



INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

O impacto da Inteligência Artificial na Sustentabilidade Ambiental das áreas funcionais de empresas de manufatura

Luís Graça Amaral, nº82321, MGB2

Mestrado em Gestão

Orientador:

Doutor Renato Jorge Lopes da Costa, Professor Auxiliar
ISCTE-IUL

Co-Orientador:

Mestre Ricardo Manuel Simões Santos, Professor Assistente
Instituto Piaget

Agosto, 2022

iscte

BUSINESS
SCHOOL

Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

O impacto da Inteligência Artificial na Sustentabilidade Ambiental das áreas funcionais de empresas de manufatura

Luís Graça Amaral, nº82321, MGB2

Mestrado em Gestão

Orientador:

Doutor Renato Jorge Lopes da Costa, Professor Auxiliar
ISCTE-IUL

Co-Orientador:

Mestre Ricardo Manuel Simões Santos, Professor Assistente
Instituto Piaget

Agosto, 2022

Resumo

Os consumidores possuem melhores atitudes e intenções de compra sobre produtos ambientalmente sustentáveis devido à consciencialização das alterações climáticas e recursos escassos, problemas do nosso quotidiano. Uma vez que organização tem de a necessidade de alterar o seu alinhamento estratégico de acordo com a implementação das novas tecnologias de inteligência Artificial, todas as áreas funcionais da empresa têm de ir em conta a essa nova estratégia e não só na área da logística e produção. Deste modo, a presente investigação pretende averiguar o verdadeiro impacto da utilização de sistemas de IA nas várias áreas funcionais de empresas de manufatura na procura de serem ambientalmente sustentáveis, respondendo assim ao *gap* existente na literatura, sendo que a recolha de dados foi de encontro à realização de 16 entrevistas individuais semiestruturadas, ou seja, uma análise qualitativa com base na revisão de literatura efetuada.

A maioria das questões de pesquisa levantadas encontram-se alinhados com as teorias propostas pelos autores. Contudo, quando confrontados de como é que as restantes áreas funcionais conseguiram ser ambientalmente sustentáveis através de IA, os entrevistados sugeriram que é necessário analisar a empresa como um todo, não olhando apenas para as áreas funcionais, uma vez que os únicos desperdícios que estas têm é tempo e energia. Deste modo, é apresentado duas propostas para uma melhor gestão ambiental: através de uma otimização de recursos energéticos (edifícios inteligentes – monitorização do calor numa certa área) e com uma análise preditiva dos possíveis impactos ambientais com a respetiva redução dos mesmos utilizando sistemas de IA.

Palavras-Chave: Inteligência Artificial, Sustentabilidade Ambiental, Estratégia

Classificação JEL: L60; Q01; O32

Abstract

Consumers have better attitudes and purchase intentions about environmentally sustainable products due to the awareness of climate change and scarce resources, problems of our daily lives. Since the organization has the need to change its strategic alignment according to the implementation of new Artificial Intelligence technologies, all functional areas of the company have to take this new strategy into account and not only around logistics and production. In this way, the present investigation intends to investigate the true impact of the use of AI systems in the various functional areas of manufacturing companies in the quest to be environmentally sustainable, thus responding to the existing gap in the literature, which the data collection was in line with the 16 individual semi-structured interviews were carried out, that is, a qualitative analysis based on the literature review carried out.

Most of the research questions raised are in line with the theories proposed by the authors. However, when confronted with how the remaining functional areas managed to be environmentally sustainable through AI, the interviewees suggested that it is necessary to analyze the company as a whole, not just looking at the functional areas, since the only waste they have it's time and energy. In this way, two proposals are presented for better environmental management: through an optimization of energy resources (smart buildings - heat monitoring in a certain area) and with a predictive analysis of possible environmental impacts with their respective reduction using AI systems.

Key Words: Artificial Intelligence, Environmental Sustainability, Strategy

JEL Classification: L60; Q01; O32

Índice

Capítulo 1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Problemática de Investigação	2
1.3 Objetivos da Investigação.....	3
1.4 Estrutura da Investigação	3
Capítulo 2. Inteligência Artificial	4
2.1 Enquadramento.....	4
2.2 Definição de conceito: Digitalização, Automatização e Inteligência Artificial	6
Capítulo 3. Sustentabilidade	7
3.1 Enquadramento.....	7
3.2 Triple Bottom Line	8
3.3 Importância da Sustentabilidade Ambiental nas empresas.....	9
Capítulo 4. Inteligência Artificial e Sustentabilidade Ambiental	10
4.1 Benefícios da IA nas organizações.....	10
4.2 Impactos da IA na Sustentabilidade Ambiental das empresas	11
4.3 Impactos da IA nos outros aspetos da TBL.....	13
4.4 FCS para a implementação de IA na procura de sustentabilidade ambiental por parte das empresas de manufatura.....	14
Capítulo 5. Abordagem Teórica.....	15
Capítulo 6. Metodologia.....	18
6.1 Modelo de Investigação	18
6.2 Técnica de Recolha de Dados.....	20
6.3 Amostra	21
6.4 Procedimento	22
6.5 Técnica de Tratamento de Informação	23
Capítulo 7. Apresentação e Discussão de Resultados.....	24
7.1 Análise do impacto da utilização de sistemas de IA por parte das áreas funcionais na procura das empresas de manufatura serem ambientalmente sustentáveis.	24
7.1.1 Reflexão da adoção de IA na indústria de manufatura	24
7.1.1.1 Aspetos necessários ter em consideração antes da adoção de sistemas de IA.....	24
7.1.2 Principais Vantagens da adoção de sistemas inteligentes na indústria de manufatura.....	26
7.1.2.1 Na ótica da empresa.....	27

7.1.2.2 Na ótica do trabalhador	28
7.1.3 Riscos/Desafios da adoção de sistemas inteligentes na indústria de manufatura	29
7.1.3.1 Na ótica da empresa.....	30
7.1.3.2 Na ótica do trabalhador	31
7.1.4 Características da IA	33
7.1.4.1 Nas diversas áreas funcionais de empresas de manufatura	33
7.1.4.2 Como as áreas funcionais podem ser ambientalmente sustentáveis através de IA?	35
7.1.4.3 Qual o peso da SA em termos de aplicação às diferentes áreas funcionais?	37
7.1.5 Futuro	38
7.1.5.1 Procura de SA por parte da indústria contribui para o desenvolvimento da indústria?	39
7.1.5.2 IA mecanismo facilitador ou inibidor?	40
Capítulo 8. Conclusão	41
8.1 Considerações Finais	41
8.2 Contribuição para a Empresas de Manufatura	46
8.3 Limitações do Estudo	46
8.4 Sugestões para Futuras Investigações.....	47
9. Referências Bibliográficas.....	48
10. Anexos	51
Anexo A - Lista de Figuras.....	51
Anexo B - Caracterização da amostra	53
Anexo C - Guião de entrevista	55

Lista de Figuras

Figura 1 - Desenho do Modelo de Investigação	19
Figura 2 - Categorização e codificação do corpus da entrevista para análise qualitativa.....	23
Figura 3 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	51
Figura 4 - Triple Bottom line.....	51
Figura 5 - Etapas da análise de conteúdo às informações qualitativas.....	52
Figura 6 - Distribuição dos entrevistados por Género	53
Figura 7 - Distribuição dos entrevistados por Idade	53
Figura 8 - Distribuição dos entrevistados por Grau de Escolaridade	54
Figura 9 - Distribuição dos entrevistados por Número de Anos de Investigação	54

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Relação entre OE, QP e RL.....	20
Tabela 2 - Aspetos necessários ter em consideração antes da adoção de sistemas de IA na indústria de manufatura.....	25
Tabela 3 - Principais vantagens da utilização de IA na ótica da empresa	28
Tabela 4 - Principais vantagens da utilização de IA na ótica do trabalhador	28
Tabela 5 - Principais riscos da utilização de IA na ótica da empresa	30
Tabela 6 - Principais riscos da utilização de IA na ótica do trabalhador	32
Tabela 7 - Características da IA nas diversas áreas funcionais de empresas de manufatura que podem ser implementadas na indústria portuguesa	34
Tabela 8 - Como é que as áreas funcionais de uma empresa de manufatura portuguesa podem ser ambientalmente sustentáveis através de IA?	35
Tabela 9 - Qual o peso da SA da produção e logística nas empresas de manufatura.....	37
Tabela 10 - Procura de SA por parte da indústria contribui para o desenvolvimento da indústria?.....	39
Tabela 11 - IA, mecanismo facilitador ou inibidor	40

Capítulo 1. Introdução

1.1 Enquadramento

Atualmente, a maioria das definições sobre a Inteligência Artificial (IA) recai sobre a possibilidade de conseguir resolver problemas cognitivos complexos associados à inteligência humana, de modo a conseguir auxiliar o maior número de pessoas possível e, ao mesmo tempo, reconhecer problemas e criar soluções para o benefício da tecnologia, do ambiente e das sociedades (Marr, 2018). Segundo Kaplan & Haenlein (2018), a IA agora está cada vez mais omnipresente nos negócios e na indústria. Esta tem a capacidade de revolucionar a maneira como descobrimos, aprendemos, vivemos, comunicamos e trabalhamos, e ao mesmo tempo, previne melhor: com mais eficiência e melhores resultados.

Para Elliot *et al.* (2020), os algoritmos de IA não são nem artificiais nem inteligentes, defendendo que estes são a imitação das heurísticas humanas, cujo objetivo passa pelo encontro da melhor solução possível para os diversos problemas complexos existentes. As heurísticas, nesta lógica, permitem o processamento de informações, que por vezes podem não ser observadas por um analista humano, ajudando a decidir o tópico mais relevante de diversas opções facultadas pelo sistema. Tal como Costa (2009) refere, as heurísticas estão relacionadas com a resolução de problemas. Contudo, o autor acima supracitado considera que o principal desafio da IA é a integração da heurística através algorítmicos e de métodos matemáticos, viabilizando a sua utilização num sistema computacional.

No quotidiano, em ambientes empresariais, a IA pode ser considerada uma tecnologia que foi introduzida como um meio de simular o desempenho humano, com o intuito de tirar as suas próprias conclusões por meio da aprendizagem, auxiliando, assim, a cognição humana ou, até mesmo, a substituição do ser humano em tarefas que requerem cognição. Na sua globalidade, as tecnologias de IA são capazes de permitir “melhorias de desempenho em termos de velocidade, flexibilidade, personalização, escala, inovação e tomada de decisão” (Borges et al., 2021: 4). Neste seguimento, as organizações podem beneficiar do uso de IA em diversas funções: na automação de processos; através de análise de dados, obter *insights* para a tomada de decisão; comprometer clientes e funcionários; e, desenvolvimento de novos produtos e serviços, procurando vantagens competitivas nas suas organizações. Para Soni *et al.* (2018) o “aumento de produtividade, eficiência de tempo e custo, redução de erro humano, decisões de negócios mais rápidas, previsão de preferência do cliente e maximização de

vendas são algumas das principais vantagens da automação, tecnologias cognitivas e análise de dados usando algoritmos de IA” (Soni *et al.*, 2018: 5).

IA ocupa uma posição de destaque, onde atraiu a atenção de investigadores e organizações visto que é considerada uma tecnologia “com maior potencial disruptivo em evidência atualmente. Da mesma forma, para Brynjolfsson e McAfee (2017), a IA é a tecnologia de uso geral mais importante da nossa era, principalmente no que diz respeito às técnicas de aprendizado de máquina.” (Borges *et al.* 2021: 1). Segundo Borges *et al.* (2021), empresas como *Netflix*, *Google*, *Airbnb*, *Amazon* e *Uber*, ao conseguirem processar uma enorme quantidade de dados com IA, foram capazes de desenvolver os seus modelos de negócios atuais para novos produtos, mercados e serviços. Ao analisar o cenário competitivo com o grande volume de dados existente, recursos escassos e melhores tomadas de decisões, as organizações desejam adotar tecnologias de IA nas suas empresas, principalmente devido ao sucesso da implementação desta nova tecnologia de IA por parte destas corporações digitais em cima mencionadas (Venkatraman, 2017).

O crescimento da população global e das desigualdades socioeconómicas, as alterações climáticas, a poluição e a crescente escassez de recursos naturais são alguns dos fatores mencionados pelos autores para que a Sustentabilidade seja cada vez mais uma preocupação à escala mundial, e em particular para a indústria (Braccini & Margherita, 2018). Tal como refere Marr (2018), a IA pretende reconhecer problemas e colmatá-los, tentando criar soluções em benefícios da tecnologia, ambiente e sociedades. Uma vez que o tema da Sustentabilidade é um tema sonante no nosso quotidiano é necessário que a construção destas “máquinas inteligentes” tenha essa ideia subjacente, de modo a não prejudicar as gerações futuras.

1.2 Problemática de Investigação

A adoção de IA por parte das empresas serve para continuar competitivas no mercado procurando vantagens competitivas, sendo o aspeto económico mais importante para as mesmas. Os impactos sociais e ambientais surgem como consequência da IA. Os consumidores possuem melhores atitudes e intenções de compra sobre produtos ambientalmente sustentáveis devido à consciencialização das alterações climáticas e recursos escassos, problemas do nosso quotidiano. Uma vez que organização tem de a necessidade de alterar o seu alinhamento estratégico de acordo com a implementação das novas tecnologias, todas as áreas funcionais da empresa têm de ter em conta a essa nova estratégia. Assim, e como não existe estudos sobre esta temática, esta investigação pretende analisar os impactos destas novas tecnologias para as diferentes áreas funcionais da empresa de manufatura (e não só a produção e

logística) de modo a que toda a organização seja ambientalmente sustentável e, desta forma, esteja a seguir para os objetivos estratégicos delineados e comprometidos pelos gestores de topo das organizações e difundidos por estes para os restantes colaboradores e parceiros da cadeia de abastecimento. Neste sentido, este estudo pretende contribuir para a literatura respondendo ao *gap* acima referido.

1.3 Objetivos da Investigação

Neste sentido, e segundo a revisão de literatura como a problemática de investigação realizada, esta investigação pretende contribuir para o desenvolvimento de conhecimento científico nas diversas áreas funcionais de empresas de manufatura, através dos seguintes objetivos gerais: 1) Contribuir para o desenvolvimento de conhecimento nas áreas de IA e diversas áreas funcionais de empresas de manufatura; 2) Expor um estudo que permita aferir de que forma a IA e as várias áreas funcionais de empresas de manufatura se podem interligar; 3) Averiguar o verdadeiro impacto da utilização de sistemas de IA nas várias áreas funcionais de empresas de manufatura na procura de serem ambientalmente sustentáveis, respondendo assim ao *gap* existente na literatura.

Com o objetivo de reforçar e aprofundar o estudo, foi definido um objetivo específico para a investigação: Perceber como as empresas portuguesas de manufatura podem utilizar tecnologias de IA na procura de sustentabilidade ambientalmente nas diferentes áreas funcionais, e não apenas na área de produção e logística, verificando os impactos da utilização da mesma.

1.4 Estrutura da Investigação

Por forma a atingir os diversos objetivos descritos acima e responder às questões de pesquisa apresentadas, o presente relatório é composto pela seguinte estrutura: No capítulo I, que por sua vez corresponde à introdução, é mencionado o enquadramento da investigação, definindo a problemática de investigação e os objetivos que motivaram a elaboração do presente trabalho. No capítulo II a IV, foi realizada uma revisão de literatura acerca da inteligência artificial, sustentabilidade (e em específico da ambiental), e a interligação destes dois conceitos na indústria de manufatura, respetivamente. No capítulo V define-se a abordagem teórica, com as respetivas questões de pesquisa, que servirá de alavanca para a parte empírica desta investigação, e respetivos autores da revisão de literatura relevantes. No capítulo VI é apresentada a metodologia aplicada, especificando o modelo de investigação utilizado, a recolha dos

dados e a descrição da amostra do presente estudo. No capítulo VII encontra-se a apresentação e discussão de resultados, onde são analisados com detalhe os dados recolhidos para cada questão de pesquisa e discutidos os resultados com os respectivos autores estudados. O capítulo VIII é composto pela conclusão, onde são descritas as considerações finais do presente estudo, seguindo das contribuições para a área da indústria de manufatura, das limitações e ainda das sugestões para futuras investigações.

Capítulo 2. Inteligência Artificial

2.1 Enquadramento

Para Soni *et al.* (2018), o termo IA aparece pela primeira vez em 1956, nos Estados Unidos - mais especificamente em *Dartmouth* -, durante a Conferência de Inteligência Artificial com vários cientistas de diversas áreas de conhecimento. Estes cientistas relacionavam-se com o estudo de como as máquinas inteligentes poderiam ser criadas. McCarthy (1956), um dos cientistas presente nessa conferência, conseguiu definir este conceito como uma ciência que tenta resolver problemas que requerem inteligência humana, através da utilização máquinas inteligentes, desenvolvendo métodos para resolver esses mesmos problemas. Neste sentido, a ideia retirada era que essas “máquinas” conseguissem ter “inteligência humana”, reproduzindo um comportamento inteligente através de computadores. No entanto, segundo Gomes (2010), o conceito IA foi primeiramente introduzido por Alan Turing (1950) no seu artigo *Computing Machinery and Intelligency*, o qual apresenta o *Teste de Turing* como um teste que investiga os resultados da capacidade das máquinas em apresentarem um comportamento semelhante ao do ser humano.

A inteligência Artificial não possui uma definição clara em termos académicos, tendo surgido ao longo do tempo subjacente a quatro linhas de pensamento distintas. Gomes (2010) afirma que são “Sistemas que *pensam como seres humanos*: “O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem... máquinas com mentes, no sentido total e literal.” (Haugeland, 1985); Sistemas que *atuam como seres humanos*: “A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas.” (Kurzweil, 1990); Sistemas que *pensam racionalmente*: “O estudo das faculdades mentais pelo seu uso de modelos computacionais.” (Charniak; McDermott, 1985); Sistemas que *atuam racionalmente*: “A Inteligência Computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes.” (Poole *et al.*, 1998).” (Gomes, 2010: 235).

Segundo Marr (2018), atualmente a maioria das definições sobre a IA recai sobre a possibilidade de conseguir resolver problemas cognitivos complexos associados à inteligência humana, de modo a conseguir auxiliar o maior número de pessoas possível e, ao mesmo tempo, reconhecer problemas e criar soluções para o benefício da tecnologia, do ambiente e das sociedades. Segundo o mesmo autor, a IA pode ser considerada como uma simulação da capacidade de pensamento abstrato, criativo e dedutivo, com a particularidade de possuir a habilidade de aprender, utilizando a lógica digital e binária dos computadores.

