INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Benefícios da Indústria 4.0: A indústria transformadora de Café em Portugal

Catarina Coelho de Jesus

Mestrado em Gestão

Orientador:
Professor Abel José de Cruz Camelo, Professor Auxiliar Convidado
Iscte – Instituto Universitário de Lisboa

Setembro, 2024

BUSINESS
SCHOOL

Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

Benefícios da Indústria 4.0: A indústria transformadora de Café em Portugal

Catarina Coelho de Jesus

Mestrado em Gestão

Orientador:
Professor Abel José de Cruz Camelo, Professor Auxiliar Convidado
Iscte – Instituto Universitário de Lisboa

Setembro, 2024

Agradecimentos

A conclusão deste trabalho de investigação representa não só um caminho de crescimento e uma prova de resiliência mas também uma etapa muito importante na minha formação académica. Por este motivo, gostaria de expressar o meu agradecimento a todos aqueles que contribuíram para que este processo fosse possível.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus pais por terem acreditado sempre em mim e nas minhas capacidades e, especialmente, por todo o esforço a que se predispuseram nos últimos anos para me conseguirem proporcionar todas as condições para que eu pudesse percorrer o meu caminho académico.

Aos meus avós, por todo o carinho e apoio demonstrado, todos os dias.

Ao Martim, pelo amor, pelo apoio constante, pela enorme paciência e ajuda ao longo dos últimos oito anos mas em especial, neste último ano. Sem ti, concluir esta etapa teria sido muito mais difícil. Obrigada por acreditares sempre em mim e por me incentivares a seguir sempre o caminho que me faz mais feliz.

Aos meus amigos, pela enorme compreensão demonstrada nesta fase mas também por estarem sempre presentes e dispostos para estar ao meu lado em todos os momentos.

A todos os participantes deste estudo, cujo contributo foi fundamental para obter uma visão aprofundada acerca da temática em estudo.

E não poderia deixar de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Abel Camelo por ter aceitado participar nesta investigação, por toda a ajuda e total disponibilidade, por todas as sugestões e por toda a boa disposição. Foi com enorme prazer que partilhei consigo este capítulo da minha formação académica.

Por último, agradeço a todos os que não foram mencionados anteriormente mas que de certa forma contribuíram com algo benéfico para o meu percurso académico.

A todos,

Muito obrigada.

Resumo

As tecnologias emergentes da Indústria 4.0 (I4.0) representam um meio impulsionador de crescimento para a economia de todos os setores de atividade, permitindo transformar as cadeias de abastecimento num sistema totalmente integrado e automatizado, tornando o fluxo de produção mais eficiente. Esta dissertação tem como objetivo principal avaliar os benefícios associados à utilização de tecnologias 4.0 no setor do café em Portugal, uma vez que Portugal é um país onde o café está culturalmente enraizado e, sendo este um mercado que se encontra em crescimento exponencial na economia mundial é fulcral que as empresas portuguesas se consigam manter competitivas, tornando-se mais modernas e dinâmicas através da implementação de sistemas inteligentes nos seus processos diários.

Face ao exposto, foi desenvolvido um questionário que posteriormente foi enviado a empresas transformadoras de café em Portugal, com o objetivo de compreender o estado atual da I4.0 no setor e quais os benefícios da adoção de tecnologias 4.0 percecionados pelas empresas que adotaram estas tecnologias. Os resultados obtidos nesta investigação revelam que a I4.0 apresenta um enorme potencial de inovação para o setor do café em Portugal, dado que a maioria das empresas analisadas, até ao momento, não procederam à implementação de tecnologias inteligentes.

Foi ainda possível concluir que algumas tecnologias da I4.0, como a Análise de Dados com *Big Data*, o Armazenamento de Dados na *Cloud* e a *Industrial Internet of Things*, são as mais utilizadas por parte das empresas que adotaram a I4.0 e a sua utilização apresenta benefícios significativos para as empresas.

Palavras-chave: Benefícios, Indústria 4.0, Setor do Café, Tecnologias Inteligentes

Classificação JEL: L60 – Industry Studies, Manufacturing: General, O14 – Economic Development: Industrialization; Manufacturing and Service Industries; Choice of Technology

Abstract

The emerging technologies of Industry 4.0 (I4.0) represent a growth driver for the economy in all sectors of activity, making it possible to transform supply chains into a fully integrated and automated system, making the flow of production more efficient. The main aim of this dissertation is to assess the benefits associated with the use of 4.0 technologies in the coffee sector in Portugal, since Portugal is a country where coffee is culturally rooted and, as this is a market that is growing exponentially in the world economy, it is crucial that Portuguese companies are able to remain competitive, becoming more modern and dynamic by implementing intelligent systems in their daily processes.

In view of the above, a questionnaire was developed and then sent to coffee processing companies in Portugal, with the aim of understanding the current state of I4.0 in the sector and the benefits of adopting 4.0 technologies as perceived by the companies that have adopted these technologies. The results of this research show that I4.0 has enormous potential for innovation in the coffee sector in Portugal, given that most of the companies analyzed so far have not implemented smart technologies.

It was also possible to conclude that some I4.0 technologies, such as Analysis with Big Data, Data Storage in the Cloud and the Industrial Internet of Things, are the most used by companies that have adopted I4.0 and that their use proves to be beneficial for companies.

