo. Isto vem confirmar as conclusões de Faria (2019) e Antunes et al. (2019), que referem a dificuldade das empresas portuguesas em atrair, reter e aplicar capital humano especializado em áreas de interesse da empresa ligadas a I4.0.

Este estudo vem preencher uma lacuna na literatura focando um tema que se considera de extrema relevância. Apesar dessa relevância, este é um assunto pouco investigado, nomeadamente na região Centro de Portugal, onde a adoção tecnológica enfrenta grandes desafios. Contudo, a Logística 4.0 pode ser um fator de coesão territorial, reduzindo assimetrias entre litoral e interior. Para além disso, o tema pode reforçar a importância do papel do Instituto Politécnico de Viseu na formação de talentos e competências para a logística digital.

Os parâmetros estabelecidos (Região e porte das empresas, e inquérito com perguntas definidas) ao estudo com o intuito de realizar uma análise mais pormenorizada acabaram por condicionar algumas respostas e a chegar a uma conclusão sobre uma abordagem menos abrangente.

Outro ponto de relevância a se observar é em relação a baixa taxa de respostas obtidas ao inquérito apresentado, que também condiciona a análise dos dados robustez estatística sobre os resultados obtidos.

Desta forma algumas das propostas para trabalhos futuros são:

- a) A ampliação do banco de dados novamente a nível regional, para que se possa coletar um conjunto maior de respostas a partir de um número maior de participantes, aumentando assim a fiabilidade da análise estatística e uma melhor definição de tendências;
- b) Melhoria no processo de seleção dos dados de envio do inquérito as empresas, nomeadamente ao levantamento dos endereços de e-mail mais atuais das empresas;
- c) longitudinal, aplicando o inquérito ao mesmo conjunto delimitado no estudo, para que seja possível verificar a evolução da maturidade da logística 4.0 durante um período prolongado;
- d) Aplicar o mesmo parâmetro do estudo para regiões diferentes dentro de Portugal, nomeadamente as regiões de Lisboa e Porto que foram apontadas como potenciais centros com maior maturidade ligada as tecnologias da indústria 4.0. Desta forma seria possível realizar um comparativo com os dados coletados;
- e) Promover um estudo específico sobre o impacto de políticas económicas e programas de incentivo ligadas à região centro de Portugal e como isso tem contribuído para a aceleração do processo de implementação de novas tecnologias nas empresas desta área.