Mendes (1997) afirma que a estrutura básica para um sistema especialista em gestão da informação, ramo de pesquisa da IA, é composta por três elementos fundamentais: a base do conhecimento, o motor de inferência e a interface com o utilizador. Primeiramente, a base do conhecimento, composta por regras, factos e heurísticas, que corresponde ao conhecimento de quem desenvolve o sistema, isto é, o especialista. O sistema de *machine learning* processa dados, controla-os, move-os e manipula os objetos com base em informações recolhidas, seja através de um robô ou qualquer outro dispositivo, como por exemplo, sistema de *Internet of Things* (Haenlein & Kaplan, 2019). Este sistema possui a capacidade de aprender e gerar novos resultados, mais eficazes à medida que novos dados são inseridos e projetados pelo sistema, tal como refere Mesquita (2017). Dito isto, é necessário ter em atenção o desenvolvimento “para que o processo de procura localize segmentos cujas regras e factos contemplem os instrumentos necessários que conduzam à solução dos problemas em questão” (Mendes, 1997: 41). Em seguida, o motor de inferência é a componente essencial do sistema especialista, a partir do qual é possível aplicar as regras, factos e heurísticas (que compõem a base do conhecimento), que são introduzidas no processo com a finalidade de resolver problemas de cada utilizador. Por último, a interface com o utilizador, que deve ser flexível e de fácil acesso por parte do mesmo, tem como objetivo de obter a questão que se procura resolver. Neste ponto, pretende-se responder ao utilizador o “porquê” e o “como” da solução que o sistema apresenta, sendo que a autora defende a utilização de uma linguagem natural por parte do sistema que auxilie o utilizador no manuseamento do mesmo, facilitando o processo de recuperação do caminho percorrido na tentativa de solucionar o problema. Desta forma, o sistema consegue proporcionar a melhor resposta ao utilizador, consoante o que este procura.

Segundo Elliot *et al.* (2020), os algoritmos de IA não são nem artificiais nem inteligentes, defendendo que estes são a imitação das heurísticas humanas, cujo objetivo passa pelo encontro da melhor solução possível para os diversos problemas complexos existentes. As heurísticas, nesta lógica, permitem o processamento de informações, que por vezes podem não ser observadas por um analista humano, ajudando-o a decidir o tópico mais relevante de diversas opções facultadas pelo sistema. Tal como Costa

(2009) refere, as heurísticas estão relacionadas com a resolução de problemas. Contudo, o autor acima supracitado considera que o principal desafio da IA é a integração da heurística através algorítmicos e de métodos matemáticos, viabilizando a sua utilização num sistema computacional. Os seres humanos conseguiram provar de ser capazes de analisar e interpretar o mundo que os rodeia, usando informações que coletam para provocar mudanças desejadas. Consequentemente, a construção de “máquinas inteligentes” é resultado disso mesmo (Marr, 2018).

A IA está dividida em três gerações: *Artificial Narrow Intelligence*, onde a IA é aplicada para tarefas próprias; *Artificial General Intelligence*, que executa tarefas que nunca antes foram previstas, assumindo a premissa de que a IA será capaz de raciocinar, planejar e resolver problemas autonomamente; e *Artificial Super Intelligence*, onde se espera que os sistemas resolvam os problemas detetados imediatamente, isto é, numa lógica em que se espera que os sistemas de IA possuam consciência própria, superando os seres humanos em todas as áreas (Haenlein & Kaplan, 2019).

Segundo Kaplan & Haenlein (2018), a IA agora está cada vez mais omnipresente nos negócios e na indústria. Esta tem a capacidade de revolucionar a maneira como descobrimos, aprendemos, vivemos, comunicamos e trabalhamos, e ao mesmo tempo, previne melhor: com mais eficiência e melhores resultados. Tal como refere Marr (2018), a IA pretende reconhecer problemas e colmatá-los, tentando criar soluções em benefícios da tecnologia, ambiente e sociedades. Uma vez que o tema da Sustentabilidade é um tema sonante no nosso quotidiano é necessário que a construção destas “máquinas inteligentes” tenha essa ideia subjacente, de modo a não prejudicar as gerações futuras.

2.2 Definição de conceito: Digitalização, Automatização e Inteligência Artificial

Os termos digitalização, automatização e Inteligência Artificial são muitas vezes vistos como sinónimos em termos empresariais. É necessário perceber as definições para se conseguir concluir que são áreas diferenciais, mas interligadas entre si. Durante anos, empresas e economias lutaram para utilizar completamente os benefícios que as tecnologias digitais podem oferecer. A tecnologia transformacional já começou e está a ser trazida pelos rápidos avanços em robótica, análise de dados e inteligência artificial. Essa mudança radical nas capacidades técnicas terá um impacto significativo nos negócios, na economia e na sociedade (McKinsey Global Institute, 2017).

Em primeiro lugar, e em termos sintéticos, digitalização significa transformação de todos os tipos de informação (texto, som, imagens, vídeo e outros dados de várias fontes) para linguagem digital (Reis, J, *et. al.*, 2020). No contexto empresarial, a digitalização pode-se referir ao uso de versões digitais de documentos como faturas, arquivos e produtos para processamento, armazenamento e partilha de informação. Em seguida, a automatização e IA. Avanços recentes em robótica, machine learning e IA estão a ampliar a fronteira do que as máquinas são capazes de fazer em todos os aspetos dos negócios. Esses avanços proporcionam economias nacionais com um impulso muito necessário à produtividade e permitir que as empresas obtenham ganhos substanciais de desempenho. Robôs existem há muito tempo nas fábricas, mas robôs mais capazes, mais flexíveis, mais seguros e menos dispendiosos estão agora envolvidos em atividades cada vez maiores. Ou seja, em termos práticos, a automatização é substituição do ser humano por máquinas. A IA também não é nova, mas o ritmo do progresso recente é. Deste modo a IA, onde incorpora o machine learning, é a comunicação tanto da digitalização como da automatização para que exista uma maior agilidade e eficiência operacional, onde a máquina seja racional e consiga aprender sozinha com base nos dados da digitalização e outros robôs (McKinsey Global Institute, 2017).

Capítulo 3. Sustentabilidade

3.1 Enquadramento

O relatório de Brundtland elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada por sua vez pela Assembleia das Nações Unidas, apresentou o conceito de sustentabilidade em 1987. Nesse mesmo ano, a comissão definiu o termo sustentabilidade como um modelo de desenvolvimento que permite:

“O desenvolvimento que vai de encontro às necessidades sentidas no presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades” (ONU, 1987: 41), isto é, proporcionar que as pessoas, tanto presente como no futuro, que alcancem um grau desejável de crescimento social e económico, bem como de realização humana e cultural, e em simultâneo em que utilizem os recursos da terra de forma sensata onde protejam as espécies e seus habitats naturais (Dicionário Ambiental, 2014).

Segundo Braccini & Margherita (2018), o crescimento da população global e das desigualdades socioeconómicas, as alterações climáticas, a poluição e a crescente escassez de recursos naturais são

alguns dos fatores mencionados pelos autores para que a Sustentabilidade seja cada vez mais uma preocupação à escala mundial, e em particular para a indústria.

Tendo em consideração os aspetos descritos em cima, a Sustentabilidade começou a ser um tema gradualmente popularizado entre o meio académico, organizações e sociedade global. Para tentar colmatar este problema, a ONU, em setembro de 2015, desenvolveu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (demonstrado na figura 3, no anexo A), suportados por 169 metas assentes em cinco principais categorias: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parceria, com a finalidade de transformar um mundo mais sustentável. Estes ODS foram aprovados na cimeira da UNO através do Acordo de Paris, onde foram consentidos por unanimidade através de 193 Estados-Membros das Nações Unidas. Esses objetivos integram a Agenda 2030 e, todos os países e *stakeholders*, devem tentar atingi-los de forma colaborativa. Com o intuito de analisar se os estados-membros estão a “rumar” para os ODS, as Nações Unidas comprometem-se a monitorizar e avaliar através de um conjunto de indicadores globais, que por sua vez são compilados num relatório anual (ONU, 2015). Deste modo, torna-se essencial para a presente investigação definir o desenvolvimento social, económico e ambiental de modo a alcançar os ODS propostos na Agenda 2030 uma vez que estes três conceitos são ramificações da definição de Sustentabilidade para que o ser humano consiga viver num planeta mais sustentável.

3.2 *Triple Bottom Line*

Braccini & Margherita (2018) afirmam que a sustentabilidade é um conceito multidimensional que englobam aspetos económicos, sociais e ambientais. Segundo Brikel *et al.* (2019), em termos corporativos, também pode ser definido por *profit, people and planet*. As organizações que atuam de forma sustentável têm de ter em consideração as suas ações sobre os três pontos acima mencionados. Em termos académicos denomina-se por *Triple Bottom Line* (TBL).

Segundo as autoras acima supracitadas, a sustentabilidade económica de uma organização está associada à atitude organizacional para criar valor e equilibrar custos e receitas na produção e distribuição de bens e serviços; ou seja, através do seu lucro e liquidez, as entidades asseguram a sua existência. A sustentabilidade ambiental, por sua vez, concerne às empresas que utilizem exclusivamente recursos naturais que podem ser reproduzidos naturalmente e de produzirem apenas emissões, durante o processo de fabrico, que podem ser geridos pelo ecossistema natural. Para tal, as empresas devem utilizar recursos renováveis, reduzir os desperdícios, reciclar e produzir emissões que não afetem a camada do ozono. Por

último, a sustentabilidade social centra-se na atitude organizacional para preservar e desenvolver o capital humano e social das comunidades nas quais as organizações operam para criar valor. Deste modo, engloba aspetos como a satisfação e a qualidade no trabalho, a integração social nas comunidades e a igualdade de oportunidades a nível educacional (Braccini & Margherita, 2018).

Segundo a figura 4 (anexo A), o ponto ótimo encontra-se no meio sendo este o *Valor Sustentável*, onde se espera que exista um equilíbrio entre as três dimensões de sustentabilidade. Não obstante, entende-se que as dimensões entram em conflito e sobreposição. Desta forma o TBL necessita de uma visão holística sobre as suas dimensões, com a finalidade de desdobrar totalmente os benefícios nessas vertentes (Müller & Voigt, 2018). Tendo em conta o propósito do estudo, é fundamental que se aborde a temática da sustentabilidade ambiental profundamente percebendo o impacto que tem nas empresas.

3.3 Importância da Sustentabilidade Ambiental nas empresas

Devido ao aparecimento do conceito de sustentabilidade, a filosofia corporativa que visava exclusivamente maximizar os lucros da empresa extinguiu-se. Deste modo, segundo Shields & Shelleman (2015), a definição de sustentabilidade foi adotada no mundo empresarial, onde aborda as partes interessadas, sendo que as organizações que atuem de forma sustentável nas três categorias denominam-se de negócio sustentável, isto é, “atende às necessidades dos seus *stakeholders* sem comprometer a sua capacidade de atender às necessidades do futuro” (Hubbard, 2009, citado por Shields & Shelleman, 2015: 61).

Shields & Shelleman (2015) sugerem uma tendência que tem vindo a evoluir na prática de negócios sustentáveis: a exigência das empresas em se denominar de “sustentáveis”. Estas entidades exigem às outras organizações que fazem parte da sua cadeia de abastecimento que relatem o desempenho da empresa de acordo com o “resultado triplo financeiro”, onde abrangem a parte económica, social e ambiental da organização, aferindo o seu atual desempenho em relação à sustentabilidade. Para Frank (2021) este facto é importante uma vez que a sustentabilidade ambiental tem efeitos positivos nas atitudes dos consumidores e, posteriormente, nas intenções de compra dos mesmos; por outras palavras, um produto ambientalmente sustentável tende a aumentar a procura destes bens e, por consequência, a aumentar as receitas da empresa. Desta forma, a empresa necessita de se tornar ambientalmente sustentável para que possa continuar a subsistir no mercado competitivo que atualmente existe.

Segundo Vinuesa *et al.* (2020), os ODS analisados para a sustentabilidade ambiental são os números 13, 14 e 15: ações climáticas, vida abaixo de água e vida na terra, respetivamente. No seu estudo, afirma que 25 das 27 metas da Agenda 2030, equivalente a 93%, podem ser facilitadas pelo uso de tecnologia de IA. Deste modo, as organizações precisam de procurar estas novas tecnologias de IA, de modo a melhorar, na sua globalidade, a sua sustentabilidade ambiental para serem mais competitivas no mercado.

Capítulo 4. Inteligência Artificial e Sustentabilidade Ambiental

4.1 Benefícios da IA nas organizações

Segundo Borges *et al.* (2021), a IA começou a ser utilizada no mercado desde a década de 1980. Desde então, esta tecnologia tem sido alvo de elevados investimentos e esforços por parte de muitas empresas, com o intuito de projetar e implementar sistemas de visão computacional, robôs, sistemas especialistas, ao invés de *software* e *hardware* para esses fins. Para o mesmo autor, e durante esta época, a tecnologia de IA era citada como uma ferramenta estratégica na procura de melhorar a diferenciação organizacional num cenário competitivo. Para Soni *et al.* (2018), a inovação, ao longo da história, está aliada à melhoria do padrão de vida, uma vez que as empresas tentam responder às necessidades e expectativas dos seus atuais e potenciais consumidores. Contudo, o processo de inovação é altamente disruptivo, podendo transformar tecnologias antigas em obsoletas. Assim, é importante que as empresas estejam ligadas às tendências do mercado para continuarem a operar no mundo competitivo.

Seguindo a lógica do mesmo autor, o “aumento de produtividade, eficiência de tempo e custo, redução de erro humano, decisões de negócios mais rápidas, previsão de preferência do cliente e maximização de vendas são algumas das principais vantagens da automação, tecnologias cognitivas e análise de dados usando algoritmos de IA” (Soni *et al.*, 2018: 5). Na era digital em que estamos inseridos, o mundo empresarial tem exigido *time-to-market* (colocação de novos produtos no mercado) mais curtos, com o intuito de conseguir responder mais rapidamente que as empresas concorrentes presentes no mercado (Venkatraman, 2017). Deste modo, as empresas procuram incorporar nas suas organizações novas tecnologias, com o objetivo de alcançar um elevado desempenho e vantagem competitiva. Dentro destas tecnologias, a IA ocupa uma posição de destaque, onde atraiu a atenção de investigadores e organizações visto que é considerada uma tecnologia “com maior potencial disruptivo em evidência atualmente. Da mesma forma, para Brynjolfsson e McAfee (2017), a IA é a tecnologia de uso geral mais

importante da nossa era, principalmente no que diz respeito às técnicas de aprendizagem de máquina.” (Borges *et al.* 2021: 1).

Na última década assistiu-se a um enorme volume de dados em diversos formatos, sendo estes gerados mais rapidamente do que nunca. Por consequência, ocorreu o desenvolvimento de novas tecnologias, resultando numa aceleração do progresso tecnológico, no qual inclui o aumento da capacidade de processamento computacional, como também desenvolvimento de novas técnicas de IA com o intuito de responder mais rapidamente às necessidades e expectativas dos consumidores. Segundo Borges *et al.* (2021), empresas como *Netflix*, *Google*, *Airbnb*, *Amazon* e *Uber*, ao conseguirem processar esta enorme quantidade de dados com IA, foram capazes de desenvolver os seus modelos de negócios atuais para novos produtos, mercados e serviços. Ao analisar o cenário competitivo empresarial com o grande volume de dados existente, recursos escassos e melhores tomadas de decisão, as organizações desejam adotar tecnologias de IA nas suas empresas, principalmente devido ao sucesso da implementação desta nova tecnologia por parte destas corporações digitais em cima mencionadas (Venkatraman, 2017). Ao mesmo tempo, o baixo custo do *hardware*, no que diz respeito a dispositivos de processamento e armazenamento, também levou a que houvesse um avanço significativo nesta área.

No quotidiano, em ambientes empresariais, a IA pode ser considerada uma tecnologia que foi introduzida como um meio de simular o desempenho humano, com o intuito de tirar as suas próprias conclusões por meio da aprendizagem, auxiliando, assim, a cognição humana ou, até mesmo, a substituição do ser humano em tarefas que requerem cognição. No seu global, as tecnologias de IA são capazes de permitir “melhorias de desempenho em termos de velocidade, flexibilidade, personalização, escala, inovação e tomada de decisão” (Borges *et al.*, 2021: 4). Neste seguimento, as organizações podem beneficiar do uso de IA em diversas funções: na automação de processos; através de análise de dados, obter *insights* para a tomada de decisão; comprometer clientes e funcionários; e, desenvolvimento de novos produtos e serviços, procurando vantagens competitivas nas suas organizações.

4.2 Impactos da IA na Sustentabilidade Ambiental das empresas

A adoção de sistemas inteligentes permite melhorar a produção devido a processos mais eficientes e flexíveis (Brikel *et al.* 2019). Este ponto é importante uma vez que os consumidores preferem produtos customizados ao invés de produtos provenientes de produção em massa, como se assistia antigamente (Braccini & Margherita, 2018). No estudo de caso, descrito pelas últimas autoras supracitadas, referem

que o nível de produção melhorou e, ao mesmo tempo, a qualidade do produto aperfeiçoou sendo que “a organização conseguiu maiores receitas e lidar com novos segmentos de mercado que são atendidos por produtos diferentes mais alinhados às necessidades específicas dos consumidores”, caso de sucesso de implementação de Inteligência Artificial na manufatura de uma empresa de cerâmica (Braccini & Margherita 2018: 11). Através da enorme quantidade de dados existente atualmente, sendo estes analisados por sistemas inteligentes (com auxílio de *machine learning*) ajudaram à melhor previsão da procura. Deste modo, as organizações que utilizam estas tecnologias conseguem desenvolver os seus modelos de negócios atuais para novos produtos, mercados e serviços. Assim, as empresas com a adoção de IA respondem com flexibilidade e rapidez à volatilidade do mercado e, por consequência, na customização do produto (Müller & Voigt, 2018). Na medida que existe uma maior agilidade operacional, estas empresas tornam-se mais competitivas do que as outras que não possuem esta tecnologia (Braccini & Margherita, 2018), sendo esta uma vantagem competitiva.