Keywords: Benefits, Industry 4.0, Coffee Sector, Smart Technologies

JEL Classification: L60 – Industry Studies, Manufacturing: General, O14 – Economic Development: Industrialization; Manufacturing and Service Industries; Choice of Technology

Índice

Agradecimentos ..... **i**
Resumo ..... **iii**
Abstract ..... **v**
Glossário de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos ..... **xi**
Capítulo 1 – Introdução **1**
1.1 Enquadramento e Relevância do Tema 1
1.2 Problema de Investigação 2
1.3 Questões de Investigação e Objetivos 3
1.4 Metodologia da Investigação 4
1.5 Estrutura da Investigação 5
Capítulo 2 – Revisão de Literatura **7**
2.1 Revoluções Industriais 7
2.2 Indústria 4.0 9
2.2.1 Conceito 9
2.2.2 Tecnologias 4.0 10
2.2.3 Em Portugal 13
2.3 Indústria do Café 15
2.3.1 Processo de Transformação do Café 18
2.4 Indústria 4.0 nas Indústrias Transformadoras 20
2.4.1 Benefícios e Oportunidades 20
2.4.2 Desafios e Barreiras 27
Capítulo 3 – Metodologia **31**
3.1 Modelo 31
3.2 Questionário 36
3.3 Dados 38
Capítulo 4 – Análise de Resultados **39**
4.1 Caracterização da Amostra 39
4.2 Análise Descritiva 41
4.3 Implementação de Tecnologias 4.0 43
4.3.1 Benefícios Associados à Implementação de Tecnologias 4.0 46
4.3.2 Desafios Encontrados Perante a Implementação de Tecnologias 4.0 52
4.4 Perspetivas Futuras da Indústria 4.0 54

Capítulo 5 – Considerações Finais 57
5.1 Principais Conclusões 57
5.2 Limitações 60
5.3 Sugestões para Investigações Futuras 60
Referências Bibliográficas 61
Anexos 69
Anexo A – Questionário 69

Índice de Figuras e Tabelas

Figuras

Figura 2.1 - As Quatro Revoluções Industriais 8
Figura 4.1 - Dados Organizacionais: Cargo 39
Figura 4.2 - Dados Organizacionais: Departamento 40
Figura 4.3 - Dados Organizacionais: Colaboradores 40
Figura 4.4 - Dados Organizacionais: Faturação em Milhões de Euros 41
Figura 4.5 - Perceção Geral dos Inquiridos: Benefícios Após a Implementação de Tecnologias 4.0 51

Tabelas

Tabela 2.1 - Síntese: Tecnologias 4.0 12
Tabela 2.2 - Indústria 4.0: Desafios 28
Tabela 3.1 - Modelo: Dimensões e Benefícios da Indústria 4.0 32
Tabela 4.1 - Análise dos Dados Organizacionais 42
Tabela 4.2 - Tecnologias 4.0 no Setor do Café em Portugal 43
Tabela 4.3 - Tabela de Referência Cruzada: Tecnologias 4.0 Implementadas no Setor do Café em Portugal 43
Tabela 4.4 - Tecnologias 4.0 Implementadas 45
Tabela 4.5 - Benefícios da Indústria 4.0: Ambiente Organizacional 46
Tabela 4.6 - Benefícios da Indústria 4.0: Eficiência Operacional 47
Tabela 4.7 - Benefícios da Indústria 4.0: Qualidade e Inovação 49
Tabela 4.8 - Benefícios da Indústria 4.0: Sustentabilidade 50
Tabela 4.9 - Tabela de Referência Cruzada: Desafios Encontrados Perante a Implementação de Tecnologias 4.0 no Setor do Café em Portugal 52
Tabela 4.10 - Perspetivas Futuras da Indústria 4.0 54

Glossário de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

AICC – Associação Industrial e Comercial do Café

APAC – Associação de Produtores de Café dos Açores

CPS – Sistemas Ciberfísicos

I4.0 – Indústria 4.0

ICO – Organização Internacional do Café

IoT – *Internet of Things*

IIoT - *Industrial Internet of Things*

ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade

TI – Tecnologia da Informação

Capítulo 1 – Introdução

O primeiro capítulo desta investigação começa com o enquadramento da temática em estudo e a relevância da mesma tanto para a literatura como para a gestão. Posteriormente, é apresentado o objetivo principal e as questões de investigação às quais este estudo se propõe a dar resposta. Adicionalmente, é apresentada a metodologia utilizada, que no caso desta investigação, procura colmatar a ausência de estudos acerca do tema em análise. Por fim, é detalhada a forma como foi estruturado este projeto.

1.1 Enquadramento e Relevância do Tema

A recessão mundial vivenciada devido à crise global de 2008, modificou a visão geral sobre o setor industrial. Muitas das empresas que acompanharam a tendência de realocação das suas atividades, procurando mão de obra a um custo mais baixo, começaram nos últimos anos a empenhar-se na recuperação da sua competitividade (Alcácer & Cruz-Machado, 2019). O principal motivo impulsionador desta mudança foi a iniciativa estratégica industrial introduzida pela Alemanha, em 2011, a "*Plattform Industrie 4.0*" (Issa et al., 2018). Esta foi uma iniciativa que teve como objetivo principal transformar o setor industrial por meio da digitalização e exploração das potencialidades que as novas tecnologias apresentam (Rojko, 2017).