Em síntese o estudo contribuiu para a obtenção de um conhecimento mais claro e pormenorizado sobre o panorama atual de implementação das tecnologias da logística 4.0 em empresas da região centro de Portugal. Este incremento no conhecimento foi o entre as conclusões teóricas apresentadas por outros autores expostas na revisão bibliográfica, e os dados reais obtidos através .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, A., & Nunes, C. (2019). *Aplicações e Soluções em SPSS*.
- Almeida, M. A. P. de. (2021). Despovoamento e desigualdades territoriais: Evolução histórica e responsabilidade do poder local. *Despovoamento e desigualdades territoriais: Evolução histórica e responsabilidade do poder local*, 106–114.
- Andiyappillai, N. (2020a). Digital Transformation in Warehouse Management Systems (WMS) Implementations. *International Journal of Computer Applications*, 177, 34–37. <https://doi.org/10.5120/ijca2020919957>
- Andiyappillai, N. (2020b). Factors Influencing the Successful Implementation of the Warehouse Management System (WMS). *International Journal of Computer Applications*, 177(32), 21–25. <https://doi.org/10.5120/ijca2020919787>
- Antunes, J., Pinto, A., Reis, P., & Henriques, C. (2018). Industry 4.0: A challenge of competition. *Millenium*, 6, 89–97. <https://doi.org/10.29352/mill0206.08.00159>
- Antunes, J., Pinto, A., Reis, P., & Henriques, C. (2019). A Indústria 4.0 e o seu Impacto no Tecido Económico Empresarial Português: O Caso da Região Dão-Lafões. *Fronteiras: journal of social, technological and environmental science*, v. 8(n. 3 (2019)), 263–291. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2019v8i3.p263-291>
- Associação Portuguesa de Logística, & KPMG. (2020). *A LOGÍSTICA EM PORTUGAL - Inovação, Tendências e Desafios do Futuro*. https://aplog.pt/wp-content/uploads/2022/06/APLOG_Estudo_versao_completa_digital_baixa-resolucao_v1.pdf
- Banco de Portugal. (2022). *Boletim Económico—Março 2022*. https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/pdf-boletim/be_mar2022_p.pdf
- Brito, J. (2021). *O Impacto do uso de AGV no Lean Manufacturing – Estudo de caso no segmento de duas rodas do PIM* [masterThesis, Universidade Federal do Amazonas]. <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8652>
- Calixto, J. (2019). *Blockchain e sua utilização nos processos logísticos*. <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/3895>
- Chamusca, P., & Silva, Â. (2023). Demografia. Em P. Chamusca & A. Bento-Gonçalves, *Os Desafios (Geográficos) da Governação Territorial* (1.ª ed., pp. 195–222). UMinho Editora/CECS. <https://doi.org/10.21814/uminho.ed.70.11>
- Cimini, C., Lagorio, A., Romero, D., Cavalieri, S., & Stahre, J. (2020). Smart Logistics and The Logistics Operator 4.0. *IFAC PAPERSONLINE*, 53(2), 10615–10620. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2818>
- Colson, P. (2023, agosto 3). *A Guide to Sortation Systems: How to Streamline Your Warehouse Operations*. | *LinkedIn*. <https://www.linkedin.com/pulse/guide-sortation-systems-how-streamline-your-warehouse-peter-colson/>
- Corrêa, J. (2019). *LOGÍSTICA 4.0: Um estudo exploratório sobre tecnologias emergentes*. <https://repositorio-api.fei.edu.br/server/api/core/bitstreams/5146793b-a09c-43f1-8bd6-875210f8f968/content>
- Corrêa, J., Sampaio, M., & Barros, R. (2020). *An exploratory study on emerging technologies applied to logistics 4.0*. <https://www.scielo.br/j/gp/a/DBjm5X6kw7tSRnZXVrQjDbc/abstract/?lang=pt>

- Costa, M. (2018). *Implementação e Teste de Algoritmos de Planeamento e Escalonamento para Frotas AGV* [masterThesis]. ISEP. <http://hdl.handle.net/10400.22/11925>
- COTEC. (2019, abril). *COTEC- Programa-i4.0 Segunda-Fase*. https://cotecportugal.pt/wp-content/uploads/2020/01/COTEC_Programa-i4.0_Segunda-Fase_vf1geral-logo.pdf
- COTEC. (2023, maio). *Estudo de Caracterização do Mercado 4.0*. <https://cotecportugal.pt/wp-content/uploads/2023/06/Estudo-de-Characterizac%CC%A7a%CC%83o-do-Mercado-4.0.pdf>
- Da Silva, E., & Kawakame, M. (2019). Logística 4.0: Desafios e inovações. *Congresso brasileiro de engenharia de produção*, 9. https://www.researchgate.net/profile/Marcelo-Kawakame/publication/356998067_Logistica_40_Desafios_e_inovacoes_Logistic_40_Challenges_and_innovations/links/61b75f34a6251b553ab65063/Logistica-40-Desafios-e-inovacoes-Logistic-40-Challenges-and-innovations.pdf
- Da Silva, E., & Kawakame, M. (2021). *Logística 4.0: Desafios e inovações Logistic 4.0: Challenges and innovations*. https://www.researchgate.net/publication/356998067_Logistica_40_Desafios_e_inovacoes_Logistic_40_Challenges_and_innovations
- Dallasega, P., Woschank, M., Sarkis, J., & Tippayawong, K. Y. (2022). Logistics 4.0 measurement model: Empirical validation based on an international survey. *Industrial Management & Data Systems*, 122(5), 1384–1409. <https://doi.org/10.1108/IMDS-11-2021-0694>
- Dalongaro, R. C., Feijó Moura, R. C., Lopes, A. D. O., Lucca, L. L., & Wesz, L. F. P. (2017). A gestão logística de armazenagem e suas relações com a verticalização e terceirização na empresa. *Revista GESTO*, 5(1), 18. <https://doi.org/10.20912/2358-0216/v5i1.1986>
- Douaioui, K., Fri, M., Mabrouki, C., & Semma, E. (2018). *The interaction between industry 4.0 and smart logistics: Concepts and perspectives*. 128–132. <https://doi.org/10.1109/LOGISTQUA.2018.8428300>
- Esteves, R. (2021). *O impacto da Indústria 4.0 no aumento da resiliência das empresas em tempos de crise (COVID-19)* [masterThesis]. <https://ubibliorum.ubi.pt/handle/10400.6/11985>
- Faria, B. (2019). *Estudo do Impacto dos Apoios à Implementação da Indústria 4.0 em Portugal* [masterThesis, FEP]. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/126158/2/384889.pdf>
- Fernandes, F. F., & Silva, M. (2020). Omnichannel communication: Converging off-line and on-line relationships and experiences. *Animus Revista Interamericana de Comunicação Midiática*, 19, 335. <https://doi.org/10.5902/2175497742678>
- Ferreira, C. (2021). *Warehouse Management System (WMS) como fator de competitividade: Estudo de caso do centro de distribuição do grupo Editorial Plátano* [masterThesis]. <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/36021>
- Figueiró, M. (2019). *Implantação de um WMS: O antes e depois em uma distribuidora de materiais elétricos*. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/203851>
- Gómez, J. (2022, outubro 30). *TD III Pareto e Intervalos.pdf*. <http://jggomez.eu/K%20Informatica/3%20Excel/03%20Mis%20Temas/B%20BD%20y%20TD/TD%20III%20Pareto%20e%20Intervalos.pdf>
- Guedes, A., Arantes, A., Martins, A., Póvoa, A., Luís, C., Dias, E., Dias, J., Menezes, J., Carvalho, J., Ferreira, L. M., Carvalho, M., Oliveira, R., Azevedo, S., & Ramos, T.