Segundo as últimas autoras supracitadas, a substituição de trabalhadores humanos por robôs autônomos (tanto ao nível de produção através de máquinas autônomas, como na logística, exemplos: carros e sistemas de *picking* autônomos) contribui para a redução de defeitos e produtos danificados. Ao produzir apenas o necessário de modo a potencializar a maximização do lucro para a empresa pode estabelecer-se uma relação causal sendo que a organização consegue ser ambientalmente sustentável na medida em que entende a possível procura por parte do consumidor, não utilizando tantos recursos naturais, diminuindo o desperdício e a poluição (através de uma melhor gestão da procura e de *stocks*). Ao mesmo tempo, pode-se obter uma otimização do inventário (através da análise preditiva da procura, ou seja, menos *stock*) o que poderá reduzir o custo unitário do produto e na parte da logística uma diminuição do *lead time* e distâncias de entregas (Braccini & Margherita, 2018), evitando também o fluxo de materiais desnecessários. Ao mesmo tempo, como os robôs autônomos de produção são dotados de manutenção preditiva estes percebem quando um produto não está de acordo com a qualidade desejada pelo que cessam a produção quando o encontram, reutilizando os materiais novamente no início do processo de fabrico, não necessitando de procurar novas matérias-primas escassas (Müller & Voigt, 2018).

Através do sistema de produção mais eficientes e produtivos (com o auxílio de sistemas inteligentes utilizando *machine learning*), as empresas têm menos defeitos na unidade de fabrico, reduzindo assim recursos como matérias-primas e energia. Deste modo, conseguem diminuir os gases de efeito estufa e, ao mesmo tempo, uma diminuição de consumo de energias (Braccini & Margherita, 2018). Assim, a organização tem um tempo de inatividade ajustado logo consome menos energia e recursos.

Segundo Jabbour *et al.* (2018) afirmam que iniciativas verdes da gestão da cadeia de abastecimento que incluem: compras verdes; decisões de logística para reduzir o erro; e o impacto para o meio ambiente (por exemplo: através da embalagem recicláveis e modo de transporte mais verdes) podem assegurar a manufatura ambientalmente sustentável do produto colocado no mercado, estando de acordo com Shields & Shelleman (2015) no que respeita à cadeia de abastecimento ser ambientalmente sustentável.

4.3 Impactos da IA nos outros aspetos da TBL

Como referido anteriormente, as várias dimensões da sustentabilidade estão relacionadas. Desta forma, as organizações necessitam de entender o impacto que a utilização de sistemas inteligentes pode causar nos diferentes aspetos da TBL, ou seja, no económico e social. Tal como Braccini & Margherita (2018) afirmam, é necessário ter espaço suficiente para a implementação destas novas tecnologias, não obstante dos elevados e arriscado investimentos que é necessário realizar, aliado à imprevisibilidade das receitas futuras (Müller & Voigt, 2018). Ao mesmo tempo, caso “novas” empresas consigam superar estas barreiras à entrada da nova tecnologia poderá originar um aumento de competitividade e dependência de fornecedores. Assim, a indústria poderá tornar-se menos, podendo expulsar algumas organizações (Birkel *et al.*, 2019). Caso as empresas adotem estas novas tecnologias, é necessário assegurar a boa qualidade dos dados e dos algoritmos utilizados para que a organização consiga melhorar as tomadas de decisão com a finalidade de obter maiores rendimentos (Fischer, *et al.* 2020).

Ao mesmo tempo, Müller & Voigt (2018) e Stock & Seliger (2016), esperam que exista uma diminuição dos postos de trabalho o que pode levar a apreensão da adoção desta nova tecnologia por parte dos funcionários e stress sobre os mesmo em relação ao seu atual emprego, sendo necessário que a organização realize formações aos seus colaboradores devido ao défice de pessoal qualificado para operar com estas tecnologias. Braccini & Margherita (2018) afirmam que os colaboradores que entendam os benefícios da IA esperam ter um aumento da satisfação e segurança no trabalho, não tendo receio de ser realocados para outras áreas funcionais, por exemplo, para áreas de pesquisa e desenvolvimento uma vez que entendem o processo de fabrico e procuraram soluções mais práticas e menos dispendiosas para a organização, sendo que esta última tem como principal função fomentar a motivação e apostar na criatividade dos seus colaboradores e, conseqüentemente, possibilita remunerações mais justas aos mesmos (Stock & Seliger, 2016).

Uma vez que a cadeia de abastecimento está toda interligada, todos os parceiros têm noção das quantidades que necessitam de produzir para abastecer eficientemente a organização, de forma a otimizá-la, através da transparência dos dados e *networking* para os restantes elementos (Birkel *et al.*, 2019). Contudo, existem riscos associados: ataques cibernéticos e espionagem industrial. Assim, as empresas que consigam aceder a estes dados podem entregar a mesma proposta de valor a um custo mais baixo e, por isso, podem expulsar organizações do mercado (Müller & Voigt, 2018). Assim, é necessário que as empresas empreguem engenheiros informáticos para protegerem os seus dados, sendo este um custo acrescido para as empresas.

4.4 FCS para a implementação de IA na procura de sustentabilidade ambiental por parte das empresas de manufatura

De acordo com Jabbour *et al.* (2018) apresentam um estudo onde refere os fatores críticos de sucesso (FCS) para a implementação de tecnologias de IA de modo que as empresas de manufatura consigam ser ambientalmente sustentáveis.

Os FCS citados são: *Liderança de gestão*, capaz de inspirar seguidores a ignorar os seus próprios interesses; *Prontidão para mudança organizacional*, necessário redesenhar a estrutura organizacional, objetivos e estratégia tendo em conta a mudança a efetuar; *Compromisso da alta administração*, onde gestores de topo precisam de ajustar a mensagem e comportamento de modo a que a organização siga os objetivos propostos; *Alinhamento estratégico*, existindo a necessidade de ajustar a adoção de tecnologias de IA com as metas organizacionais; *Treino e capacidades*, onde se espera a compreensão, manuseio e realização de novas tarefas devido à adoção de novas tecnologias (para funcionários e parceiros da cadeia de abastecimento); *Empowerment*, onde se espera que os funcionários desenvolvam autonomia e responsabilidade para ser inovador e, assim, desenvolver um comportamento pró-ativo (fator importante devido à agilidade e conectividade que a adoção de novas tecnologias trará para a tomada de decisão); *Teamwork and the implementation team*, uma vez que as unidades da organização e parceiros da cadeia de abastecimento vão estar conectados, baseando-se na confiança; *Cultura organizacional*, sendo a resistência à mudança uma potencial barreira para a transição; *Comunicação*, uma vez que a gestão contemporânea é baseada em relações de longo prazo e confiança, a comunicação desempenha um papel fundamental no desenvolvimento do local de trabalho, onde o abastecimento e partilha de informação será a “base” para a aplicação da indústria; *Gestão de projetos*, exigindo equipas de projeto eficazes para

se organizarem com o objetivo de implementar, eficientemente, a nova tecnologia; *Cultura nacional e diferenças regionais*, onde sugere-se que diferenças culturais entre os parceiros da cadeia de abastecimento devem ser consideradas no que diz respeito ao compartilhamento de informações, com a finalidade de promover decisões de fabricação ambientalmente sustentáveis e bem-sucedidas.

Neste sentido, se a organização não conseguir corresponder positivamente a todos os FCS em cima mencionado, poderá existir barreiras à implementação desta nova tecnologia pelo que poderá incorrer em custos excessivos para a organização.

Capítulo 5. Abordagem Teórica

No seguimento da revisão de literatura elaborada no capítulo 2 a 4 da presente investigação, foram vários os pontos de vista apresentados pelos autores respeitantes à aplicação da IA em contextos empresariais. Como resultado de tal investigação, surgiram algumas questões de pesquisa, que serão abordadas em detalhe neste capítulo, que pretendem auxiliar a aprimorar a análise do impacto dos sistemas de IA na sustentabilidade ambiental das várias áreas funcionais de empresas de manufatura portuguesas.

Segundo Marr (2018), atualmente a maioria das definições sobre a IA recai sobre a possibilidade de conseguir resolver problemas cognitivos complexos associados à inteligência humana, de modo a conseguir auxiliar o maior número de pessoas possível e, ao mesmo tempo, reconhecer problemas e criar soluções para o benefício da tecnologia, do ambiente e das sociedades. A IA está cada vez mais omnipresente nos negócios e na indústria sendo que esta tem a capacidade de revolucionar a maneira como descobrimos, aprendemos, vivemos, comunicamos e trabalhamos, ao mesmo tempo, que previne melhor: com mais eficiência e melhores resultados (Kaplan & Haenlein, 2018).

A implementação de sistemas de IA tem fornecido vantagens competitivas à organização, na medida em que melhoram a sua performance e processo de tomada de decisão. Tal como Soni *et al.* (2018) referem, o “aumento de produtividade, eficiência de tempo e custo, redução de erro humano, decisões de negócios mais rápidas, previsão de preferência do cliente e maximização de vendas são algumas das principais vantagens da automação, tecnologias cognitivas e análise de dados usando algoritmos de IA” (Soni *et al.*, 2018: 5). Este aspeto aliado a empresas como *Netflix*, *Google*, *Airbnb*, *Amazon* e *Uber* que conseguiram processar uma enorme quantidade de dados, com sistemas de IA, foram capazes de desenvolver os seus modelos de negócios atuais para novos produtos, mercados e serviços (Borges *et al.* 2021). Ao analisar o cenário competitivo empresarial com o grande volume de dados existente, recursos

escassos e melhores tomadas de decisão, as organizações desejam adotar tecnologias de IA nas suas empresas, principalmente devido ao sucesso da implementação por parte destas corporações digitais mencionadas (Venkatraman, 2017). Em suma as empresas procuram incorporar nas suas organizações novas tecnologias de IA, com o objetivo de alcançar um elevado desempenho e vantagem competitiva.

Contudo a implementação de sistemas de IA não é de fácil adoção por todas as organizações de manufatura. Segundo Jabbour *et al.* (2018), apresenta um estudo onde refere os fatores críticos de sucesso para a implementação de tecnologias de IA de modo que as empresas de manufatura consigam ser ambientalmente sustentáveis. Ao mesmo tempo, autores como Müller & Voigt (2018), Stock & Seliger (2016), Birkel *et al.* (2019), Braccini & Margherita (2018), Fischer *et al.* (2020) afirmam que as organizações tem de ter em consideração os seguintes pontos: é necessário ter espaço suficiente para a implementação destas novas tecnologias; elevados e arriscado investimentos que é necessário realizar, aliado à imprevisibilidade das receitas futuras; assegurar a qualidade dos dados; organizações que superarem barreiras à entrada da nova tecnologia pode originar um aumento de competitividade e dependência de fornecedores que poderá possibilitar que a indústria não seja tão atrativa para que algumas organizações continuem a operar; é esperado que exista uma diminuição dos postos de trabalho; através da transparência dos dados para os restantes parceiros da cadeia de abastecimento poderá ocorrer ataques cibernéticos e espionagem industrial. Desta forma, surgiu a primeira questão de pesquisa deste estudo:

Q1 – Que aspetos são necessários ter em consideração antes da adoção de sistemas de IA na indústria de manufatura para o sucesso da mesma?

Outro ponto interessante, é o facto de não existir conhecimento científico sobre a procura de sustentabilidade ambiental das várias áreas funcionais de empresas de manufatura. Ao analisar a sustentabilidade global, o ponto ótimo encontra-se no meio (ver figura 4, anexo A) sendo este o *Valor Sustentável*, onde se espera que exista um equilíbrio entre as três dimensões de sustentabilidade: na económica, social e ambiental (Braccini & Margherita, 2018). Não obstante, entende-se que as dimensões entram em conflito e sobreposição. Desta forma, é necessária uma visão holística sobre as suas dimensões, com a finalidade de desdobrar totalmente os benefícios nessas vertentes (Müller & Voigt, 2018).

Braccini & Margherita (2018) afirmam que o crescimento da população global e das desigualdades socioeconómicas, as alterações climáticas, a poluição e a crescente escassez de recursos naturais são alguns dos fatores mencionados pelos autores para que a Sustentabilidade seja cada vez mais uma preocupação à escala mundial, e em particular para a indústria. Tendo em conta estes aspetos, autores como Müller & Voigt (2018), Stock & Seliger (2016), Birkel *et al.* (2019), Braccini & Margherita (2018)

analisaram o impacto da utilização da IA na procura de sustentabilidade por parte de empresas de manufatura. São vários os benefícios e riscos facultados na revisão de literatura relativamente aos sistemas de Inteligência Artificial em empresas de manufatura na procura de sustentabilidade; contudo não são específicos para todas as áreas funcionais das empresas de manufatura, apenas focando nas áreas de produção e logística. Nesta lógica, uma vez que as organizações necessitam de alterar o seu alinhamento estratégico para a adoção de tecnologia de IA, todas as áreas funcionais da empresa precisam de seguir esse caminho. Tendo em consideração este aspeto, existe esse *gap* em termos literatura. Desta forma, surgiu a segunda e terceira e quarta questões de pesquisa deste estudo:

Q2: Quais os riscos e oportunidades da utilização de sistemas de IA por parte das empresas de manufatura?

Q3: De que forma as várias áreas funcionais de empresas portuguesas de manufatura conseguem ser ambientalmente sustentáveis através da IA?

Q4 - Em termos percentuais, qual o peso da sustentabilidade ambiental em termos de aplicação às áreas de produção e logística?

O último ponto de interesse para a presente investigação recai sobre o futuro de sistemas de IA na procura de sustentabilidade ambiental por parte das empresas de manufaturas portuguesas.

A sustentabilidade começou a ser um tema gradualmente popularizado entre o meio académico, organizações e sociedade global. A ONU desenvolveu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, suportados por 169 metas com a finalidade de transformar um mundo mais sustentável. Esses objetivos integram a Agenda 2030 sendo que todos os países e *stakeholders* devem tentar atingi-los de forma colaborativa. Devido ao aparecimento do conceito de sustentabilidade, a filosofia corporativa que visava exclusivamente maximizar os lucros da empresa, extinguiu-se. Deste modo, segundo Shields & Shelleman (2015), a definição de sustentabilidade foi adotada no mundo empresarial, onde aborda as partes interessadas, sendo que as organizações que atuem de forma sustentável nas três categorias denominam-se de negócio sustentável, isto é, “atende às necessidades dos seus *stakeholders* sem comprometer a sua capacidade de atender às necessidades do futuro” (Hubbard, 2009, citado por Shields & Shelleman, 2015: 61). Os mesmos autores sugerem uma tendência que tem vindo a evoluir na prática de negócios sustentáveis: a exigência das empresas pertencentes à cadeia de abastecimento em se denominar de “sustentáveis”, isto é, que relatem o desempenho da empresa de acordo com o “resultado triplo financeiro”, onde abrangem a parte económica, social e ambiental da organização, aferindo o seu atual

desempenho em relação à sustentabilidade. Para Frank (2021), este facto é importante uma vez que a sustentabilidade ambiental tem efeitos positivos nas atitudes dos consumidores e, posteriormente, nas intenções de compra dos mesmos; por outras palavras, um produto ambientalmente sustentável tende a aumentar a procura destes bens e, por consequência, a aumentar as receitas da empresa. Desta forma, a empresa necessita de se tornar ambientalmente sustentável para que possa continuar a subsistir no mercado competitivo que existe atualmente.

Segundo Marr (2018), os seres humanos conseguiram provar ser capazes de analisar e interpretar o mundo que os rodeia, usando informações que coletam para provocar mudanças desejadas. A construção de “máquinas inteligentes” é consequência disso mesmo. Vinuesa *et al.* (2020) afirma no seu artigo que os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável referentes à sustentabilidade ambiental são os números 13, 14 e 15: ações climáticas, vida abaixo de água e vida na terra, respetivamente. No seu estudo, afirma que 25 das 27 metas da Agenda 2030, equivalente a 93%, podem ser facilitadas pelo uso de tecnologia de IA. Deste modo, as organizações precisam de procurar estas novas tecnologias de IA, de modo a melhorar, na sua globalidade, a sua sustentabilidade ambiental para serem mais competitivas no mercado. Deste modo, advém a quinta questão de pesquisa;

Q5 - Considera que a procura da sustentabilidade ambiental por parte das empresas portuguesas de manufatura pode contribuir para o futuro da indústria? IA é um mecanismo facilitador ou inibidor para esta evolução?

Capítulo 6. Metodologia

6.1 Modelo de Investigação

Este capítulo tem como finalidade apresentar a metodologia de investigação utilizada, de forma a exprimir todos os aspetos que orientaram as decisões relacionadas com o método do presente estudo.

Esta investigação possui uma dimensão exploratória, visto ser um tema recente e pouco estudado em todo o mundo e especialmente em Portugal. Segundo os artigos que se teve acesso, este será o primeiro com o intuito de analisar o impacto da inteligência artificial na sustentabilidade ambiental das diversas áreas funcionais de empresas de manufatura. Desta forma, entendeu-se que a melhor maneira de alcançar o objetivo da presente investigação seria através de uma investigação qualitativa, uma vez que este atribui uma maior ênfase à interpretação dos fenómenos, tal como Carmo & Ferreira (2008: 199) propõem, “na

investigação qualitativa a preocupação central não é a de saber se os resultados são suscetíveis de generalização, mas sim a de que outros contextos e sujeitos a eles podem ser generalizados”.

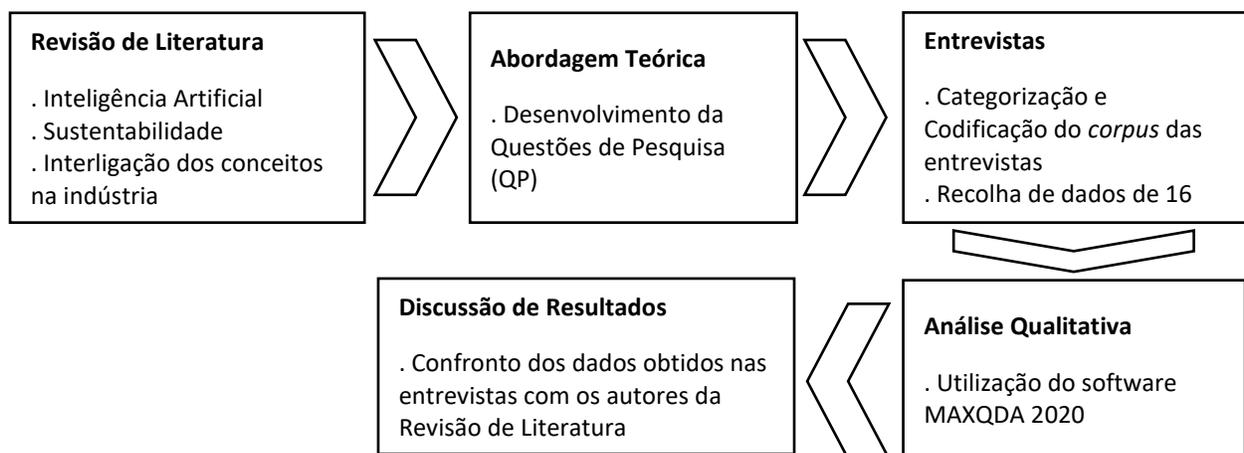


Figura 1 – Desenho do Modelo de Investigação (Elaboração do Autor)

Desta modo, a recolha de dados foi de encontro à realização de 16 entrevistas individuais semiestruturadas, com base na revisão de literatura efetuada, dois quais constituíram uma amostra não probabilística por conveniência (os vários elementos da população não possuem a mesma probabilidade de constituir a amostra, ou seja, não podem ser uma amostra representativa da população, pelo que os resultados da investigação devem ser interpretados com as devidas precauções, não podendo ser generalizados à população em geral), constituída de acordo a disponibilidade e acessibilidade dos especialistas em questão (Carmo & Ferreira, 2008). No entanto, é importante referir que estas tiveram um carácter intencional para fins de constituição da amostra, uma vez que os participantes selecionados representam melhor o fenómeno investigado em termos de conhecimento.