Mais tarde, nos EUA, surgiu o "*Industrial Internet Consortium*", fundado em 2014, com o objetivo de impulsionar a inovação tecnológica de forma a transformar os negócios e, em 2015, no Japão, surgiu a "*Industrial Value Chain Initiative*", criada com o objetivo de concretizar a "Produção Conectada", possível através da integração da produção e da Tecnologia da Informação (TI) na era da *Internet of Things* (IoT) (IIC, 2024; Issa et al., 2018; IVI, 2021). Adicionalmente, após o conceito "Indústria 4.0" ter sido apresentado ao público na Alemanha, presenciou-se um aumento dos debates acerca do futuro do trabalho e consequentemente do futuro da sociedade, originando uma nova visão relativamente a uma nova Revolução Industrial, tornando-se num conceito amplamente reconhecido ao redor do globo (Pfeiffer, 2017).

Posto isto, nos últimos anos a I4.0 tornou-se numa realidade bastante presente e revolucionou fortemente o quotidiano e o futuro das indústrias. Nos dias que correm, estamos perante um mundo onde imensuráveis elementos que constituem os sistemas industriais estabelecem interligações com diversas tecnologias de comunicação por meio da internet,

criando assim as *smart factories*, caracterizadas pelas suas instalações digitalizadas possíveis devido à utilização de Sistemas Ciberfísicos (CPS) que monitorizam os dados em tempo real.

Porém, a Quarta Revolução Industrial não consiste apenas na utilização de dados durante o processo de produção e na sua integração nos sistemas de fabrico de toda a cadeia de abastecimento. Esta Revolução Industrial engloba também a análise e a integração total de todos os alicerces (equipamentos, fornecedores, máquinas, pessoas, produtos, processos logísticos) que constituem uma indústria. Por conseguinte, a utilização de tecnologias associadas à I4.0 trazem consigo um conjunto de novas oportunidades que permitem evoluir as cadeias de abastecimento tradicionais para um ecossistema digital conectado entre todas as partes interessadas, tornando a cadeia de valor cada vez mais inteligente e eficiente.

1.2 Problema de Investigação

Segundo o Relatório da Organização Internacional do Café (ICO) intitulado de: "*Monthly Coffee Market Report - December 2023*", nos últimos dois anos, o consumo mundial de café superou a sua produção, tendo sido consumidos 173,1 milhões de sacos de grãos de café em 2023 e apenas 168,2 milhões de sacos de grãos de café foram produzidos (International Coffee Organization, 2023). Esta indústria tem sido confrontada com diversos desafios enquanto ultrapassa um cenário de rápida evolução ao qual as empresas de café necessitam conseguir adaptar-se para garantirem a sua sobrevivência no mercado.

Um dos principais desafios está diretamente relacionado com as plantações de café sofrerem devastações devido às alterações climáticas, nomeadamente em consequência do regresso do padrão climático *El Niño*, que causa alterações globais na temperatura e nas chuvas, afetando a qualidade das mesmas (Rodgers et al., 2023). Estes padrões climáticos imprevisíveis ameaçam seriamente o cultivo e consequentemente, surgem implicações significativas não só para os produtores e consumidores de café, mas também para a economia global. Adicionalmente, a pandemia COVID-19 causou atrasos nos envios de mercadorias, interrupções ao longo das cadeias de abastecimento e escassez de mão de obra, evidenciando a fragilidade das cadeias de abastecimento globais (Peluso, 2023), que impacta diretamente a indústria do café.

Presenciamos um período no qual os consumidores à escala global valorizam a qualidade do processo de cultivo, a segurança e a origem dos produtos que consomem (Gazzola et al.,

2023), tornando-se cada vez mais exigentes com a transparência de toda a cadeia de produção. Assim, a rastreabilidade tornou-se numa das principais questões em muitos negócios, especialmente no negócio do café, uma vez que fornece uma garantia para os consumidores, proporciona um maior poder na cadeia de valor, facilita a monitorização da qualidade e ainda pode ser utilizada para definir estratégias de marketing (Fabian, 2023).

Face ao exposto, a I4.0 é um recurso fulcral para tornar as indústrias mais modernas e dinâmicas, bem como um meio impulsionador de crescimento da economia dos setores. Assim, estando o setor do café em ascensão, este mercado tornar-se-á cada vez mais competitivo, principalmente para Portugal, onde o café se encontra culturalmente enraizado. Por estas razões, é de extrema importância que as indústrias nacionais de torrefação, moagem, empacotamento e comercialização de café invistam em conhecer os benefícios associados à I4.0 para se conseguirem manter competitivas no mercado.

Nesse sentido, a falta de compreensão acerca dos benefícios que a I4.0 apresenta para as indústrias transformadoras de café em Portugal, apresenta-se como um problema de gestão que associado à ausência de estudos que façam essa reflexão, carece de aprofundamento.

1.3 Questões de Investigação e Objetivos

O objetivo deste trabalho de investigação consiste na identificação e qualificação dos benefícios que a I4.0 apresenta para as indústrias transformadoras de café em Portugal. Assim, tendo por base a problemática desta dissertação e de forma a orientar a mesma, foram formuladas as seguintes questões de investigação:

Questão 1 – Quais as principais tecnologias da I4.0 presentes nas empresas transformadoras de café em Portugal?

Questão 2 – Quais os benefícios e desafios encontrados pelas empresas na adoção de tecnologias da I4.0?

Questão 3 – Quais as perspetivas futuras da I4.0 para as indústrias transformadoras de café em Portugal?