- (2017). *Logística e Gestão. Da Cadeia de Abastecimento* (2ª Edição, Lisboa Maio de 2017).
- Guimarães, A., Reis, P., & Santos, F. (2023). *Análise da Caracterização Territorial, Geográfica, Demográfica e Socioeconómica da Região Dão Lafões*. Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu. <https://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/7908>
- Guissoni, L. A. (2017). *Omnichannel: Uma gestão integrada*. <https://periodicos.fgv.br/gvexecutivo/article/view/67453>
- João, T. dos S. (2021). *A logística na era da indústria 4.0: Análise de investigações, caracterizando o passado e o presente e identificando temas centrais e tendências futuras* [masterThesis]. <http://repositorio.ulusiada.pt/handle/11067/6491>
- Kim, J.-B., Choi, H.-B., Hwang, G.-Y., Kim, K., Hong, Y.-G., & Han, Y.-H. (2020). Sortation Control Using Multi-Agent Deep Reinforcement Learning in N-Grid Sortation System. *Sensors*, 20(12), Artigo 12. <https://doi.org/10.3390/s20123401>
- Larrosa, N. (2021). *LogTechs in Brazil: How logistics start-ups are applying Industry 4.0 technologies: a multi-case study*. <http://bibliotecadigital.fgv.br:80/dspace/handle/10438/31585>
- Maioli de Oliveira, A., Consoli da Silva, E., Panighel, J., & dos Santos, V. (2022). *DISPOSITIVO DE MONITORAMENTO PARA TRANSPORTE LOGÍSTICO TERRESTRE*. <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/22460>
- Malagón-Suárez, C., & Orjuela-Castro, J. (2022). Challenges and Trends in Logistics 4.0. *Ingeniería (0121-750X)*, 28, 1–28. <https://doi.org/10.14483/23448393.18492>
- Mendonça, J. (2015). *Indústria 4.0: Em Portugal o futuro já começou*. <https://www.parlamento.pt/ActividadeParlamentar/Paginas/DetalheEvento.aspx?BID=103889&utm>
- Ministério do Planeamento. (2020). *Estratégia Portugal 2030—Documento de Enquadramento Estratégico*. <https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=%3D%3DBQAAAB%2BLCAAAAAAABAAzNDC3NAEAKBRcpAUAAAA%3D>
- Murta, L. (2021). *Sistema para Identificação e Acoplamento de um AGV a uma Plataforma de Transporte Móvel* [masterThesis]. <https://run.unl.pt/handle/10362/151409>
- Nogueira, P. (2022). *Aplicação da Realidade Mista na Aprendizagem em Unidades Industriais—Learning Factory* [masterThesis]. <https://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/7790>
- Norberto, A. D. S., Lima, N. G. R. D., Almeida, A. J. G. de A., & Barros, V. H. de O. (2021). APLICAÇÃO DO E-KANBAN NO TRANSPORTE DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. *Revista Semiárido De Visu*, 9(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.31416/rsdv.v9i2.223>
- Novaes, A. (2007). *Logística E Gerenciamento Da Cadeia De Distribuição*. Elsevier.
- Pereira, A. (2021). *A Indústria 4.0 em Portugal – O estado da arte*. https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/23547/1/master_antonio_matos_pereira.pdf
- Pereira, C. (2023). *Impacto da tecnologia pick-to-light no processamento de encomendas em armazéns* [masterThesis]. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/85551>
- Pereira, C. (2022). Portugal pode tornar-se o hub do “reshoring” da Europa. (2022, dezembro 5). <https://www.jll.pt/pt/sala-de-imprensa/portugal-pode-tornar-se-o-hub-do-reshoring-da-europa>
- Pereira, M. (2019). *Desafios da Logística 4.0*. <https://hdl.handle.net/1884/70360>