O processamento dos dados obtidos foi realizado com base numa análise de conteúdo rigorosa, elaborada com auxílio do software MAXQDA 2020. Posteriormente, foi realizada a análise de conteúdo das respostas, de forma a obter dados analíticos que permitam retirar conclusões teóricas e empíricas. O intuito desta dinâmica de investigação centra-se numa análise que permita apresentar resultados verídicos e assertivos, dando valor e fundamento à investigação final. Na Figura 1 encontra-se o processo de investigação executado.

Ao nível da discussão e interpretação dos resultados, última etapa da análise de conteúdo, procedeu-se à interpretação dos dados obtidos consoante as questões de pesquisa e a revisão de literatura elaborada, como se poderá ver no capítulo seguinte.

Objetivo de Estudo (OE)	Questões de Pesquisa (QP)	Revisão de Literatura
OE - Analisar o impacto da utilização de sistemas de IA por parte das áreas funcionais na procura das empresas de manufatura serem ambientalmente sustentáveis	QP1 - Que aspetos são necessários ter em consideração antes da adoção de sistemas de IA na indústria de manufatura para o sucesso da mesma?	Jabbour et al. (2018), Müller & Voigt (2018), Stock & Seliger (2016), Birkel et al. (2019), Braccini & Margherita (2018), Fischer et al. (2020)
	QP2 - Quais os riscos e oportunidades da utilização de sistemas de IA por parte das empresas de manufatura?	GAP, Müller & Voigt (2018), Stock & Seliger (2016), Birkel et al. (2019), Braccini & Margherita (2018), Borges et al. (2021), Soni et al. (2018), Venkatraman (2017)
	QP3 - De que forma as várias áreas funcionais de empresas portuguesas de manufatura conseguem ser ambientalmente sustentáveis através da IA? QP4 - Em termos percentuais, qual o peso da sustentabilidade ambiental em termos de aplicação às áreas de produção e logística?	GAP, Shields & Shelleman (2015), Frank (2021), Vinuesa et al. (2020), Marr (2018), Müller & Voigt (2018), Braccini & Margherita (2018), Kaplan & Haenlein, (2018)
	QP5 - Considera que a procura da sustentabilidade ambiental por parte das empresas portuguesas de o futuro da indústria? A IA é considerada um facilitador/inibidor para essa evolução?	Vinuesa et al. (2020), Marr (2018), Shields & Shelleman

Tabela 1 – Relação entre OE, QP e RL (Elaboração do Autor)

Na Tabela 1 é possível analisar a relação entre o objetivo do estudo (OE), as questões de pesquisa (QP) elaboradas na abordagem teórica e a respetiva ligação com a revisão de literatura (RL) executada anteriormente, que são essenciais para a discussão dos resultados desta investigação. O número de entrevistados teve no seu termino com 16 elementos uma vez que começou a haver um *loop* nas respostas dos mesmos, assim, a realização de mais entrevistas não acrescentaria valor à presente investigação.

6.2 Técnica de Recolha de Dados

Com o objetivo de desencadear a perceção e experiências do público-alvo, vão ser selecionados especialistas que percebam do funcionamento das diversas áreas funcionais e inteligência artificial em simultâneo. Optar-se-á, deste modo, por selecionar elementos como professores universitários especialistas em sustentabilidade com conhecimentos de inteligência artificial e professores universitários especialistas em inteligência artificial com conhecimentos de sustentabilidade ambiental uma vez que a temática aborda questões de como as várias áreas funcionais conseguem ser ambientalmente sustentáveis através da utilização de tecnologias de IA, não podendo ser discutidas com especialistas das diversas áreas funcionais nem com especialistas de IA/sustentabilidade de forma individual, uma vez que cada ocupação não tem a necessidade de possuir conhecimentos destas matérias de forma conjunta. Os

entrevistados foram ser contactados por email, onde lhes foi proposta a participação num estudo em que o objetivo será perceber quais as suas opiniões sobre a temática.

Esta representação profissional é diferente das representações sociais na lógica que o resultado final do estudo apenas se aplica aos contextos profissionais mencionados e não à sociedade como um todo. Como Macário & Sá (2016: 4) afirmam, as representações profissionais aplicam-se “membros de um dado grupo profissional, que também partilham a mesma profissão, um repertório e um saber comum e ainda práticas profissionais consensuais”.

Para efeitos de recolha de dados, realizou-se entrevistas semiestruturadas individuais à amostra de 16 elementos, com base na revisão de literatura efetuada. Esta maneira escolhida para capturar a conhecimento dos especialistas envolvidos no estudo é devido a este método não seguir um modelo rígido, ou seja, apesar de existir de um guião de entrevista que conduz os entrevistados para o tema em estudo, existe liberdade para que os entrevistados desenvolvam as suas respostas e linhas de pensamento segundo a direção que considerarem mais adequada (Carmo e Ferreira, 2008). Esta abordagem permite investigar melhor determinados assuntos e integrar perguntas distintas (de especial interesse para a investigação) consoante o progresso das diferentes entrevistas. Para além disto, a entrevista traduz-se na melhor maneira de captar o parecer e expectativas dos profissionais (Vilelas, 2017).

Dados os objetivos da investigação, a entrevista foi considerada o método mais adequado de recolha de informação primária, uma vez que, embora as análises possam estar implícitas num certo grau de subjetividade associado às respostas dos especialistas, é um método que permite que sejam os próprios atores sociais a proporcionarem os dados sobre o fenómeno em estudo (Carmo e Ferreira, 2008). No que diz respeito às desaseis entrevistas realizadas, este valor garante um bom grau de fiabilidade (Vilelas, 2017), tendo em consideração que se enquadra dentro dos parâmetros reconhecidos pelo autor como aceitáveis (entre 15-20 entrevistas).

6.3 Amostra

A presente investigação teve por base uma amostra não probabilística por conveniência, visto que foi constituída de acordo com a disponibilidade dos profissionais contactados. Neste caso, foram selecionados 16 professores universitários com foco em trabalhos de investigação sobre sustentabilidade ou inteligência artificial. Apesar do número de inquiridos, verificou-se que as respostas às questões colocadas foram convergindo, tornando-se semelhantes entre os diferentes especialistas. Assim, a metodologia

adotada consegue garantir a fiabilidade dos dados obtidos para a pesquisa (Carmo & Ferreira, 2008). Em primeiro lugar, no início de cada entrevista, foi realizada uma análise a todas as variáveis que estatisticamente pudessem caracterizar objetivamente a amostra, sobretudo quanto à sua classe etária, sexo, formação académica e número de anos de investigação, com o intuito de entender a amostra existente no que diz respeito à sua natureza e à dimensão da experiência e conhecimento profissional.

Desse modo, 10 eram do sexo masculino (62,5%) e 6 do sexo feminino (37,7%). Relativamente à faixa etária, dividiu-se o intervalo de idades consoante aquilo que se considerou mais adequado. Assim, 3 indivíduos tinham a idade compreendidas entre os 30-39 anos (18,75%); 4 entrevistados com a idade entre os 40-49 anos (25%); 7 participantes com a idade entre os 50-59 anos (43,75%); e por fim 2 indivíduos com a idade entre os 60-69 anos (12,5%) Em termos de habilitações literárias, 1 participante possui o mestrado (a realizar o doutoramento, 6,25%), 13 entrevistados possuem o doutoramento (81,25%) e 2 indivíduos possuem agregação (12,5%). Por fim, e de forma a compreender a opinião dos profissionais, viu-se a necessidade de analisar a experiência ao nível de investigação dos indivíduos (sobre sustentabilidade ou inteligência artificial). Assim, 2 entrevistados têm 5-9 anos de investigação (12,5%); 3 participantes têm 10-14 anos de investigação (18,75%); 5 indivíduos com 15-19 anos de investigação (31,25%); 3 pessoas com 20-24 anos de investigação (18,75%); por último, 3 participantes com 25-29 anos de investigação (18,75%). As figuras de 6 a 9 ilustram esta distribuição (anexo B).

6.4 Procedimento

O procedimento inicial do estudo prende-se com o planeamento e elaboração do guião de entrevista. O guião (anexo C) foi elaborado sempre na ótica do objetivo de investigação em causa: a análise do impacto da inteligência artificial na sustentabilidade ambiental das áreas funcionais de empresas de manufatura.

Os entrevistados foram selecionados através de uma pesquisa exaustiva no *LinkedIn* e *Facebook*. Estes foram contactados por e-mail, propondo-lhes a participação num estudo em que o objetivo seria analisar a opinião dos profissionais sobre a aplicabilidade da IA na procura de sustentabilidade ambiental nas diversas áreas funcionais de empresas de manufatura. As entrevistas foram realizadas online (via zoom) numa data escolhida pelos entrevistados. As entrevistas decorrem entre os meses de janeiro a março de 2022.

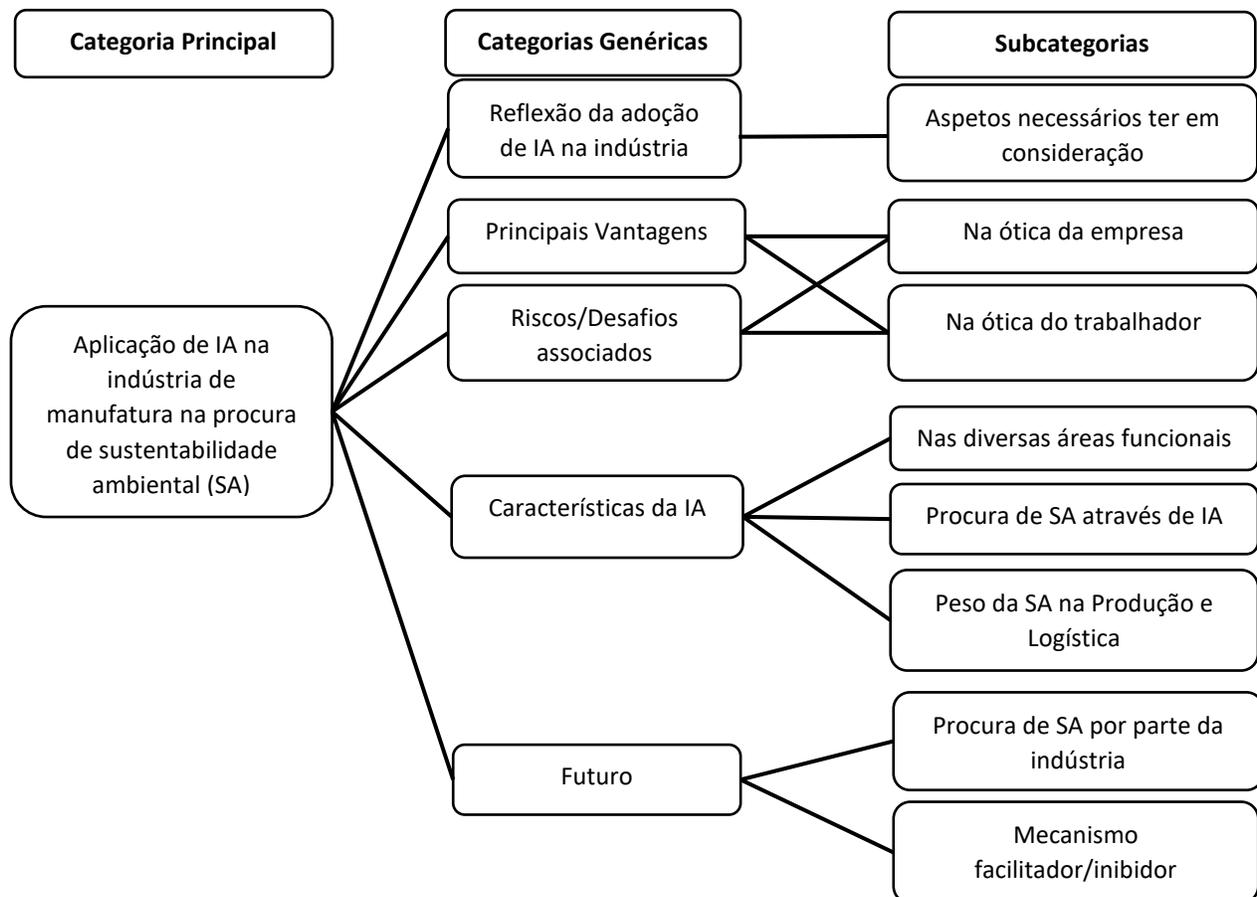
Ao longo da entrevista foram colocadas perguntas de identificação, por forma a reconhecer o inquirido na participação do estudo em causa (ou seja: nome, género, faixa etária, habilitações literárias,

número de anos de experiência profissional) e perguntas de informação, para recolher dados e pareceres dos profissionais entrevistados (Carmo & Ferreira, 2008). Apesar das perguntas terem sido previamente preparadas, a sua maioria foi gerada à medida que a entrevista decorreu, permitindo aprofundar e/ou confirmar determinados dados sempre que existia a necessidade. As entrevistas duraram em média 30 minutos e foram todas gravadas, mediante autorização prévia dos participantes, garantindo sempre a confidencialidade de todos os dados pessoais.

6.5 Técnica de Tratamento de Informação

Foi executada uma análise de conteúdo à informação obtida, isto é, “uma técnica de investigação que permite fazer uma descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto das comunicações, tendo por objetivo a sua interpretação” (Berelson, citado por Carmo & Ferreira, 2008: 269).

Figura 2 - Categorização e codificação do corpus da entrevista para análise qualitativa



Fonte: Elaboração do Autor

Esta engloba diversas etapas, desde a interpretação dos dados qualitativos à apresentação e discussão de resultados (figura 5, no anexo A). Para se proceder a esta técnica de tratamento de informação foi constituído primeiramente o *corpus* para a análise de conteúdo. O *corpus*, na presente investigação, corresponde às 16 entrevistas executadas, que foram transcritas de áudio para texto escrito, e que, por motivos de confidencialidade, não foram colocadas na presente investigação.

Após a constituição do *corpus*, procede-se à definição de categorias. As categorias são “rúbricas significativas, em função das quais o conteúdo será classificado” (Grawitz, citado por Carmo & Ferreira, 2008: 273). Estas foram definidas tanto a priori, com base na revisão de literatura, como a posteriori, baseadas nos dados recolhidos nas entrevistas elaboradas; englobando, desta forma, todos os aspetos importantes para a presente investigação.

A Figura 2 apresenta a categorização e codificação do *corpus* das entrevistas dos quais deram origem à análise qualitativa. Os dados para a análise de conteúdo foram recolhidos de 16 entrevistas semiestruturadas, com perguntas de carácter aberto, elaboradas a professores universitários, como indicado anteriormente. O software utilizado foi o MAXQDA 2020 para a análise de conteúdo, uma vez que este software serve para analisar dados qualitativos e mistos sendo este um auxílio para o processo de organização, classificação e análise dos dados das entrevistas realizadas. Ao nível da discussão e interpretação dos resultados, última etapa da análise de conteúdo, procedeu-se à interpretação dos dados obtidos consoante as questões de pesquisa e a revisão de literatura elaborada.

Capítulo 7. Apresentação e Discussão de Resultados

7.1 Análise do impacto da utilização de sistemas de IA por parte das áreas funcionais na procura das empresas de manufatura serem ambientalmente sustentáveis.

7.1.1 Reflexão da adoção de IA na indústria de manufatura

7.1.1.1 Aspetos necessários ter em consideração antes da adoção de sistemas de IA

A primeira categoria genérica desta investigação, e respetiva subcategoria, pretende inquirir quais os aspetos necessários ter em consideração antes da adoção de sistemas de inteligência artificial na organização para o sucesso da mesma, respondendo à primeira questão de pesquisa.

Com base na análise da tabela 2, destacam-se as três razões mais referidas ao longo das entrevistas do presente estudo. O primeiro entendimento diz respeito à qualidade dos dados e os algoritmos utilizados. Como afirma um dos entrevistados, *“é preciso perceber quais vão ser os dados que vão ser utilizados para treinar para este tipo de algoritmos de modo a otimizar os processos das várias áreas funcionais de empresas de manufatura”*. Tendo em consideração este aspeto, outro entrevistado afirma *“que é necessário haver muitos dados, não só em volume, mas também em qualidade e diversidade de informação: se for apenas muitos dados, mas tendo apenas três ou quatro parâmetros de variabilidade, provavelmente não necessitam de usar IA porque o ser humano é capaz de processar esses mesmos dados para a tomada de decisão”*, e complementando a sua resposta, *“é preciso ter em atenção os resultados desse mesmo algoritmo, tentando o utilizador procurar uma explicação causal do porquê daquela indicação”* sendo que a utilização de uma linguagem natural por parte do sistema inteligente, que auxilie o utilizador no manuseamento do mesmo, facilite o processo de recuperação do caminho percorrido pelo sistema na tentativa de solucionar o problema (Mendes, 1997).