1.4 Metodologia da Investigação

No sentido de colmatar a ausência de estudos acerca dos benefícios que a I4.0 apresenta para a indústria transformadora de café em Portugal e de forma a responder às questões de investigação definidas no subtópico anterior, a metodologia do presente estudo incide num conjunto de seis etapas, tais como:

1. Planeamento e Estruturação Inicial – Esta fase inicia-se com o planeamento e estruturação dos principais conceitos a desenvolver, os objetivos a alcançar com este trabalho de investigação e quais as questões de investigação a que o estudo se propõe a responder;
2. Revisão de Literatura – A segunda fase consiste na pesquisa, identificação e análise de fontes bibliográficas que representam maior relevância para a temática a desenvolver e, posteriormente, a descrição das ideias e dos pensamentos obtidos, sendo sustentados através das fontes selecionadas previamente;
3. Formulação do Modelo – Nesta fase, as dimensões chave desta investigação são definidas e procede-se à alocação dos benefícios que advêm da aplicação da I4.0 nas indústrias, sustentados pela revisão de literatura, na dimensão correspondente (Tabela 3.1);
4. Recolha de Dados – Esta fase consiste na recolha de dados por meio de questionários construídos através de perguntas de resposta única, de múltipla escolha e ainda questões com recurso à escala de Likert, uma vez que permitem obter vários graus de opinião. A escolha para a realização destes questionários foi assegurar a recolha de informação acerca das principais tecnologias da I4.0 presentes nas empresas do setor, os desafios encontrados na implementação dos sistemas tecnológicos desta indústria, em que departamentos a I4.0 tem maior impacto e quais as perspetivas futuras destas indústrias relativamente à I4.0. Os inquéritos foram realizados a profissionais da indústria do café em Portugal entre julho de 2024 e setembro de 2024;
5. Análise de Resultados – A quinta fase da investigação ocorre após o questionário ficar fechado, ao qual após realiza-se uma análise aos dados obtidos recorrendo a abordagens estatísticas, tais como a análise descritiva;
6. Reflexão – A última etapa consiste numa reflexão crítica acerca do modo como os resultados obtidos estão interligados com as aprendizagens e os *insights* retirados através dos principais conceitos e temáticas abordadas na revisão de literatura.

1.5 Estrutura da Investigação

O presente documento encontra-se dividido em cinco capítulos, começando pela introdução, seguindo para a revisão de literatura, formulação do modelo, análise de resultados e por fim, a conclusão. Além disso, os agradecimentos, o resumo, o *abstract*, a lista de abreviaturas, siglas e acrónimos, as referências bibliográficas e os anexos, compõem a estrutura deste documento.

Capítulo 1 – Introdução: Neste capítulo realiza-se um enquadramento da temática em análise, destacando a sua relevância científica. Em seguida, apresenta-se a problemática da investigação, os objetivos que se pretendem alcançar e as questões de investigação fundamentais para a orientação do estudo. Por fim, encontra-se uma breve contextualização acerca da metodologia a aplicar e enumera-se os capítulos presentes na dissertação.

Capítulo 2 – Revisão de Literatura: Este capítulo apresenta uma exposição de conteúdos bibliográficos fundamentados pela literatura existente, de forma a permitir uma melhor compreensão acerca da temática em análise. Primeiramente é realizada uma análise relativamente à ordem cronológica dos acontecimentos que potencializaram as Revoluções Industriais. De seguida, introduz-se o conceito de I4.0, identifica-se as principais tecnologias 4.0 e caracteriza-se o nível de implementação da I4.0 em Portugal. Posteriormente é abordado o estado atual da indústria do café bem como as tendências atuais de consumo de cafeína e as etapas pelas quais esta substância psicoativa tem que ultrapassar até chegar ao consumidor final. Além disso, destacam-se os benefícios e desafios que a I4.0 apresenta para as indústrias.

Capítulo 3 – Modelo: O capítulo inicia-se com a formulação do modelo, onde são definidas as dimensões chave que o constituem. De seguida, descrevem-se as etapas que foram necessárias ultrapassar para a elaboração do questionário, bem como uma explicação detalhada acerca da sua estrutura. Adicionalmente, é realizada uma breve explicação relativamente ao modo como os dados primários e secundários desta investigação foram obtidos.

Capítulo 4 – Análise de Resultados: Inicialmente neste capítulo realiza-se a caracterização da amostra deste estudo. De seguida, realiza-se uma análise aos resultados obtidos através do inquérito, recorrendo a diferentes ferramentas estatísticas escolhidas com o propósito de servirem de apoio para ajudar a encontrar respostas às questões de investigação definidas no início da investigação. Ainda neste capítulo, evidencia-se quais são as tecnologias 4.0 que atualmente predominam no setor do café nacional, quais os benefícios e desafios encontrados na implementação da I4.0 nos processos diários das empresas deste setor e quais são as perspetivas relativamente ao futuro da I4.0 nestas indústrias, de acordo a perceção dos profissionais do setor em análise.

Capítulo 5 – Considerações Finais: O quinto capítulo é o último capítulo da presente investigação, onde são apresentadas as conclusões finais do estudo e no qual são identificadas as implicações e limitações encontradas durante a realização do mesmo. Por fim, são apresentadas algumas sugestões para futuras investigações científicas acerca da temática desta investigação.