- Pinto, M. (2019). *Logística como instrumento de Competitividade caso do Pingo Doce*. <http://hdl.handle.net/10400.26/30384>
- Rangel, Y., Braga, G., Senna, P., & Santos, D. (2022). Análise do impacto das tecnologias disruptivas da quarta revolução industrial utilizando métodos de previsão de demanda: um estudo de caso em uma empresa do varejo alimentício. *Análisis del impacto de las tecnologías disruptivas de la cuarta revolución industrial utilizando métodos de pronóstico de la demanda: un estudio de caso en una empresa de alimentos minoristas*, 8(4), 52–78. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,shib&db=bth&AN=157532009&lang=pt-pt&site=eds-live&scope=site>
- Ribeiro, H. (2021). *Proposta de Melhoria do Processo de Picking num Armazém de Alimentos Congelados* [masterThesis]. <https://run.unl.pt/handle/10362/150303>
- Ricky, C., & Kadono, Y. (2020). A Case Study of E-Kanban Implementation in Indonesian Automotive Manufacture. *2020 8th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/CITSM50537.2020.9268867>
- Rosa, A., Almeida, F., Santos, D., Moraes, J., & Santos Neto, S. (2020). Indústria 4.0 e Logística 4.0: Inovação, integração, soluções e benefícios reais decorrentes do mundo virtual. Em *Administração: Princípios de Administração e Suas Tendências* (1.ª ed., pp. 380–393). Editora Científica Digital. <https://doi.org/10.37885/200801174>
- Sakurai, R., & Zuchi, J. (2018). As revoluções industriais até a indústria 4.0. *Revista Interface Tecnológica*, 15(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.31510/infa.v15i2.386>
- Sarquis, A., de Moraes, A., Cittadin, J., Giuliani, A., & Scharf, E. (2017). *Análise da produção científica internacional do tema omnichannel no varejo*. <https://readpaper.com/paper/2964723298?utm>
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*.
- Silva, C. (2020). *Otimização do processo de picking numa empresa da indústria automóvel* [masterThesis]. <http://repositorio.ipvc.pt/handle/20.500.11960/2333>
- Silva, F. (2022). *A melhoria contínua numa indústria de fabrico de colchões. Estudo da otimização do Layout nos setores da Logística Interna* [masterThesis]. <https://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/7210>
- Simej, L. C., Santos, A., Lima, C., Lopes, C., & Barbisan, J. (2023). IMPLANTAÇÃO DE UM AGV EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA: UM ESTUDO DE CASO. *INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797)*, 11(1), Artigo 1. <http://35.247.246.3/index.php/inovae/article/view/2846>
- Smith, S. (2022). *How Automated Sortation Systems Improve Warehousing Operations | Datex Corporation*. <https://www.datexcorp.com/automated-sortation-systems/>
- Soares, R. (2021). *Indústria 4.0 no setor dos transportes - sistema de apoio à decisão baseado em modelos de simulação*. ISEP. <http://hdl.handle.net/10400.22/20164>
- Thao, V. G., Chi, H. T. K., & Hop, N. V. (2022). Combining Blockchain with an E-Kanban System for Pull Leveling of an Assembly Line. *2022 14th International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/KSE56063.2022.9953614>
- Toquiantzi, S. (2022). *Estudio exploratorio de los alcances y beneficios de los sistemas de localización y rastreo dentro de la Logística 4.0* [Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/18277>
- Werner-Lewandowska, K., & Kosacka-Olejnik, M. (2019). Logistics 4.0 Maturity in Service Industry: Empirical Research Results. Em A. Ryan, S. Gordon, & P. Tiernan (Eds.),