Tabela 2 - Aspetos necessários ter em consideração antes da adoção de sistemas de IA na indústria de manufatura

Texto	Categoria Genérica	Subcategoria	Nº Vezes	Entrevistados
Qualidade dos dados e verificar quais os algoritmos adequados	1.1	1.1.1	14	1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
Perceber o custo/benefício para a organização	1.1	1.1.1	13	1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16
Cultura da empresa	1.1	1.1.1	10	2, 3, 4, 7, 9, 10, 12, 14, 15, 16
Qual o objetivo com a implementação da tecnologia (alinhamento estratégico)	1.1	1.1.1	8	1, 2, 3, 7, 8, 11, 13, 16
Verificar se o colaborador tem capacidade (nova tecnologia)	1.1	1.1.1	7	4, 6, 9, 11, 12, 14, 15
Suporte da Administração e comunicação transparente	1.1	1.1.1	6	4, 5, 8, 10, 13, 16
Equipa de gestão de projetos	1.1	1.1.1	4	1, 4, 7, 11
Espaço para implementar a tecnologia	1.1	1.1.1	3	6, 7, 13
Novas áreas de <i>data science</i> e engenheiros informáticos na indústria	1.1	1.1.1	3	2, 7, 15

Fonte: elaboração do autor

A segunda e terceira razões mais evidente pelos entrevistados recaiu sobre a perceção do custo/benefícios para a organização da nova com a implementação da nova tecnologia e a cultura da empresa, respetivamente. Como sugere um dos participantes *“todos os stakeholders tem de estar*

envolvidos para que o processo de adoção seja um sucesso. Quando falamos em IA estamos a falar de tratamento de dados, otimização, robotização e na parte de manufatura tem de haver uma cultura na organização em que todas as pessoas percebam os benefícios que se podem gerar, porque se não a sua implementação vai falhar”. Como refere outro entrevistado “existem casos de falhanços de implementação de IA porque foi tratado como um mais um upgrade na plataforma tecnológica e a IA tem de ser vista como transversal a todas as áreas (de marketing, comercial, de produção, de suporte). Todas as pessoas têm de perceber que a IA vai revolucionar a empresa e tem que aprender a lidar com estes sistemas. Não existe implementação de sistemas inteligentes se não houver uma profunda adaptação e motivação cultural transversal à organização”. De forma a complementar, um outro entrevistado refere que “as empresas procuram vantagens competitivas. Estas só adotam sistemas de IA caso consigam perceber as vantagens do mesmo para a organização esperando um ROI (Return on Investment) curto e, em termos de custos, o que vão poupar no longo termo”.

Desta forma, é possível afirmar, através da análise de conteúdo das entrevistas, que os resultados obtidos se encontram alinhados com as teorias propostas pelos autores, respondendo à questão de pesquisa 1. Deste modo, cabe a organização através de uma boa análise de mercado saber que ferramentas de IA podem adotar na indústria e, junto das empresas que oferecem esses serviços, perceber qual o retorno esperado dos seus investimentos aliados aos custos inerentes de formar os seus colaboradores para que estes consigam colaborar com os novos sistemas inteligentes (Müller & Voigt, 2018, Birkel *et al.*, 2019) e que ao mesmo tempo assegurem a qualidade dos dados e algoritmos para melhores tomadas de decisões organizacionais (Fischer *et al.* 2020). É necessário comunicar de forma transparente a todos os stakeholders da organização para que estes percebam os benefícios da utilização, com a estratégia que querem seguir, e desejem adotar as novas tecnologias para que a empresa não incorra em custos excessivos com a implementação de sistemas inteligentes na indústria (Braccini & Margherita, 2018, Stock & Seliger, 2016) e que a cultura da organização assim o permita porque a sua resistência poderá ser uma barreira potencial para a transição (Jabbour *et al.*, 2018).

7.1.2 Principais Vantagens da adoção de sistemas inteligentes na indústria de manufatura

A primeira parte da segunda categoria genérica da presente investigação pretendeu inquirir quais as principais vantagens, na ótica da empresa e posteriormente do trabalhador, respondendo à respetiva categoria genéricas que os entrevistados associam à implementação de sistemas de inteligência artificial na indústria de manufatura. Segundo a tabela 3, na ótica da empresa, é possível verificar que a maior

vantagem para a empresa é, através de uma boa análise de dados adjacentes ao uso de sistemas inteligentes, um aumento da eficiência e da qualidade do produto tentando procurar vantagens competitivas de modo a continuar a operar no mundo competitivo e global em que vivemos conseguindo responder com flexibilidade e rapidez à volatilidade do mercado e, por consequência, na customização do produto. Segundo a tabela 4, na ótica do trabalhador, recai sobre a possibilidade de o mesmo poder vir a integrar tarefas mais criativas e de maior valor acrescentado para a empresa uma vez que as máquinas são melhores em trabalhos repetitivos do que o ser humano, libertando-os para outras funções de maior criatividade uma vez que o ser humano é mais criativo e inovativo que a máquina.

7.1.2.1 Na ótica da empresa

Tendo por base a análise da tabela 3 destacam-se os três pontos mais referidos pelos entrevistados do presente estudo. A primeira razão rege-se pelo aumento da eficiência e qualidade do produto. Como refere um dos entrevistados *“as empresas procuram aumentar a produtividade, procuram produzir mais e com melhor qualidade, e claramente que as máquinas estão a fazer isso. Quando se pensa em automatizar obviamente que a máquina tem uma grande vantagem sobre o humano”*. De forma a complementar, um dos participantes afirma que *“é inevitável que a indústria adote sistemas de IA porque estes conseguem ser muito mais produtivos: associados a ter menos riscos, ineficiências e menos desperdícios. No fundo é aquilo que estamos há milhares de anos à procura: de ser mais produtivos e eficientes, procurando vantagens competitivas”*. De forma a sintetizar este ponto, um dos entrevistados sugere que *“questões de produtividade são inevitavelmente associadas a sistemas inteligentes. Por isso, os investidores têm de refletir sobre estes dois pontos: capital ou trabalho. Ao refletirem sobre este assunto, estes tendem a investir na máquina porque é mais produtiva e produz com maior qualidade do que o ser humano, sendo que este migra para outros pontos de maior valor acrescentado para a empresa, ganhando a empresa como também o trabalhador”*.

A segunda razão salienta a redução do erro humano. Como afirma um dos entrevistados *“a pessoa é mais predisposta a fazer erros que uma máquina inteligente. Eu não quero dizer que as máquinas vão substituir as pessoas, mas existem alguns trabalhos que podem ser automatizados por serem muito repetitivos. Não tenho dúvida que máquinas com inteligência artificial podem ser aqui implementadas”*. Como outro participante refere *“através de algoritmos de machine learning, as máquinas vão tendo menos desperdícios, uma vez que aprendem sozinhas, sendo este aspeto essencial para a empresa uma vez que muita das vezes os recursos naturais utilizados no processo de fabrico são escassos e cada vez mais caros”*.

Tabela 3 – Principais vantagens da utilização de IA na ótica da empresa

Texto	Categoria Genérica	Subcategoria	Nº Vezes	Entrevistados
Aumento da eficiência e qualidade do produto	1.2	1.2.1	14	1,2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
Redução de erro humano	1.2	1.2.1	10	1, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16
Novos Insights para melhores tomadas de decisão	1.2	1.2.1	9	2, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 15, 16
Otimização de custos, tempo, inventário e processos	1.2	1.2.1	8	4, 5, 6, 9, 12, 13, 14, 15
Melhor previsão da procura	1.2	1.2.1	5	2, 6, 7, 10, 16
Rápida análise e resposta ao erro	1.2	1.2.1	5	1, 5, 7, 10, 15
Partilha de informações	1.2	1.2.1	4	3, 8, 13, 14
Agilidade operacional	1.2	1.2.1	3	1, 5, 12

Fonte: elaboração do autor

O terceiro entendimento refere-se a novos insights para tomadas de decisão. Como um dos entrevistados refere *“hoje em dia temos acessos a um enorme volume de dados em diversos formatos, sejam eles da organização, de clientes ou de fornecedores. Todos estes dados vão ajudar a ter insights do teu negócio. (...) No caso da indústria será mais válido porque a ela própria vai gerar milhões e milhões de dados, mas tem de ter capacidade para processar e analisar esses mesmos dados. Caso consiga, pode originar novos modelos de negócios e um aumento da gama de produtos oferecidos aos clientes, impactando positivamente na imagem da empresa, na procura de vantagem competitiva”*

7.1.2.2 Na ótica do trabalhador

Tabela 4 – Principais vantagens da utilização de IA na ótica do trabalhador

Texto	Categoria Genérica	Subcategoria	Nº Vezes	Entrevistados
Tarefas mais criativas	1.2	1.2.2	15	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16
Segurança no trabalho	1.2	1.2.2	11	2, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 15, 16
Menos tarefas repetitivas	1.2	1.2.2	8	2, 7, 9, 10, 11, 12, 15, 16
Redução de trabalhos com pouco valor acrescentado	1.2	1.2.2	6	4, 9, 12, 14, 15, 16
Remunerações mais justas	1.2	1.2.2	3	2, 3, 8

Fonte: elaboração do autor

Através da análise da tabela 4, o primeiro entendimento sobre as vantagens do uso de IA na ótica do trabalhador diz respeito a tarefas mais criativas. Como um dos participantes refere que a *“capacidade de*

otimizar a sua eficiência de reduzir as tarefas rotineiras que são mais cansativas e menos agradáveis podem libertar uma parte do tempo do trabalhador para tarefas mais prospectivas e mais estimulantes, mais criativas e intelectuais: por isso mais interessantes, pelo que pode ter remunerações mais justas”. De forma a concluir, um outro participante afirma “o ser humano é bom nos trabalhos de inovação e resolução de problemas de forma criativa, portanto se puder haver lugares na empresa que são mais dedicados a isso e, conseqüentemente, retirar as repetições e tudo o que for perigoso para os seres humanos acho que é muito benéfico para a organização”.

O ponto seguinte e de interesse para a investigação centra-se na segurança do trabalho e menos tarefas repetitivas. Como um dos entrevistados afirma *“as pessoas ao perceberem que estes sistemas inteligentes acabam com as tarefas repetitivas vai ter um impacto na saúde mental e na saúde das pessoas”*. Complementando esta afirmação, um outro participante adiciona *“os colaboradores, com a utilização de sistemas inteligentes, trabalham num ambiente mais limpo e com menos esforço físico. Existem trabalhos que tem muita responsabilidade (exemplo: laboratórios, produtos químicos, poluentes). Se eu consigo implementar algoritmos e máquinas inteligentes vou conseguir tirar um pouco da pressão e da responsabilidade que existe sobre o trabalhador, neste tipo de ambientes que são muito controlados. Ou seja, vai ser muito mais saudável para eles”*.

7.1.3 Riscos/Desafios da adoção de sistemas inteligentes na indústria de manufatura

A segunda parte da segunda categoria genérica da presente investigação pretende averiguar quais os principais riscos/desafios associados, tanto na ótica da empresa como do trabalhador, respondendo à questão de pesquisa 2 identificada, que os entrevistados associam à implementação de sistemas de inteligência artificial na indústria de manufatura. Segundo a tabela 5, na ótica da empresa, é possível verificar que o maior risco para a empresa é o elevado investimento com a impossibilidade de retorno para a organização, uma vez que estes sistemas inteligentes são bastante dispendiosos onde nem todas as empresas os conseguem adquirir, aliados ao facto de as organizações terem de qualificar os seus funcionários ou até mesmo empregar novos com conhecimentos sobre estes sistemas e de cibersegurança para que no futuro não incorram em riscos maiores, tanto na operação destas máquinas como na defesa da sua propriedade intelectual. Segundo a tabela 6, na ótica do trabalhador, a maioria dos entrevistados refere que o maior risco é a substituição do trabalhador por estas máquinas, sendo que este tem de ter a formação adequada para operar com o novo sistema de modo que a empresa tenha um maior proveito desta adoção. Se os colaboradores não compreenderem o sistema, se a formação não for adequada e se

esse sistema não permite responder às necessidades que o trabalhador tem que realizar, naturalmente que depois disso impacta negativamente na produção.

7.1.3.1 Na ótica da empresa

O primeiro entendimento através da análise de conteúdo realizada (tabela 5) refere-se ao facto de a organização ter de realizar elevados investimento aliados a impossibilidade de retorno do mesmo. Tal como afirma um dos participantes *“as empresas podem não perceber bem como utilizar esta nova tecnologia e estarem a gastar dinheiro sem que depois consigam ter benefícios”*. Outro participante refere que *“hoje em dia muita indústria de manufatura está robotizada, mas pouco a pouco deve haver um investimento em máquinas de aprendizagem automática (mas são custos muito elevados) por isso as PME não sei se tem a disponibilidade para investir neste tipo de alterações. Estar num banco e fazer um algoritmo de deteção de fraude é muito mais barato que produzir algoritmos de machine learning”*.

Tabela 5 – Principais riscos da utilização de IA na ótica da empresa

Texto	Categoria Genérica	Subcategoria	Nº Vezes	Entrevistados
Investimentos elevados com impossibilidade de retorno	1.3	1.3.1	13	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16
Custo elevado com formação e aquisição de colaboradores	1.3	1.3.1	9	2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 15, 16
Ataques cibernéticos	1.3	1.3.1	7	4, 6, 7, 9, 11, 13, 14
Problema de qualidade dos dados	1.3	1.3.1	6	1, 2, 8, 9, 10, 16
Empresas tem medo de que os SI tomem conta do processo	1.3	1.3.1	6	2, 4, 5, 7, 13, 15
Recorre em custos se os funcionários não perceberem o benefício	1.3	1.3.1	6	6, 9, 11, 12, 14, 15
Adoção de IA nem sempre acrescenta valor para a organização	1.3	1.3.1	5	3, 8, 9, 14, 15
Possível realocação da fábrica	1.3	1.3.1	3	6, 7, 13

Fonte: elaboração do autor

A segunda razão salienta os custos elevados com a formação e novos colaboradores. Citando um dos participantes *“nem todos os métodos são adequados para resolver todos os problemas como existem problemas que não são adequados para ter resoluções deste tipo. Por isso, tem de haver alguém devidamente qualificado para fazer o acompanhamento dessa solução porque senão as empresas arriscam-se a gastar dinheiro e depois não tenham solução, ou mesmo que tenham uma solução naquele momento depois não a saibam adaptar porque existem coisas, por exemplo, que mudam ao longo do tempo e que é preciso treinar novamente os modelos. Se não houver pessoal qualificado para operar com*

estas novas tecnologias poderá haver uma solução que hoje pode ser viável, mas que daqui a algum tempo não o seja". O terceiro pensamento demonstrado pelas entrevistas realizadas rege-se pelos ataques cibernéticos. Um dos participantes afirma *"cada vez mais assistimos a ataques digitais a empresas, governos e organizações. Portanto, quanto mais eu me integro em rede, ou seja, nas plataformas digitais, mais exposto eu vou ficar para esse tipo de ataques"*. Adicionalmente, outro participante afirma que *"estamos dependentes de sistemas informáticos que dependem de comunicações e servers e outro riscos, conexo com este, aliado a isto é o roubo de propriedade intelectual, portanto perda de capacidade competitiva: se alguém retirar o código do algoritmo que me estava a dar vantagem competitiva eu perco essa mesma vantagem, portanto são risco operacionais de disrupção na cadeia de produção e no processo produtivo mas também riscos associados à proteção da capacidade intelectual"*.

7.1.3.2 Na ótica do trabalhador

O primeiro entendimento, e de maneira geral por todos os participantes analisando a tabela 6, é o facto de poder haver uma substituição do ser humano por máquinas inteligentes. Como afirma um dos entrevistados *"o maior risco para o trabalhador é ser substituído por um sistema inteligente inteligentes para trabalhos que são pouco baseados no conhecimento, mas que de facto vão criar empregos nouro tipo de trabalhos. Não vai existe um maior desemprego por causa da adoção de IA na indústria de manufatura, mas existe a possibilidade de algumas pessoas que tenham pouca formação nestas áreas que tenham mais dificuldades em arranjar trabalho"*. Na mesma linha de pensamento outro participante refere que *"o maior risco é perder o emprego porque a parte de IA vai fazer certas coisas melhor, mais rápido e com mais precisão. Pode haver pessoas que vão perder o emprego, mas não precisa necessariamente caso tenha a formação para trabalhar noutras áreas ou supervisionar estas máquinas"*.

A segunda razão mais referida ao longo das entrevistas, analisando a tabela 6, realizadas é a ineficiente formação. Como reitera um dos participantes *"enquanto o trabalho mais mecânico é substituído pela máquina o ser humano tem duas hipóteses: ou migra para estes lados do last mile (limpeza, faz a manutenção do ar condicionado, trabalhos de fronteira e desce na cadeia de valor) ou então migram para cima (com a devida formação – upskilling) onde aprende a trabalhar com a máquina e tirar o maior partido dela (com Inteligência Artificial, Realidade Virtual, Realidade Aumentada). Assim, é possível desenhar coisas melhor, ser mais produtivo, mais eficiente, aprender melhor, ter cursos de formação com o auxílio de sistemas inteligentes. Neste caso a máquina dá capacidade ao humano para decidir melhor, mais rápido e mais precisamente"*. De forma a complementar a sua análise, o mesmo

participante refere “portanto duas grandes vertentes: da produtividade e otimização que é inexorável e vai tirar o humano do caminho e a outra parte que o humano tem que saber utilizar a máquina para poder ser mais produtivo, mais eficiente, fazer coisas que não sabia, aprender mais rapidamente – mas para isso ele também tem que evoluir em capacidade uma vez que tem de saber lidar com a máquina, tem de saber questionar a mesma e as suas limitações, tem de saber o que e que esta por detrás dos algoritmos para perceber o que e que lhe pode dar e não pode dar, portanto isso obriga tudo a um upskilling. Hoje na indústria de manufatura tens muito controlo de qualidade dos produtos feitos por humanos enquanto pode ser feito com câmara e reconhecimento de imagem, portanto, um produto com defeito é tirado rapidamente da linha com mais precisão do que tendo lá um conjunto de pessoas a fazer esse trabalho”.