Capítulo 2 – Revisão de Literatura

No presente capítulo é apresentada a revisão de literatura que serve de base teórica para esta investigação. Primeiramente são abordados os conceitos que permitem compreender aquilo que sustenta a I4.0 e que tecnologias compõem esta Revolução Industrial. Seguidamente, é exposto o estado atual da indústria do café no mundo e em Portugal, juntamente com o processo de transformação que o café é sujeito até chegar aos consumidores finais. Ainda neste capítulo, são apresentados os benefícios e os desafios que de acordo com a literatura existente, a I4.0 fornece para as indústrias transformadoras, de forma a poder concluir-se de que forma é que as tecnologias inteligentes podem introduzir benefícios, ao mesmo tempo que se estuda quais os principais desafios que a mesma acarreta para a indústria do café nacional.

2.1 Revoluções Industriais

A humanidade tem presenciado constantes transformações económicas, sociais e tecnológicas associadas a diversas Revoluções Industriais. Estas transformações são provenientes da necessidade de aumentar a capacidade operacional para fazer face às necessidades produtivas e alcançar vantagens competitivas. Com isto, surgiram novos métodos de fabrico, tecnologias inovadoras e consequentemente, assistiu-se a um aumento na produtividade nos processos.

A primeira Revolução Industrial ocorreu em Inglaterra, entre os anos 1760 e 1840. Este foi um período marcado pelo desenvolvimento das indústrias têxteis e siderúrgicas, pelo surgimento de novos processos de fabrico de produtos químicos, pela revolução agrícola e pela melhoria dos transportes (Mohajan, 2019). Esta revolução também é conhecida como "Revolução Mecânica", uma vez que deu origem à fabricação de produtos através da utilização de máquinas, possível devido ao aproveitamento de energia extraída do vapor de água. Este marco é considerado um momento crucial na história da humanidade, tendo impactado todos os aspetos da vida quotidiana ao redor do globo (Groumpos, 2021), tornando a Inglaterra na primeira potência industrial mundial.

A Revolução Industrial 2.0 é geralmente datada com início entre 1850-1870 e conclusão em 1950. Esta Revolução é denominada por Revolução Elétrica, cujo nome está diretamente relacionado com o aparecimento e utilização da eletricidade na produção em massa (Groumpos, 2021). É considerada, em muitos aspetos, a extensão da Revolução Industrial 1.0, no entanto, estas distinguem-se em vários aspetos. De acordo com Mokyr (1999), existem três perspetivas primordiais que diferenciam a segunda Revolução Industrial da antecedente: 1) Devido ao

efeito direto sentido nos salários e no nível de vida da população em geral; 2) Por deslocar o foco geográfico da liderança tecnológica que a Grã-Bretanha possuía, ainda que a liderança continuasse a ser o monopólio do mundo ocidental industrializado; 3) A relação existente entre o conhecimento da natureza e o modo como este abalava as práticas tecnológicas, alterou definitivamente a própria mudança tecnológica.

Em seguida ocorreu a terceira Revolução Industrial, também conhecida como "Revolução Automatizada", onde as áreas da eletrónica e da informática foram aprofundadas com o fim de automatizar a produção (Groumpos, 2021), encontrando-se situada no registo temporal entre 1950 e 2000. Este foi um período marcado pela automatização mais sofisticada que abrangeu a velocidade, a qualidade e a flexibilidade no processamento (B. Wang, 2018). Após estes saltos disruptivos nos processos industriais que resultaram num aumento relevante da produtividade, foram observadas mudanças substanciais, nas quais os objetos físicos estavam integrados nas redes de informação, ou seja, a internet começou a ser integrada nos sistemas das máquinas, de modo a torná-las mais inteligentes (Blanchet et al., 2014). Logo, após o advento da agregação entre o mundo real e o mundo virtual, surge a I4.0, que tem como objetivo principal a digitalização e a ligação consistente de todas as unidades produtivas de uma economia.

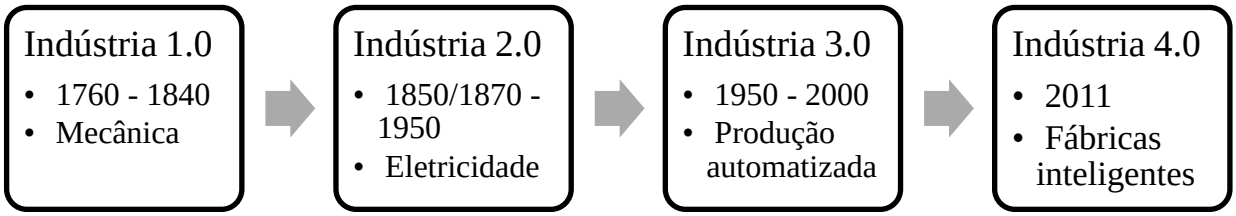

Figura 2.1 - As Quatro Revoluções Industriais

Fonte: Elaboração própria

2.2 Indústria 4.0

2.2.1 Conceito

O termo "Indústria 4.0" foi apresentado em 2011, no decorrer de um evento na cidade de Hannover, na Alemanha, referindo-se a mudanças relacionadas com a automatização incorporada com a TI. No entanto, o governo alemão investe desde 2006 em estratégias focadas na inovação e na investigação, procurando vincar uma forte posição competitiva através da inovação tecnológica (Kagermann et al., 2013). Nos últimos anos, diversas empresas investiram na criação de fábricas na Alemanha, bem como na construção de uma rede de centros de competência impulsionados pelos projetos da I4.0, como as *smart factories* e as *learning factories* (Kagermann et al., 2016). Como resultado, a Alemanha conquistou vários anos de avanço no domínio da I4.0 relativamente a outros países, o que torna o país num dos principais líderes neste campo.