29th international conference on flexible automation and intelligent manufacturing (faim 2019): beyond industry 4.0: industrial advances, engineering education and intelligent manufacturing (Vol. 38, pp. 1058–1065). Elsevier Science Bv. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.192>

Winkelhaus, S., & Grosse, E. (2020). Logistics 4.0: A systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research*, 58, 18–43. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964>

Zammar, A., & Kovaleski, J. (2021). Impacto do Kanban na Gestão Industrial: Revisão de Literatura. <https://aprepro.org.br/conbrepro/2021/anais/?utm>

Žunić, E., Delalić, S., Hodžić, K., Beširević, A., & Hindija, H. (2018). Smart Warehouse Management System Concept with Implementation. *2018 14th Symposium on Neural Networks and Applications (NEUREL)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/NEUREL.2018.8587004>

ANEXOS

Inquérito

IMPLEMENTAÇÃO E MATURIDADE DA LOGÍSTICA 4.0 NA REGIÃO CENTRO DE PORTUGAL: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO

Este questionário faz parte de um estudo desenvolvido no âmbito de uma tese de mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Viseu, que visa analisar a Implementação e Maturidade da Logística 4.0 nas empresas localizadas na região centro de Portugal.

Todas as informações fornecidas serão tratadas com a máxima confidencialidade. Não haverá identificação pessoal das pessoas ou empresas envolvidas, e os dados serão utilizados exclusivamente para fins académicos.

Venho assim solicitar a sua participação com o preenchimento, que ajudará a mapear as práticas e tecnologias adotadas pelas empresas da região e a visão de futuro sobre a logística 4.0.

1ª PARTE – DADOS DO RESPONDENTE

O respondente deve ser a pessoa mais envolvida com as operações de logística da empresa.

Por favor, indique:

a) A sua posição na empresa

Presidente	
Diretor Geral/Executivo	
Diretor de logística	

Diretor de compras	
Diretor Suplly Chain	
Posição similar	

b) Há quantos anos exerce o cargo atual?

_____ (Resposta numérica)

2ª PARTE - DADOS ORGANIZACIONAIS DA EMPRESA

Por favor, indique:

1 – Há quantos anos a empresa existe?

_____ (Resposta numérica)

2 – O número total de funcionários a trabalhar a tempo inteiro na empresa (nesta questão ou colocar todas as hipóteses com “colaboradores” ou na pergunta colocar “o número total de funcionários...”)

- A) Microempresa (até 9 funcionários)
- B) Pequena empresa (10-49 funcionários)
- C) Média empresa (50-249 funcionários)
- D) Grande empresa (250 ou mais funcionários)

3 - O volume de negócios no último ano

- A) Abaixo de 1 milhão de euros
- B) A partir de 1 e abaixo de 5 milhões de euros
- C) A partir de 5 e abaixo de 10 milhões de euros
- D) A partir de 10 e abaixo de 20 milhões de euros
- E) A partir de 20 e abaixo de 40 milhões de euros
- F) Acima de 40 milhões de euros

4 - Em que setor principal atua a sua empresa?

- A) Agricultura e Agroindústria
- B) Indústria Manufatureira
- C) Tecnologia da Informação e Comunicação
- D) Comércio
- E) Prestação de Serviços
- F) Transportes e Armazenagem
- G) Outro: _____

3ª PARTE – AVALIAÇÃO LOGÍSTICA 4.0

1 - Por favor, indique em que medida concorda ou discorda com as seguintes afirmações:

Por favor, responda numa escala de 1-5 (1 = discordo totalmente, 5 = concordo totalmente)

- a) Tenho conhecimento amplo sobre o conceito de indústria 4.0 (I4.0 ou quarta revolução industrial).