Tabela 6 – Principais riscos da utilização de IA na ótica do trabalhador

Texto	Categoria Genérica	Subcategoria	Nº Vezes	Entrevistados
Substituição do trabalhador por máquinas	1.3	1.3.2	16	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
Ineficiente formação	1.3	1.3.2	11	1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 16
Realocação das suas funções	1.3	1.3.2	7	1, 4, 5, 6, 8, 12, 13
Dificuldade de aprendizagem (pessoas de maior faixa etária)	1.3	1.3.2	4	7, 9, 12, 14

Fonte: elaboração do autor

Posto isto, é possível constatar que, através da análise de conteúdo das entrevistas, os resultados obtidos tanto nas oportunidades como nos riscos, se encontram alinhados com as teorias propostas pelos autores, respondendo à de questão de pesquisa 2. Desta forma, cabe às empresas que adotem sistemas inteligentes na sua organização, depois de uma reflexão sobre a adoção da mesma, tentarem mitigar os riscos da implementação dos mesmos e, ao mesmo tempo, retirem o máximo proveito das oportunidades que estes oferecem. Na ótica da empresa, e tal como referem os vários entrevistados, as oportunidades são maiores do que os riscos uma vez que consideram podem melhorar a imagem da empresa aos olhos dos consumidores por ter um maior nível de eficiência, ou seja, produzem mais com os mesmos recursos, impactando positivamente a sustentabilidade ambiental da empresa (Venkatraman, 2017, Birkel et al., 2019, Borges et al., 2021, Soni et al., 2018). Contudo é necessários grandes investimentos financeiros para adquirir estas máquinas como para qualificar os seus funcionários para que o proveito seja o máximo para a organização (Müller & Voigt, 2018). Na ótica do trabalhador, existem duas vertentes: trabalho com a máquina ou divórcio da máquina; não vai haver realidades intermédias (Stock & Seliger, 2016, Braccini & Margherita, 2018). Por isso, cabe às organizações adequar a formação dos seus colaboradores para que,

no futuro, tire melhor partido da escolha da implementação de máquinas inteligentes. Ao mesmo tempo, a maioria dos entrevistados afirma que a substituição do trabalhador pela máquina é o maior risco. Contudo, estes reiteram que não serão perdidos todos os empregos pela adoção de sistemas inteligentes uma vez que os trabalhadores podem ser realocados para outras áreas mais criativas e de maior valor acrescentado para a empresa, aferindo que podem auferir remunerações mais justas e segurança no trabalho (Braccini & Margherita, 2018).

7.1.4 Características da IA

A terceira e quarta categoria genérica da presente investigação, e respetivas subcategorias descritas, pretende inquirir quais as características de IA que já estão a ser utilizadas nas várias áreas funcionais de empresas de manufatura portuguesas e, nas seguintes subcategorias, como é que ajudam a empresa a tornar-se mais ambientalmente sustentável com o auxílio de sistemas inteligentes nas diversas áreas funcionais, perguntando na última categoria (QP4) a percentagem que a áreas de produção e logística impacta em termos de sustentabilidade ambiental, respondendo à terceira e quarta questões de pesquisa identificadas. A maioria dos entrevistados, e respondendo a cada uma das subcategorias, afirma que não existe uma resposta objetiva para a primeira questão levantada uma vez que a utilização de sistemas de IA, afirmando que tem haver com o objetivo que a empresa pretende que seja resolvido, não sendo global a todas as organizações. Posteriormente, referiram que a área de produção e logística são as que tem um maior impacto em termos ambientais sugerindo que é necessário ter em consideração de como colmatar o restante impacto para que a organização, para que no seu todo seja ambientalmente sustentável. De realçar que todas as perguntas realizadas anteriormente tinham um carácter genérico ao contrário das perguntas adiante que são específicas para o conhecimento da indústria portuguesa de manufatura.

7.1.4.1 Nas diversas áreas funcionais de empresas de manufatura

Segundo os entrevistados, analisando a tabela 7, o aspeto mais referido pelos mesmo é tudo o que seja possível de otimizar para uma melhor gestão de tempo e recursos, aliado ao facto de muitos dos participantes não estarem ligados à indústria manufatura portuguesa, mas tem conhecimento da mesma. Tal como sugere um dos entrevistados” depende *exatamente daquilo que se pretende ter como resultado desta tecnologia, não consigo afirmar A, B ou C porque é exatamente uma das coisas que não há uma resposta objetiva. Em função do problema, dos dados, e dos objetivos em concreto é que podemos adequar*

os algoritmos para a resposta final que queremos ver ser respondidas” e como outro participante refere “um dos pontos importante que interessa à empresa é a questão da previsão, não só da procura, mas como de outros eventos futuros que possam vir a condicionar a tomada de decisão. Portanto tudo o que for perspetiva ligada à inteligência artificial eu julgo que são ferramentas essenciais”.

Tabela 7 – Características da IA nas diversas áreas funcionais de empresas de manufatura que podem ser implementadas na indústria portuguesa

Texto	Categoria Genérica	Subcategoria	Nº Vezes	Entrevistados
Tudo o que seja possível de otimização para uma melhor gestão de tempo e recursos	1.4	1.4.1	15	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
Produção – linha de montagem, previsão da procura, análise preditiva das máquinas	1.4	1.4.1	8	1, 2, 6, 9, 11, 12, 13, 14
Logística – previsão da compra de produtos, gestão de frotas	1.4	1.4.1	7	7, 8, 12, 13, 14, 15, 16
Marketing – adequar os anúncios ao perfil de cada pessoa	1.4	1.4.1	7	3, 6, 7, 8, 12, 15, 16
FC – gestão de risco (financeiro e operacional)	1.4	1.4.1	5	4, 6, 7, 8, 9
RH – otimizar recursos humanos	1.4	1.4.1	4	4, 5, 7, 9

Fonte: elaboração do autor

Tal como sugere um dos entrevistados *“eu acho que Portugal ainda tem uma grande caminhada para implementar ferramentas de IA na sua indústria, seja ao nível de produção, logística, parte de previsão dos produtos, mas não digo que não esta a desenvolver trabalhos nesta área. Tenho conhecimento de algumas empresas que trabalham na pesca, agricultura que estão em centros de investigação a trabalhar algoritmos de machine learning para otimizar as culturas agrícolas. Nas empresas tenho conhecimento na logística, agora que o preço do gásóleo e gasolina subiu em pique é importante que façam os itinerários mais otimizados. Um dos primeiros problemas e mais desafiantes da IA tem haver exatamente com isto”.* Complementando a sua análise, o participante sugere que *“pouco a pouco acredito que estas metodologias de machine learning vão ser cada vez mais aplicados na indústria portuguesa”.*

Contudo os participantes afirmaram que existem sistemas de IA, que já estão a ser adotados nas diversas indústrias, que podem ajudar as empresas portuguesas a ser mais competitivas. Isto é, no marketing: *“para fazer ações de marketing completamente customizadas em tempo real. IA poderia ajudar os departamentos de marketing e comunicação destas indústrias a selecionar as pessoas em função dos seus perfis (de consumo e ambiental) com o objetivo de explicar às pessoas a necessidade de reduzir consumos. Provavelmente, no próximo mês, já teria de ter uma mensagem diferente porque o meu*

pensamento já evoluiu (segmentação do target e customização da mensagem para esse mesmo target)”, na logística “otimização de espaço de armazenamento, tempo, custo de transporte e flutuação de custos de transporte. Dando um exemplo de um serviço: caixotes do lixo urbano tinham uns sensores de capacidade e estava ligado a uma ferramenta de gestão e todos os dias o percurso que era feito pelos camiões na recolha de lixo era diferente porque era ditado pelo nível de preenchimento dos caixotes. E depois estabelecia automaticamente por GPS, otimizando também em função do trânsito”, nas finanças e contabilidade “utiliza-se IA nas movimentações financeiras para detetar fraude (FIDAI, unicórnio português)” e nos recursos humanos “com resultados desastrosos, no caso da Amazon que utiliza IA na pré-seleção de candidatos, mas os algoritmos estavam cheios de preconceitos. Mas pelo lado contrário o LinkedIn que conseguem emparelhar as competências das pessoas com aquilo que as empresas procuram” e na área de produção “através de sistemas inteligentes que identificam quando um produto não está conforme a qualidade desejada, através de algoritmos de machine learning, aciona alarmísticas na linha de produção para retirar esse produto e verificar onde foi feito o erro (de modo que a máquina aprenda)”.

7.1.4.2 Como as áreas funcionais podem ser ambientalmente sustentáveis através de IA?

Como é possível analisar pela tabela 8, o primeiro entendimento segue de encontro com a revisão de literatura efetuada, isto é, na área de produção e logística. Como refere um dos participantes *“quando tu tens fábricas mais inteligentes, tens menos desperdícios, tens produções mais otimizadas, portanto aqui também tens impactos de eficiências ambientais. Quando eu produzo com melhor qualidade, e sem defeito, a empresa torna-se mais ambientalmente sustentável”*. Na mesma linha de pensamento outro participante *“na área de produção e logística eu consigo ver tangibilidade na aplicação de IA para a reduzir drasticamente os recursos naturais e trazer valor à empresa”*.

Tabela 8 – Como é que as áreas funcionais de uma empresa de manufatura portuguesa podem ser ambientalmente sustentáveis através de IA?

Texto	Categoria Genérica	Subcategoria	Nº Vezes	Entrevistados
Produção e Marketing - Melhor previsão da procura	1.4	1.4.2	14	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16
Produção – Qualidade e eficiência dos produtos	1.4	1.4.2	10	1, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16
Logística – gestão de frotas	1.4	1.4.2	10	1, 2, 3, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16
Empresa como um Todo	1.4	1.4.2	9	3, 4, 5, 6, 7, 13, 14, 15, 16
Produção - Análise preditiva	1.4	1.4.2	6	2, 6, 8, 11, 15, 16

Fonte: elaboração do autor

Contudo, quando a pergunta foi feita para as restantes áreas funcionais na procura de sustentabilidade ambiental um dos participantes refere *“por norma os vários departamentos das áreas funcionais não polui muito, já é muito ambiental desde que existe a digitalização desses mesmos departamentos. Os únicos desperdícios que as várias áreas têm é de tempo e energia. Se tu pensares como é que os sistemas inteligentes ajudam a tornar uma empresa mais sustentável ambientalmente é preciso focar a empresa como um todo. Acho um erro tentares analisar departamento a departamento uma vez que os únicos gastos destes têm em relação à sustentabilidade ambiental é o uso da energia”*.

Com esta ideia em mente, foi colocada a questão aos vários entrevistados de como é que a empresa podia ser mais ambientalmente sustentável através de uma melhor gestão dos seus recursos energéticos sendo que um dos participantes referiu *“as questões ligadas à energia eu acho que vão ser determinantes porque estamos a assistir preços recorde em termos de energia – a crise energética na europa e a Rússia que subiram o preço do gás – portanto as empresas também vão ter de ser eficientes no ponto de vista energético. Isto pode-se ligar às energias renováveis (saber quando é que há vento, sol, comprar essa energia nos momentos em que está mais barata). Eu tenho de gerir a minha fábrica em função da quantidade e qualidade de energia que eu tenho”*. De forma a complementar outro participante afirma que *“se o próprio sistema de IA for capaz de perceber como é que as pessoas se movem dentro da empresa poderá ser uma forma de decrescer estes custos ambientais e ser mais eficiente em termos energéticos (através de algoritmos de machine learning eles percebem o flow das pessoas dentro da empresa e conseguem perceber diante mão quais os sítios que vão precisar de mais energia)”*. Outro dos participantes refere que *“podemos ter um sistema que se adapte consoante as pessoas que estejam na sala. Por exemplo: se alguém baixa a temperatura manualmente o sistema inteligente vai adaptar a essas mudanças de modo a otimizar os consumos energéticos”*. Do mesmo modo outro participante refere que *“utilizando IA podemos conseguir fazer um cruzamento entre condições climáticas previstas nos próximos dias, atividades operacionais da produção e riscos ambientais associados a essas atividades”*.

Assim, olhando para a empresa como um todo e não apenas para as suas áreas funcionais, a ter esta preocupação a nível energéticos e interligando os dados que a empresa produz de dados com os dados exteriores a organização esta consegue ser mais ambientalmente sustentável. A revolução que temos no nosso quotidiano não é só de sistemas inteligentes: estamos a viver uma revolução que cruza sistemas inteligentes com revoluções energéticas, cruza com revoluções de computadores cada vez mais rápidos que permitem tratar este grande volume de informação, avanço na área de armazenamento de dados, tratamento e processamento e depois os próprios algoritmos que permitem tirar partido disto.

7.1.4.3 Qual o peso da SA em termos de aplicação às diferentes áreas funcionais?

Como é possível analisar pela tabela 9, os participantes foram convergindo nas suas respostas afirmando que as áreas de produção e logística são aquelas que mais podem ajudar à procura de sustentabilidade ambiental por parte das empresas de manufatura, onde 13 dos participantes referem que o peso é de +70%. Como refere um dos participantes, *“80-90% - e os restantes 20% fazem parte das áreas administrativa, o resto da empresa. Apesar disso, aqueles 20% até que ponto é que as empresas não devem apostar na procura de sustentabilidade ambiental?”*.

Tabela 9 – Qual o peso da SA da produção e logística nas empresas de manufatura

Texto	Categoria Genérica	Subcategoria	Nº Vezes	Entrevistados
80%-90%	1.4	1.4.3	8	2, 3, 5, 6, 9, 13, 14, 16
70%-80%	1.4	1.4.3	5	1, 4, 8, 11, 12
60%-70%	1.4	1.4.3	2	7, 10
+50%	1.4	1.4.3	1	15

Fonte: elaboração do autor

Com base na resposta dos participantes, foi questionado sobre o facto da importância da procura de sustentabilidade ambiental na restante percentagem que os vários inquiridos responderam sendo que a resposta se mostrou bastante positiva. Tal como um dos participantes referiu na entrevista *“uma das minhas áreas de investigação é o impacto ambiental de materiais da construção, e, portanto, emissões de Co2 associadas nos materiais. A madeira que venha de florestas geridas de forma sustentável retém mais carbono do que é necessário no corte, no processamento e no transporte. Portanto deste ponto de vista uma peça em madeira tem um carbono incorporado negativo, isto é, retém. E, portanto, se você juntar a produção numa fábrica dessas tem sempre um impacto (porque tem máquinas a trabalhar, precisa de energia, alguns poluentes – aí esta o grande impacto ambiental) mas no final o que sai daquela fábrica tem um impacto negativo, no sentido em que retém. (...) Vou lhe dar um exemplo que conheço muito bem das minhas áreas de especialidade: há 20 anos começou a falar-se a sério de eficiência energética nos edifícios e, portanto, começaram-se a tomar medidas para reduzir o consumo energético nos edifícios, por isso o consumo tende a reduzir significativamente para o mesmo conforto e nível de luz, etc. O que é que está a acontecer agora? Vamos imaginar um edifício novo a estrear num período de 20 anos, e tenho a energia necessária para pôr o edifício a funcionar e tenho a energia que vai incorporada nos materiais. Logo quando o edifício começa a trabalhar eu tenho ali um conjunto de materiais. Antes de começar a trabalhar o edifício já tem um impacto ambiental da energia incorporada que ali está, e depois ao longo*

desse 20 anos tenho a energia toda necessária para pôr a fábrica a funcionar. Há 20 anos atrás a energia incorporada era cerca de 10% desse total e a energia operacional cerca de 90%, hoje nos edifícios mais inteligentes que existem a energia incorporada já é cerca de 50%”.

Com base no que foi descrito em cima, e remetendo para a minha problemática de investigação, 80% da poluição ambiental tem haver com produção e logística, até que ponto não é necessário ter a preocupar com os restantes 20%? Quando o processo de produção e logística for otimizado o resto da preocupação ambiental por parte das empresas de manufatura portuguesa vai valer metade e, por isso, desse ponto de vista a presente investigação pode parecer prematura, mas é desse ponto de vista prospetiva. Está a ser analisado um problema que não sendo evidente hoje vai com certeza tornar-se mais evidente num futuro próximo. Deste modo, estão aqui duas propostas para uma melhor gestão ambiental: através de uma otimização de recursos energéticos e com uma análise preditiva dos possíveis impactos ambientais com a respetiva redução dos mesmos utilizando sistemas de IA por parte de empresas de manufatura portuguesas, tentando assim responder ao *GAP* que existe em termos de procura de sustentabilidade ambiental por parte das empresas como um todo e não olhando apenas para as áreas que são mais propícias a terem um maior impacto ambiental. Contudo, é necessário que a indústria portuguesa de manufatura adote sistemas de inteligência artificial nas áreas de produção e logística com o objetivo de procurarem a sustentabilidade ambiental na sua organização, realocando os seus funcionários para locais de maior criatividade, e com a devida formação, com o intuito de quando estas áreas estiverem otimizadas em termos de impactos ambientais exista um foco dos colaboradores de como conseguem ser melhores a nível energético, utilizando tecnologias de IA.

7.1.5 Futuro

A quinta, e última, categoria genérica da presente investigação, e respetivas subcategorias descritas, pretende inquirir se a procura de sustentabilidade ambiental por parte das empresas de manufatura portuguesa pode contribuir para o desenvolvimento futuro da mesma e, na seguinte subcategoria, se a IA é considerado um mecanismo facilitador ou inibidor para essa evolução, respondendo assim à quarta questão de pesquisa levantada. De acordo com a análise de conteúdo realizada, é possível concluir que os participantes concordam com a primeira afirmação, reiterando que a IA é um mecanismo facilitador para essa evolução uma vez que o consumidor está cada vez mais consciente na procura de produtos que sejam ambientalmente sustentáveis, em toda a sua cadeia de valor, concluindo que o grande problema de impactos ambientais advém das indústrias.

7.1.5.1 Procura de SA por parte da indústria contribui para o desenvolvimento da indústria?

Analisando a tabela 10, os entrevistados afirmam que concordam que a procura de sustentabilidade ambiental contruiu para o desenvolvimento futuro da indústria. Tal como refere um dos participantes *“eu acho que sim, já existem empresas a tentar perceber como é que elas se podem tornar mais eficientes e mais sustentáveis para o ambiente porque os recursos são limitados. As grandes empresas como a Amazon já estão a tentar ver formas de como é que eles podem reequipar toda infraestrutura de forma a ter em conta que daqui a uns anos os recursos vão ficar muito caros. Por isso sim, eu acho as empresas devem pensar como é que na sua arquitetura podem implementar sistemas mais eficientes para o ambiente”*. Ao mesmo tempo outro dos participantes refere *“isso é o futuro, claramente que na parte da indústria e na forma de como ela percebe a evolução do mercado e entre todos existe uma atitude de proteção do ambiente (deliberada, consertada) claramente que tem um impacto muito significativo. É claramente que parte da indústria os problemas que temos de hoje em dia (poluição, plásticos), no fundo acho que a indústria tem um papel pivot em tudo o que são estas alterações e integração de sistemas verdes. Impacta positivamente o futuro das empresas, das pessoas e seus clientes e na cadeia de valor envolvente e na comunidade que estão inseridos”*. De forma a concluir, um outro participante refere *“claro que sim, porque a procura dessa sustentabilidade ambiental vai tornar mais duradoura a atividade da empresa porque a vai tornar menos dependente de recursos não renováveis e de riscos significativos. Não é só uma questão de se proteger o ambiente, é uma questão de manter a capacidade de atividade. Se eu procurar sustentabilidade no meu processo estou a procurar ter menos impacto, mas estou a procurar sofrer menos desse impacto. E desse ponto de vista estou a assegurar que a minha empresa se torna mais resiliente, portanto face sobretudo a fenómenos extremos (que podem ser naturais ou de mercado)*.