Assim, este conceito tornou-se de interesse global, assumindo várias designações ao redor do globo. Porém, a definição do mesmo não é consensual para todos os autores, devido à complexidade que este apresenta, consequência da multiplicidade de áreas que abrange. Enquanto que na ótica de alguns autores o conceito "I4.0" baseia-se numa *smart factory*, local onde os dispositivos digitais inteligentes estão conectados em rede, fazendo a transmissão e a recolha de dados para matérias-primas, produtos, máquinas, ferramentas, robôs e homens (Vuksanović et al., 2016), na perspetiva de outros, como Włodarczyk (s.d.), a I4.0 não consiste apenas na implementação de tecnologias modernas, mas envolve também mudanças nos modelos de gestão e organização das indústrias transformadoras.

Contudo, independentemente da definição utilizada para caracterizar o termo "I4.0" este é frequentemente utilizado para definir *smart factories* construídas através de sistemas CPS inteligentes que permitem alcançar um novo patamar de eficiência operacional e uma melhoria significativa da produtividade, ao mesmo tempo que desempenha um papel fundamental na transformação de todas as cadeias de valor do ciclo de vida dos produtos (Tay et al., 2018; Thames & Schaefer, 2017). Ou seja, estes sistemas permitem agregar a relação com pessoas, dados, informações, máquinas e equipamentos, de modo a agilizar o processo de recolha e partilha de dados, informação, análise, interpretação e tomada de decisão (Carvalho et al., 2020).

Assim sendo, a sustentação deste conceito abrange muito mais do que apenas a parte tecnológica. De acordo com Rüßmann et al. (2015), alguns dos avanços tecnológicos que caracterizam a base da I4.0 já eram utilizados na produção, porém, esta possibilita a

transformação de departamentos isolados que se unirão através de um sistema totalmente integrado, automatizado e otimizado, permitindo um fluxo de produção mais eficiente e relações de produção dinâmicas entre os clientes, fornecedores e produtores, bem como entre os humanos e as máquinas.

Um sistema totalmente integrado pode ocorrer nas cadeias de valor de forma horizontal ou vertical. Tupa et al. (2017) definem que se a integração ocorrer horizontalmente, esta refere-se a uma colaboração estreita entre várias empresas dentro da mesma rede de criação de valor e, se ocorrer verticalmente, existe um crescimento de troca de informações e colaboração entre os diferentes níveis de hierarquia de uma empresa. Consequentemente, a integração de toda a cadeia de abastecimento conduz a uma necessidade de proteger os sistemas industriais contra ciberataques, uma vez que estando toda a cadeia de abastecimento conectada entre si e com a internet, os ataques cibernéticos tendem a aumentar (Rüßmann et al., 2015). Contudo, a implementação de tecnologias inteligentes nos sistemas industriais, fornecem maior proteção às empresas devido à possibilidade de deteção de ameaças em tempo real.

2.2.2 Tecnologias 4.0

Para alguns profissionais da indústria e académicos, esta nova era industrial engloba um conjunto alargado de tecnologias vistas como ferramentas, pilares ou princípios da I4.0, que retratam uma série de transformações no modo como as empresas operam e modernizam os seus processos de negócio. Para existir uma visão mais clara acerca do tema, serão apresentadas nos subtópicos seguintes as principais tecnologias da I4.0.

Análise de dados com Big Data: O termo "*Big Data*" descreve os conjuntos de dados cuja dimensão é superior à capacidade que ferramentas de base de dados contêm para capturar, armazenar, gerir e analisar os dados (Manyika et al., 2011). Carvalho et al. (2020) acrescentam que esta tecnologia é composta por uma estrutura mais eficiente, com capacidade para receber, arquivar, analisar e partilhar dados e informações, permitindo uma tomada de decisão mais precisa, fundamentada por informações reais devidamente agrupadas e tratadas. Além disso, esta ferramenta permite através de sistemas, notificar a falta de recursos ou a avaria de alguma máquina.

Cloud: A utilização de tecnologias como o Armazenamento de Dados na *Cloud* é um pilar crucial da I4.0 devido à sua capacidade para armazenar grandes volumes de dados (Pandiyan & Caesarendra, 2020). Segundo Rüßmann et al. (2015), os dados armazenados na *Cloud* fornecem maior precisão, o que permitirá reagir a mudanças comuns ou atípicas no processo produtivo com maior flexibilidade. Adicionalmente, um sistema automatizado na *Cloud*, de

acordo com Włodarczyk (s.d.), reduz o risco de erros e consequentemente, custos elevados e perda de produtividade.

Industrial Internet of Things (IIoT): Este sistema é uma das principais tecnologias responsáveis por assegurar a integração de dados e comunicações em toda a indústria, garantindo uma troca em tempo real de informações com as partes interessadas (Carvalho et al., 2020). Como o nome designa, a IIoT permite maximizar o potencial que a tecnologia IoT oferece para a indústria e para o fabrico (Włodarczyk, s.d.). Assim, a IIoT possibilita detetar falhas reversíveis ou não reversíveis de máquinas e equipamentos, problemas nos sensores e sistemas, interrupções na produção, alterações nos requisitos da procura dos clientes e oportunidades de serviço para as partes interessadas (Carvalho et al., 2020). Além disto, permite descentralizar a análise e a tomada de decisões (Rüßmann et al., 2015).