Discordo completamente	1	2	3	4	5	Concordo completamente
-------------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------------

- b) Tenho conhecimento de que a empresa onde trabalho já investiu ou planeia investir em tecnologias no âmbito da Indústria 4.0.

Discordo completamente	1	2	3	4	5	Concordo completamente
-------------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------------

- c) Estou familiarizado sobre as diversas ferramentas e tecnologias da I4.0 voltadas para a logística.

Discordo completamente	1	2	3	4	5	Concordo completamente
-------------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------------

d) Tenho conhecimento de que a empresa onde trabalho possui atualmente tecnologias da Logística 4.0 implementadas e em funcionamento.

Discordo completamente	1	2	3	4	5	Concordo completamente
-------------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------------

2 – Por favor, indique o nível de implementação das seguintes ferramentas da Logística 4.0 na sua empresa seguindo a escala abaixo:

1	Não implementada
2	Em processo de implementação
3	Implementada com sucesso

a) Sistemas inteligentes de <i>IoT</i>	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso
b) Cloud Computing	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso
c) Big Data Analysis	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso
d) Inteligência Artificial	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso
e) Blockchain	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso
f) Omnichannel	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso
g) Voice Picking	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso
h) Pick-to-Light	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso
i) Sortation Systems	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso
j) AGVs	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso
k) Warehouse Management System	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso
l) E-Kanban	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso

m) Realidade Aumentada ou virtual	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso
n) RFID	Não implementada	1	2	3	Implementada com sucesso

3 - No que diz respeito aos fatores facilitadores para a implementação da Logística 4.0, indique em que medida concorda ou discorda com as seguintes afirmações.

Por favor, responda numa escala de 1-5 (1 = discordo totalmente, 5 = concordo totalmente)

a) Qualificação dos Recursos Humanos	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
b) Existência de um departamento de Logística	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
c) Existência de parcerias com instituições de ensino superior	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
d) Existência de parceiros (clientes, fornecedores, distribuidores) na cadeia de valor que já utilizem tecnologias da L4.0	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente

4 – Relativamente aos principais obstáculos encontrados na implementação das tecnologias da Logística 4.0, indique em que medida concorda ou discorda com as seguintes afirmações.

Por favor, responda numa escala de 1-5 (1 = discordo totalmente, 5 = concordo totalmente)

a) Falta de compatibilidade de sistemas	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
---	---------------------	---	---	---	---	---	---------------------

b) Dificuldade na migração e transferência de dados	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
c) Resistência à mudança por parte dos utilizadores	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
d) Custo e complexidade da implementação	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
e) Elevada burocracia e regulamentações	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
f) Dificuldade de acesso a financiamento	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
g) Escassez de mão de obra qualificada	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente

5 - Relativamente aos benefícios que a sua empresa espera alcançar com a implementação da Logística 4.0, indique em que medida concorda ou discorda com as seguintes afirmações.

Por favor, responda numa escala de 1-5 (1 = discordo totalmente, 5 = concordo totalmente)

a) Maior eficiência operacional	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
b) Redução de custos logísticos	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
c) Melhoria na experiência do cliente	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
d) Maior flexibilidade e adaptabilidade aos desafios do mercado	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
e) Diminuição dos tempos de entrega	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente

f) Melhoria na fiabilidade e qualidade dos dados logísticos	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
g) Diminuição do nível de <i>stock</i>	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
h) Menor utilização de recursos humanos da empresa	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
i) Maior visibilidade e controlo sobre os processos	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente

6 - A sua empresa considera em termos de relevância os seguintes critérios ao avaliar fornecedores de tecnologias da Logística 4.0

a) Custo	Pouco relevante	1	2	3	4	5	Muito relevante
b) Eficiência operacional	Pouco relevante	1	2	3	4	5	Muito relevante
c) Confiabilidade	Pouco relevante	1	2	3	4	5	Muito relevante
d) Suporte pós-venda	Pouco relevante	1	2	3	4	5	Muito relevante

Muito obrigado!