Tabela 10 – Procura de SA por parte da indústria contribui para o desenvolvimento da indústria?

Texto	Categoria Genérica	Subcategoria	Nº Vezes	Entrevistados
Concordo	1.5	1.5.1	15	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16
Discordo	1.5	1.5.1	1	15

Fonte: elaboração do autor

O *outlier*, como podemos ver na tabela, é porque o entrevistado refere *“as empresas apenas fazem um redifining delas e começam a falar de sustentabilidade (por necessidade) mas muitas das vezes os processos que estão a ser trabalhados não estão a ser 100% sustentáveis”*, por isso é necessários existir relatórios de sustentabilidade de toda a cadeia de abastecimento para assegurar que o produto final é verdadeiramente “verde” tal como refere Shields & Shelleman (2015).

Deste modo, e aliado ao facto de haver uma maior consciencialização da população no momento da compra como refere um dos participantes *“eu acho que hoje em dia, as pessoas da tua geração, começam a escolher as empresas muito com base em critérios de sustentabilidade ambiental. As pessoas que olham para as empresas, não é devido ao preço praticado pelas mesmas, mas sim pela conscientização da organização em relação ao ambiente. Cada vez mais as pessoas procuram “produtos verdes” e não se importam de pagar um pouco mais em vez das empresas que não tenham essa ideia em mente”* as empresas devem apostar nestas novas tecnologias na procura de vantagens competitivas para se conseguirem manter no mercado.

7.1.5.2 IA mecanismo facilitador ou inibidor?

O primeiro entendimento proveniente da análise de conteúdo realizada, tabela 11, é que a IA é um mecanismo facilitador para o desenvolvimento futuro da indústria. Como referido por um dos participantes *“é facilitador porque a IA vai me ajudar a processar mais dados e ter capacidade de procurar novas soluções, ou seja, vai me encontrar novas hipóteses e oportunidades de fazer as coisas de maneira mais eficiente e eficaz”*, aliado ao facto de *“não existe nada que as empresas façam que não dependa de um recurso natural, isto para toda a cadeia de valor”*, por isso as empresas precisam de saber onde podem otimizar para despendarem menos recursos naturais.

Tabela 11 – IA, mecanismo facilitador ou inibidor

Texto	Categoria Genérica	Subcategoria	Nº Vezes	Entrevistados
Facilitador	1.5	1.5.2	11	1, 2, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16
Marginal	1.5	1.5.2	3	3, 10, 11
Inibidor	1.5	1.5.2	2	4, 9

Fonte: elaboração do autor

Na mesma lógica, um dos entrevistados refere que *“eu acho que é facilitador a longo termos e inibidor a curto tempo. Porque uma empresa que já está feita vai ter que investir bastante em transformar-se para ser mais sustentável ambientalmente, ou seja, no curto tempo pode haver mais gastos do que ganhos. No longo termo acho que vai haver mais ganhos não só porque a empresa em si esta a ser mais sustentável, logo a perder menos recursos e dinheiro. O consumidor ao saber novas revoluções da empresa vai escolher essa empresa em comparação a outras empresas que não tem qualquer visão ambientalista”*.

Contudo, alguns participantes também referiram que é um inibidor caso a empresa *“não tenha grande processamento de dados e que tem processos de já estão tão bem definidos ao longo de dezenas ou*

centenas de anos estar a utilizar IA aqui é como usar um canhão para matar uma formiga. Pode simplesmente não ser adequado, exemplo da indústria de queijo: o processo produtivo já está otimizado aos anos” ou então como afirma um dos entrevistados *“pode haver empresas que não utilizem IA, mas procuram a sustentabilidade ambiental no seu processo de fabrico como outras empresas que utilizem IA e não são sustentáveis. Um dos maiores investidores em Inteligência Artificial foi a DARPA, agência de defesa dos Estados Unidos, que não são propriamente um modelo de sustentabilidade”*. Assim, é necessário assegurar que quem desenvolve estes sistemas tenha em mente a estratégia da empresa para que depois a sua implementação seja um sucesso e não incorra em custos elevados com a tentativa de implementação da mesma.

Assim, e tendo em conta a rigorosa análise de conteúdo realizada, é possível concluir que a maioria dos participantes referem que a procura de sustentabilidade ambiental por parte das empresas de manufatura é o futuro da indústria sendo que a IA é um mecanismo facilitador dessa mesma evolução. Desta forma, cabe a cada empresa que tentem adotar estes novos sistemas inteligentes uma vez que, através de estudos já demonstrados e pelas respostas dos participantes, estes conseguem ser ambientalmente sustentáveis uma vez que tem menos desperdício e uma maior eficiência que os seres humanos não o conseguem alcançar isolados (Vinuesa et al., 2020, Marr, 2018, Braccini & Margherita, 2018). De modo que os consumidores tenham a certeza que o produto que estão a adquirir é um produto verde cada um dos elementos da cadeia de abastecimento tem de assegurar isso mesmo. Para isso, devem relatar o desempenho da sua empresa de acordo com a TBL onde abrangem a parte económica, social e ambiental da organização, aferindo o seu atual desempenho em relação à sustentabilidade uma vez que a sustentabilidade ambiental tem efeitos positivos nas atitudes dos consumidores e, posteriormente, nas intenções de compra dos mesmos para que as organizações consigam continuar a operar e a maximizar as suas receitas (Frank, 2021; Shields & Shelleman, 2015).

Capítulo 8. Conclusão

8.1 Considerações Finais

Um elemento de sucesso crescente para as empresas é a implantação de tecnologias de inteligência artificial, que as ajuda a destacarem-se no meio competitivo da sociedade empresarial. Esta matéria na área industrial é importante, uma vez que esta tem vindo a caminhar no sentido da automação e, passo a passo, na adoção de sistemas inteligentes (Soni et al., 2018; Borges et al., 2021; Venkatraman, 2017). As

empresas que adotam inteligência artificial nas suas organizações procuram uma melhor performance organizacional e vantagem competitiva sobre os seus concorrentes na procura de maximizar as suas receitas, uma vez que IA é considerada uma tecnologia “com maior potencial disruptivo em evidência atualmente”, atraindo o interesse de investigadores e organizações (Borges *et al.* 2021: 1).

No quotidiano, em ambientes empresariais, a IA pode ser considerada uma tecnologia que foi introduzida como um meio de simular o desempenho humano, com o intuito de tirar as suas próprias conclusões por meio da aprendizagem, auxiliando, assim, a cognição humana ou, até mesmo, a substituição do ser humano em tarefas que requerem cognição. Na sua globalidade, as tecnologias de IA são capazes de permitir “melhorias de desempenho em termos de velocidade, flexibilidade, personalização, escala, inovação e tomada de decisão” (Borges *et al.*, 2021: 4). Neste seguimento, as organizações podem beneficiar do uso de IA em diversas funções: na automação de processos; através de análise de dados, obter *insights* para a tomada de decisão; comprometer clientes e funcionários; e, desenvolvimento de novos produtos e serviços.

Com o intuito de responder mais rapidamente do que as empresas concorrentes já existentes no mercado, o mundo empresarial tem exigido tempos de time-to-market mais curtos na era digital em que vivemos (Venkatraman, 2017). A inovação, ao longo da história, está aliada à melhoria do padrão de vida, uma vez que as empresas tentam responder às necessidades e expectativas dos seus atuais e potenciais consumidores, sendo que estes possuem melhores atitudes e intenções de compra sobre produtos ambientalmente sustentáveis devido à consciencialização das alterações climáticas e recursos escassos, problemas do nosso quotidiano (Frank, 2021). Contudo, o processo de inovação é altamente disruptivo, podendo transformar tecnologias antigas em obsoletas. Assim, é importante que as empresas estejam ligadas às tendências do mercado para continuarem a operar no mundo competitivo (Soni *et al.*, 2018). Uma vez que a organização tem a necessidade de alterar o seu alinhamento estratégico de acordo com a implementação das novas tecnologias, todas as áreas funcionais da empresa têm de caminhar em conta com essa nova estratégia e não só na área de produção e logística, como descrito na revisão de literatura efetuada, na procura de sustentabilidade ambiental em todas as suas áreas funcionais. No seguimento da revisão de literatura sobre as temáticas de IA e sustentabilidade, com foco no aspeto ambiental, e após a realização de entrevistas a 16 professores universitários com conhecimentos sobre estas temáticas, foi possível chegar a um conjunto de conclusões pertinentes acerca do tema escolhido.

Tendo em conta o objetivo principal, foram elaboradas cinco categorias genéricas: a primeira acerca da reflexão da adoção de IA na indústria; a segunda e terceira relativa à às principais vantagens e riscos

associados na adoção de sistemas inteligentes na indústria, a quarta referente às características da IA na indústria de manufatura portuguesa e por último o futuro da mesma na indústria em Portugal. Como tal, as entrevistas realizadas para dar resposta a estas questões centraram-se nestes pontos fundamentais: 1) aspetos necessários ter em consideração antes da adoção de sistemas de IA; 2) potenciais vantagens e riscos associados, tanto do ponto de vista da empresa, como do trabalhador, na adoção de sistemas de IA; 3) as características da IA nas diversas áreas funcionais de empresas de manufatura, como também de que maneira é que as áreas funcionais podem ser ambientalmente sustentáveis através de IA. Aliado à última questão desenvolveu-se uma questão: 4) qual o peso da sustentabilidade ambiental em termos de aplicação às diferentes áreas funcionais; e, por último, 5) a procura da sustentabilidade ambiental por parte das empresas de manufatura pode contribuir para o desenvolvimento futuro da indústria e se considera a AI um mecanismo facilitar ou inibidor para essa evolução.

No que concerne à primeira parte da primeira questão de pesquisa “Que aspetos são necessários ter em consideração antes da adoção de sistemas de IA na indústria portuguesa de manufatura para o sucesso da mesma”, foi possível concluir cabe a organização através de uma boa análise de mercado saber que ferramentas de IA podem adotar na indústria e, junto das empresas que oferecem esses serviços, perceber qual o retorno esperado dos seus investimentos aliados aos custos inerentes de formar os seus colaboradores para que estes consigam colaborar com os novos sistemas inteligentes (Müller & Voigt, 2018, Birkel et al., 2019) e, ao mesmo tempo, que assegurem a qualidade dos dados e algoritmos para melhores tomadas de decisões organizacionais (Fischer et al. 2020). É necessário comunicar de forma transparente a todos os stakeholders da organização para que estes percebam os benefícios da utilização, com a estratégia que querem seguir, e desejem adotar as novas tecnologias para que a empresa não incorra em custos excessivos com a implementação de sistemas inteligentes na indústria (Braccini & Margherita, 2018, Stock & Seliger, 2016) e que a cultura da organização assim o permita porque a sua resistência poderá ser uma barreira potencial para a transição (Jabbour et al., 2018).

Relativamente à segunda questão de pesquisa “Quais as oportunidades e riscos da utilização de sistemas de IA por parte das empresas manufatura nas suas áreas funcionais, tanto na ótica do trabalhador como da empresa”, cabe às empresas que adotem sistemas inteligentes na sua organização, depois de uma reflexão sobre a adoção da mesma, tentem mitigar os riscos da implementação dos mesmos e, ao mesmo tempo, retirem o máximo proveito das oportunidades que estes oferecem. Na ótica da empresa, e tal como referem os vários entrevistados, as oportunidades são maiores do que os riscos uma vez que consideram podem melhorar a imagem da empresa aos olhos dos consumidores por ter um maior nível

de eficiência, ou seja, produzem mais ou tanto com os mesmos recursos, impactando positivamente a sustentabilidade ambiental da empresa (Venkatraman, 2017, Birkel et al., 2019, Borges et al., 2021, Soni et al., 2018). Contudo é necessários grandes investimentos financeiros para adquirir estas máquinas como para qualificar os seus funcionários para que o proveito seja o máximo para a organização (Müller & Voigt, 2018). Na ótica do trabalhador, existem duas vertentes: trabalho com a máquina ou divórcio da máquina; não vai haver realidades intermédias (Stock & Seliger, 2016, Braccini & Margherita, 2018). Por isso, cabe às organizações adequar a formação dos seus colaboradores para que, no futuro, retirem o melhor proveito da escolha da implementação de máquinas inteligentes. Ao mesmo tempo, a maioria dos entrevistados afirma que a substituição do trabalhador pela máquina é o maior risco. Contudo, reiteram que não serão perdidos todos os empregos pela adoção de sistemas inteligentes uma vez que os trabalhadores podem ser realocados para outras áreas mais criativas e de maior valor acrescentado para a empresa, aferindo que podem auferir remunerações mais justas e segurança no trabalho (Braccini & Margherita, 2018).

Relativamente à terceira e quarta questões de pesquisa pretende-se perceber os conhecimentos de que tipo de sistemas de inteligencia artificial que os entrevistados conhecem e que podem ser aplicados na industria portuguesa de manufatura e da maneira de como estes podem ajudar na procura de sustentabilidade ambiental. Desse modo, a resposta com mais resultados foi na área de produção e logística, isto é, com o uso de IA a empresa consegue reduzir o desperdício, reduzir o uso de matéria-prima (uma vez que tem maior produtividade e eficiência), uma melhor gestão ao nível de recursos energéticos e reduzir o erro humano. Consequentemente o produto vem com maior qualidade e através de uma análise de previsão de procura a empresa apenas necessite de produzir o necessário de modo a maximizar as suas receitas. Contudo quando confrontados de como é que as restantes áreas funcionais conseguiram ser ambientalmente sustentáveis através de IA, os entrevistados sugeriram que é necessário analisar a empresa como um todo, não olhando apenas para as áreas funcionais, uma vez que os únicos desperdícios que as áreas funcionais têm é de tempo e energia. Com esta ideia em mente, foi questionado aos participantes qual o peso que a área de produção e logística têm em termos de impacto ambiental para a organização, sendo que 13 dos 16 entrevistados afirmam que corresponde a mais de 70%. Assim, e remetendo para a minha problemática de investigação (tentando responder ao GAP existente), 80% da poluição ambiental tem haver com produção e logística, até que ponto não é necessário ter a preocupar com os restantes 20%? Quando o processo de produção e logística for otimizado o resto da preocupação ambiental por parte das empresas de manufatura portuguesa vai valer menos e, por isso, desse ponto de vista a presente investigação pode parecer prematura, mas é desse ponto de vista prospetiva. Está a ser

analisado um problema que não sendo evidente hoje vai com certeza tornar-se mais evidente num futuro próximo.

Deste modo, apresento duas propostas para uma melhor gestão ambiental: através de uma otimização de recursos energéticos (edifícios inteligentes – monitorização do calor numa certa área) e com uma análise preditiva dos possíveis impactos ambientais com a respetiva redução dos mesmos utilizando sistemas de IA por parte de empresas de manufatura portuguesas, tentando assim responder ao *GAP* que existe em termos de procura de sustentabilidade ambiental por parte das empresas como um todo e não olhando apenas para as áreas que são mais propícias a terem um maior impacto ambiental. Contudo, é necessário que a indústria portuguesa de manufatura adote sistemas de inteligência artificial nas áreas de produção e logística com o objetivo de procurarem a sustentabilidade ambiental na sua organização, realocando os seus funcionários para locais de maior criatividade, e com a devida formação, com o intuito de quando estas áreas estiverem otimizadas em termos de impactos ambientais exista um foco dos colaboradores de como conseguem ser melhores a nível energético, utilizando tecnologias de IA.

A quinta, e última, categoria genérica da presente investigação, e respetivas subcategorias descritas, pretende inquirir se a procura de sustentabilidade ambiental por parte das empresas de manufatura portuguesa pode contribuir para o desenvolvimento futuro da mesma e, na seguinte subcategoria, se a IA é considerado um mecanismo facilitador ou inibidor para essa evolução, respondendo assim à quinta questão de pesquisa levantada. De acordo com a análise de conteúdo realizada, é possível concluir que os participantes concordam com a primeira afirmação, reiterando que a IA é um mecanismo facilitador para essa evolução uma vez que o consumidor está cada vez mais consciente na procura de produtos que sejam ambientalmente sustentáveis, em toda a sua cadeia de valor, concluindo que o grande problema de impactos ambientais advém das indústrias. Desta forma, cabe a cada empresa que tentem adotar estes novos sistemas inteligentes uma vez que, através de estudos já demonstrados e pelas respostas dos participantes, estes conseguem ser ambientalmente sustentáveis uma vez que tem menos desperdício e uma maior eficiência que os seres humanos não o conseguem alcançar isolados (Vinuesa et al., 2020, Marr, 2018, Braccini & Margherita, 2018). De modo que os consumidores tenham a certeza que o produto que estão a adquirir é um produto verde cada um dos elementos da cadeia de abastecimento tem de assegurar isso mesmo. Para isso, devem relatar o desempenho da sua empresa de acordo com a TBL onde abrangem a parte económica, social e ambiental da organização, aferindo o seu atual desempenho em relação à sustentabilidade uma vez que a sustentabilidade ambiental tem efeitos positivos nas atitudes dos

consumidores e, posteriormente, nas intenções de compra dos mesmos para que as organizações consigam continuar a operar e a maximizar as suas receitas (Frank, 2021; Shields & Shelleman, 2015).

8.2 Contribuição para a Empresas de Manufatura

A generalidade das organizações sente a necessidade de estar em constante atualização relativamente às inovações presentes no mercado, uma vez que o processo de inovação é altamente disruptivo, podendo transformar tecnologias antigas em obsoletas. Assim, é importante que as empresas estejam ligadas às tendências do mercado para continuarem a operar no mundo competitivo (Soni et al., 2018). Para tal, adotar sistemas inteligentes tem-se verificado uma matéria essencial na adoção da indústria para que as organizações não sejam expulsas do mercado. O presente trabalho visa, deste modo, contribuir para o desenvolvimento da indústria através do uso de IA, refutando as várias áreas funcionais com a utilização de sistemas de IA, abordando os principais fatores-chave para a sua implementação, benefícios e riscos associados, potenciais aplicações e consequências resultantes para as empresas e para as profissões, bem como o desenvolvimento da IA para o futuro da indústria no que concerne aos impactos ambientais.