Robôs Autónomos: Os robôs estão presentes há muito tempo em muitas indústrias na realização de tarefas mais complexas, mas estão a tornar-se progressivamente mais autónomos, cooperativos e versáteis (Rüßmann et al., 2015). Bahrin et al. (2016) apontam para o facto de que estes, estão programados para interagir entre si enquanto trabalham e aprendem, em segurança, com os humanos. Com o constante avanço tecnológico, eventualmente, estes robôs terão um custo progressivamente menor e um melhor desempenho.

Simulação: Numa perspetiva simplificada, a simulação é utilizada para tornar os dados recolhidos em tempo real num mundo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e pessoas, diminuindo consequentemente os tempos de preparação da máquina e aumentando a qualidade (Rüßmann et al., 2015). De acordo com Simons et al. (2017), as simulações podem ser criadas para replicar os tempos de um ciclo assim como a quantidade de energia consumida durante o fabrico, proporcionando tempos de paragem mais curtos e a redução de falhas durante a fase de arranque da produção. Ao contrário dos sistemas baseados na realidade aumentada, estas simulações permitem a criação de ambientes virtuais, em tempo real, sem estarem integradas com o mundo físico.

Sistemas Ciberfísicos: Os sistemas CPS representam um dos avanços tecnológicos mais significativos no desenvolvimento das tecnologias digitais. Estes representam um sistema onde os computadores, redes, dispositivos e os ambientes em que estes se inserem têm propriedades físicas que interagem, consomem recursos e contribuem para o desempenho global do sistema (CPS Steering Group, 2008). A utilização destes sistemas proporciona a substituição flexível de máquinas ao longo da cadeia de valor, que por sua vez permite alcançar uma produção altamente eficiente, onde os processos podem ser alterados a curto prazo e os tempos de paragem podem ser compensados (Blanchet et al., 2014).

Produção Aditiva: A produção aditiva, também intitulada como Impressão 3D, consiste na produção de componentes de produtos, sem ser necessário recorrer a instrumentos de construção especializados e é utilizada para fabricar pequenos lotes de produtos personalizados (Bahrin et al., 2016; Holmström et al., 2016). Segundo Carvalho et al. (2020), na produção aditiva, são utilizados diversos materiais para diversos fins, para os quais são necessários aspetos tais como a capacidade, durabilidade, consistência, limitações e contacto com outros materiais possíveis. Esta é uma tecnologia que proporciona muita flexibilidade e versatilidade para as indústrias, nomeadamente na criação de novos produtos, na medida em que facilita o desenvolvimento de moldes e protótipos, reduzindo assim o tempo entre a criação e o lançamento de novos produtos.

Realidade Aumentada: Os sistemas baseados na realidade aumentada englobam uma variedade de serviços, desde a seleção de peças num armazém até ao envio de instruções de reparação mediante dispositivos móveis (Rüßmann et al., 2015). Este é um instrumento que possui uma diversidade de utilidades, desde a transmissão de conhecimento, execução de atividades laborais, elaboração de produtos e definição de rotas logísticas (Carvalho et al., 2020). Assim sendo, esta tecnologia permite integrar elementos virtuais no mundo real, ao mesmo tempo que facilita a verificação de qualidade e necessidades de modificação de um produto antes do seu envio para produção. Isto permite que mesmo distante do local de fabrico, seja possível visualizar virtualmente em tempo real o produto, agilizando assim todo o processo de tomada de decisão para a realização de ações ou reparações.

Em suma, a Tabela 2.1 fornece uma visão geral acerca das tecnologias da I4.0.

Tabela 2.1 - Síntese: Tecnologias 4.0

Análise de Dados com *Big Data* (Carvalho et al., 2020)	Estrutura com capacidade para receber, arquivar, analisar e partilhar dados e informações, permitindo uma tomada de decisão mais precisa, fundamentada por informações reais devidamente agrupadas e tratadas
Cloud (Rüßmann et al., 2015)	O Armazenamento de Dados na C*loud* fornecem maior precisão, o que permitirá reagir a mudanças comuns ou atípicas no processo produtivo com maior flexibilidade
***Industrial Internet of Things* (IIoT)** (Carvalho et al., 2020)	Assegura a integração de dados e comunicações em toda a indústria, garantindo uma troca em tempo real de informações com as partes interessadas

Robôs Autónomos (Bahrin et al., 2016)	São programados para interagir entre si enquanto trabalham e aprendem, em segurança, com os humanos
Simulação (Rüßmann et al., 2015)	Transforma os dados recolhidos em tempo real num mundo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e pessoas, sem estarem integrados com o mundo físico
Sistemas Ciberfísicos (CPS Steering Group, 2008)	Sistemas onde os computadores, redes, dispositivos e os ambientes em que estes se inserem têm propriedades físicas que interagem, consomem recursos e contribuem para o desempenho global do sistema
Produção Aditiva (Bahrin et al.,2016; Holmström et al., 2016)	Também designada por Impressão 3D, consiste na produção de componentes de produtos, sem ser necessário recorrer a instrumentos de construção especializados e é utilizada para fabricar pequenos lotes de produtos personalizados
Realidade Aumentada (Carvalho et al., 2020)	Sistema que integra elementos virtuais no mundo real, ao mesmo tempo que executa atividades laborais, elaboração de produtos e definição de rotas logísticas

Fonte: Elaboração própria com recurso aos autores referidos na tabela

2.2.3 Em Portugal

A estratégia de implementação da I4.0, em Portugal, começou em abril de 2016, onde o Governo português trabalhou em conjunto com mais de 200 entidades e empresas de diferentes setores, permitindo que todos tivessem uma visão clara do potencial que as tecnologias da I4.0 apresentam para os seus negócios (Governo da República Portuguesa, 2017). No seguimento desta fase de introdução, em janeiro de 2017, o Ministério da Economia lançou a iniciativa "Portugal i4.0" cujos objetivos consistiam na aceleração da implementação da I4.0 no tecido empresarial nacional, na promoção de fornecedores tecnológicos portugueses como *players* I4.0 e em tornar Portugal num polo atrativo para investimento na I4.0 (COTEC Portugal, s.d.-a).