Por fim, este trabalho vem suscitar questões adjacentes às consequências da implementação de sistemas inteligentes no contexto indústria de manufatura, sobretudo no que concerne ao paradigma da sustentabilidade ambiental. Importa ainda salientar que é primordial dar continuidade à realização de pesquisas aprofundadas nesta temática, de modo a permitir a análise e aquisição de conhecimentos necessários que possibilitem uma melhor compreensão da implementação destes sistemas nas várias organizações provenientes da indústria de manufatura de modo que, olhando para a empresa como um todo através do uso de sistemas de IA, consigam minizar ou mitigar impactos ambientais para que os seres humanos consigam viver num planeta mais sustentável, não prejudicando as gerações futuras.

8.3 Limitações do Estudo

Primeiramente, é importante referir que, toda as informações apresentadas neste estudo, resultam de limitações inerentes a uma investigação reduzida em termos de amostra e de contexto de atuação (especialistas de inteligência artificial e de sustentabilidade ambiental). Neste sentido, os resultados obtidos não podem ser generalizados a outras amostras ou contextos, nem ser representativo de todos os elementos da profissão.

A seguinte limitação centra-se com o facto de, sendo este um projeto académico com limitação de tempo, não haver a possibilidade de deslocação às empresas para presenciar in loco e analisar o quotidiano de um profissional que trabalhe com sistemas inteligentes, com o intuito de analisar as suas percepções sobre o mesmo.

A última limitação possível de verificação rege-se pelo facto de o público-alvo escolhido em termos de amostra não estarem diretamente relacionados na indústria de manufatura, uma vez que uma vez que a temática aborda questões de como as várias áreas funcionais conseguem ser ambientalmente sustentáveis através da utilização de tecnologias de IA, não podendo ser discutidas com especialistas das diversas áreas funcionais nem com especialistas de IA/sustentabilidade de forma individual, uma vez que cada ocupação não tem a necessidade de possuir conhecimentos destas matérias de forma conjunta. Com esta ideia em mente, poderá existir a perceção na leitura dos resultados que os entrevistados possam “confundir” termos como automatização e IA. Contudo, através da revisão de literatura efetuada, estes dois termos podem ser associados uma vez que IA está correlacionada com a automatização. Deste modo, quando os entrevistados se referem a “máquinas” estes referem-se a “máquinas inteligentes” (McKinsey Global Institute, 2017, Reis, J, *et. al.*, 2020).

8.4 Sugestões para Futuras Investigações

Algumas das limitações acima referidas poderão ser mitigadas através de determinados aspetos a ter em conta nos próximos estudos. Assim, em baixo, encontra-se em forma de sugestões, parâmetros que podem ser alterados.

A primeira sugestão prende-se com a observação in loco de alguns profissionais que laborem diariamente inteligência artificial, permitindo uma recolha e análise de informação qualitativa mais aprofundada. Outra sugestão centra-se com a extensão do estudo a outros países, como forma complementar; ou até a um determinado setor de atividade, tornando o estudo mais concreto e conciso. A última sugestão é relativa à projeção futura dos sistemas inteligentes na indústria, como profissão e como matéria de ensino. Seria interessante analisar o futuro dos sistemas inteligentes na execução de determinadas tarefas específicas, bem como a projeção futura do ensino nas instituições de ensino superior relativamente à profissão de *data scientists*, com a especificidade de como várias máquinas distintas, na mesma linha de produção, conseguem comunicar entre si de modo a que exista uma maior agilidade operacional com o intuito de minimizar os impactos ambientais da organização.

9. Referências Bibliográficas

- Birkel, H., Veile, J., Müller, J., Hartmann, E. & Voigt, K. (2019) Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the Context of Sustainability for Established Manufacturers. *Sustainability*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/su11020384>.
- Borges, A., et al. (2021). The strategic use of artificial intelligence in the digital era: Systematic literature review and future research directions. *International Journal of Information Management*, Volume 57, 102225, ISSN 0268-4012. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102225>.
- Braccini, A. & Margherita, E. (2018). Exploring Organizational Sustainability of Industry 4.0 under the Triple Bottom Line: The Case of a Manufacturing Company. *Sustainability*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/su11010036>.
- Carmo, H & Ferreira, M. (2008). *Metodologia da Investigação: Guia para auto-aprendizagem*. Universidade Aberta. ISBN: 978-972-674-512-9.
- Costa, E. (2009). Inteligência artificial aplicada à Zootecnia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28: 390-396.
- Elliot, V., Paananen, M., & Staron, M. (2020). Artificial Intelligence for Decision-Makers. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 17(1), 51–55. <https://doi.org/10.2308/jeta-52666>
- Fischer et al. (2020). AI System Engineering—Key Challenges and Lessons Learned. *Machine Learning and Knowledge Extraction*. 2021; 3(1):56-83. <https://doi.org/10.3390/make3010004>
- Frank, B. (2021). Artificial intelligence-enabled environmental sustainability of products: Marketing benefits and their variation by consumer, location, and product types. *Journal of Cleaner Production*, Volume 285, 125242, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125242>.
- Gomes, D. (2010). Inteligência Artificial: Conceitos e Aplicações. *Revista Olhar Científico*. Volume 01, n.2.
- J. Reis, M. Amorim, N. Melão, Y. Cohen, and M. Rodrigues, “Digitalization: A Literature Review and Research Agenda,” pp. 443–456, March 2020, doi: 10.1007/978-3-030-43616-2_47.
- Jabbour, A., et al. (2018). When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 132: 18-25, ISSN 0040-1625, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.017>.
- Kaplan, A. M. & Haenlein, M. (2018). Siri, Siri, in My Hand: Who’s the Fairest in the Land? On the Interpretations, Illustrations, and Implications of Artificial Intelligence”, *Business Horizons*, 62/1, 15-25.
- Macário, M. & Sá, C. (2016). Entre os sentidos atribuídos à colaboração e a possibilidade de mudança. *Análise Psicológica*, 34, 133-146. doi: 10.14417/ap.1013.

- Marr, B. (2018). What is artificial intelligence and how will it change our world? [Em linha] Disponível em: <https://bernardmarr.com/what-is-ai/> [Acesso em: 2021/10/17].
- McKinsey Global Institute. (2017). Digitalization, AI, and the Future of Work: Imperatives for Europe. [Em linha]. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/europe/ten%20imperatives%20for%20europe%20in%20the%20age%20of%20ai%20and%20automation/digitization-ai-and-the-future-of-work.ashx> [Acesso em: 2022/06/14].
- Mendes, R. (1997). Inteligência artificial: sistemas especialistas no gerenciamento da informação. Brasília, 26 (1).
- Mesquita, C. (2017). Inteligência Artificial e Machine Learning em Cardiologia – Uma Mudança de Paradigma. *International Journal of Cardiovascular Sciences*, 30(3):187-188.
- Müller, J. & Voigt, K. (2018). Sustainable Industrial Value Creation in SMEs: A Comparison between Industry 4.0 and Made in China 2025. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 5(5), 659-670.
- O que é Desenvolvimento Sustentável. Dicionário Ambiental. ((o))eco, Rio de Janeiro, ago. 2014. Disponível em: <http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28588-o-que-e-desenvolvimento-sustentavel/> [Acesso em: 2021/11/26].
- ONU [Organização das Nações Unidas]. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future [Em linha]. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> [Acesso em: 2021/10/07].
- ONU [Organização das Nações Unidas]. (2015). Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável [Em linha]. Disponível em: https://unric.org/pt/wp-content/uploads/sites/9/2019/01/SDG_brochure_PT-web.pdf [Acesso em: 2021/10/07].
- Shields, J., & Shelleman, J. M. (2015). Integrating Sustainability into SME Strategy. *Journal of Small Business Strategy*, 25(2), 59–78.
- Soni, N. & Sharma, E. & Singh, N. & Kapoor, A. (2018). Impact of Artificial Intelligence on Business. Conference Paper.
- Stock T. & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536-541.
- Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 59 (236), 433–460. <http://www.jstor.org/stable/2251299>.

- Venkatraman, V. (2017). *The digital matrix: New rules for business transformation through technology*. EUA: LifeTree Media Ltd.
- VERBI Software (2019). *MAXQDA 2020: Guia de Introdução*. MAXQDA. https://www.maxqda.com/wp/wp-content/uploads/sites/2/Getting-StartedMAXQDA2020_PBR.pdf
- Vilelas, J. (2017). *Investigação - O processo de construção do conhecimento (2ª ed.)*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Vinuesa, R., et al. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nat Commun* 11, 233, <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>.

10. Anexos

Anexo A – Lista de Figuras



Figura 3: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015)

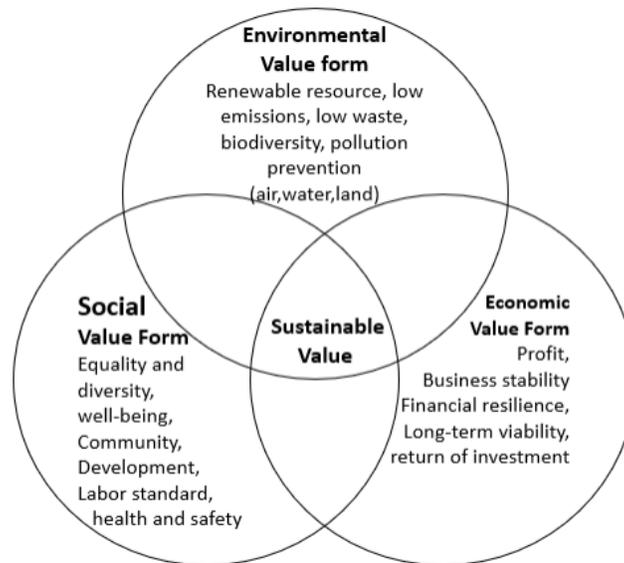


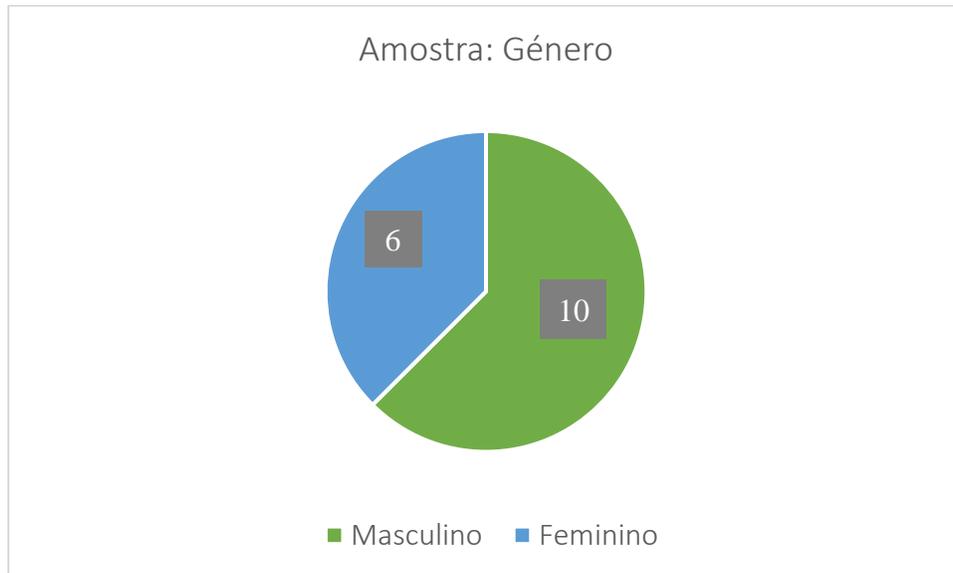
Figura 4: Triple Bottom line (Braccini & Margherita, 2018)



Figura 5 - Etapas da análise de conteúdo às informações qualitativas (VERBI Software, 2019)

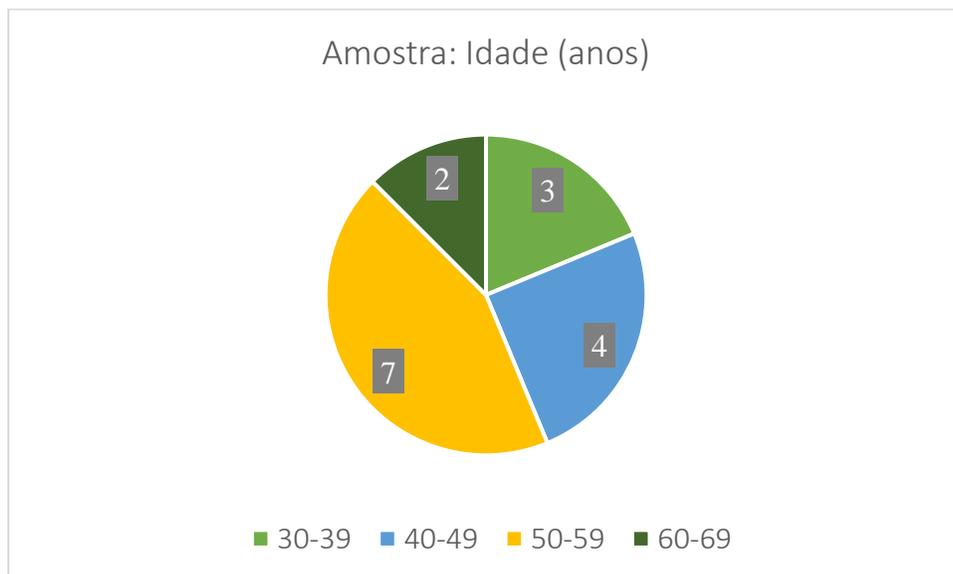
Anexo B – Caracterização da amostra

Figura 6 – Distribuição dos entrevistados por Género



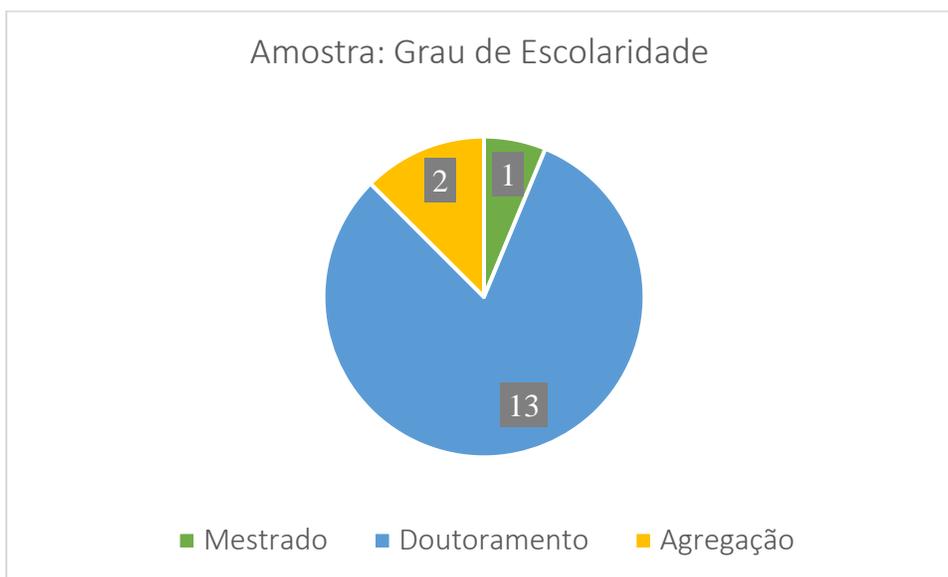
Fonte: Elaboração do Autor

Figura 7 – Distribuição dos entrevistados por Idade



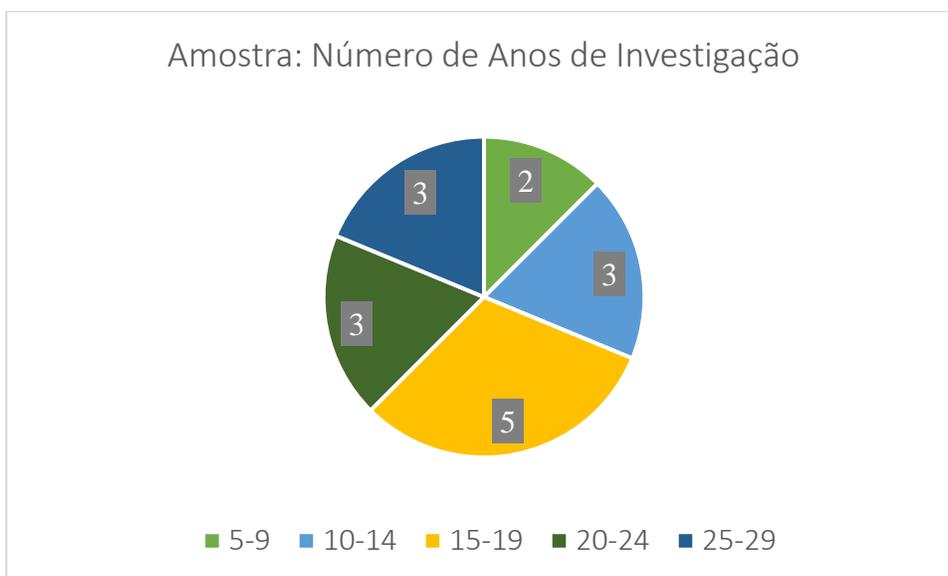
Fonte: Elaboração do Autor

Figura 8 – Distribuição dos entrevistados por Grau de Escolaridade



Fonte: Elaboração do Autor

Figura 9 – Distribuição dos entrevistados por Número de Anos de Investigação



Fonte: Elaboração do Autor

Anexo C - Guião de entrevista

Nome	
Género	
Idade	
Grau de escolaridade	
Nº anos experiência	

1. Está familiarizado com os conceitos de Inteligência Artificial e a que esta está sujeita?
2. Que aspetos são necessários ter em consideração antes da adoção de sistemas de IA na indústria de manufatura para o sucesso da mesma?
3. Sabendo que existem diversas ferramentas de Inteligência Artificial, na sua opinião quais é podem ser aplicadas na indústria de manufatura portuguesa?
4. De que forma as várias áreas funcionais de empresas de manufatura conseguem ser ambientalmente sustentáveis através da IA?
5. Quais as oportunidades da utilização de sistemas de IA por parte das empresas portuguesas de manufatura nas suas áreas funcionais?
6. Quais os riscos da utilização de sistemas de IA por parte das empresas portuguesas de manufatura nas suas áreas funcionais?
7. Considera que a procura da sustentabilidade ambiental por parte das empresas portuguesas de manufatura pode contribuir para o desenvolvimento futuro da indústria? Considera a AI um mecanismo facilitar ou inibidor para esta evolução, porquê?
8. Em termos percentuais qual o peso da sustentabilidade ambiental em termos de aplicação às diferentes áreas funcionais (produção e logística)?