Assim, de acordo com o IAPMEI (2019) a primeira fase do programa "Portugal i4.0", foi sobretudo para demonstrar e mobilizar, baseando-se em seis eixos de atuação primordiais tais como: 1) habilitação dos recursos humanos; 2) cooperação tecnológica; 3) criação da startup I4.0; 4) financiamento; 5) apoio ao investimento; 6) internalização e adaptação legal e normativa. Além disto, nesta primeira fase, em colaboração com o Governo português, a

COTEC Portugal (Associação Empresarial Para A Inovação) celebrou um protocolo que incluía atividades como a monitorização e acompanhamento da iniciativa "Portugal i4.0", onde, das 64 medidas propostas, 95% foram executadas, abrangendo mais de 24 mil empresas e 550 mil pessoas (COTEC Portugal, s.d.-a; IAPMEI, 2019).

De seguida, a segunda fase da iniciativa "Portugal i4.0", foi criada em abril de 2019 e foi definida como a fase de transformação, lançada com o objetivo de formar mais de 200 mil colaboradores, abranger cerca de 20 mil organizações e financiar mais de 350 projetos inovadores (COTEC Portugal, s.d.-b) Esta fase foi criada tendo como base três eixos, generalizar, capacitar e assimilar, visando estimular a transição massificada para a I4.0, através de uma ferramenta desenvolvida pelo Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ) com o apoio do IAPMEI, a *SHIFT To 4.0*, que possibilita que as empresas realizem um autodiagnóstico acerca da sua maturidade digital (IAPMEI, 2019; Secretaria-Geral da Economia, s.d.). Através desta ferramenta é possível proceder à avaliação do estado de maturidade das empresas nacionais face aos desafios que a I4.0 apresenta, sendo possível identificar oportunidades e definir estratégias para o processo de transformação digital das empresas, crucial para impulsionar a competitividade nacional.

Para além da estratégia de monitorização implementada por Portugal para ajudar as empresas nacionais a tornarem-se mais digitalizadas, a Comissão Europeia acompanha desde 2014 o progresso digital dos Estados-Membros através de relatórios anuais, como o *Digital Economy & Society Index (DESI)* que classifica quatro dimensões principais, o capital humano, a conectividade, a integração das tecnologias digitais e os serviços públicos digitais. Estes relatórios auxiliam os países da União Europeia na identificação das áreas de intervenção críticas, a fim de conseguir alcançar uma transformação digital abrangente e sustentável para todos os setores da economia até 2030.

De acordo com o relatório anual *Portugal Digital Economy & Society Index 2022* (Comissão Europeia, 2022), Portugal ocupa o 15º lugar entre os 27 Estados-Membros da UE, o que representa um resultado ligeiramente inferior relativamente aos dos países homólogos, porém, na dimensão "integração das tecnologias digitais", a pontuação portuguesa ocupa o 12º lugar, colocando-se acima da média da UE. Não obstante, relativamente à dimensão "conectividade", Portugal encontra-se muito abaixo da média, ocupando a 18ª posição, apesar de ser um dos Estados-Membros com melhor performance no que diz respeito à cobertura de banda larga rápida e à cobertura de rede fixa de capacidade muito elevada.

Já em 2023, surgiu o primeiro balanço acerca dos progressos dos 27 Estados-Membros da UE na obtenção das metas e objetivos acordados no Programa *Digital Decade* 2030. Segundo

o relatório anual *Digital Decade Country Report 2023: Portugal* (Comissão Europeia, 2023), Portugal apresenta progressos nas competências digitais básicas mas será necessário um ritmo mais elevado para conseguir contribuir significativamente para alcançar a meta da *Digital Decade* 2030. Apesar de existirem progressos na melhoria das infraestruturas de conexão para redes fixas e móveis, Portugal deverá acelerar a implementação de políticas abrangentes para evoluir as competências digitais básicas e a adoção da tecnologia no país, uma vez que grande parte da população portuguesa ainda carece de competências digitais essenciais e o nível de inscrição em programas de educação como Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), é baixo. Relativamente à digitalização dos negócios em Portugal, 70% das Pequenas e Médias Empresas (PME) em 2022 possuíam o nível básico de digitalização, percentagem um pouco acima da média da UE (69%). Porém, a proporção de empresas que em 2021 utilizavam o Armazenamento de Dados na *Cloud* e *Big Data*, era de 29% e 11% respetivamente, tendo ficado atrás da média da EU (34% e 14%, respetivamente).

2.3 Indústria do Café

A cafeína é uma das substâncias psicoativas mais consumidas em todo o mundo, tendo impacto em múltiplos níveis, tais como, individual, social e económico (Batista et al., 2023). De acordo com um artigo do *Financial Times* escrito por Rodgers et al. (2023), atualmente são consumidas cerca de 3 mil milhões de chávenas de café por dia e espera-se que este número duplique para 6 mil milhões de chávenas de café consumidas diariamente até 2050, se as tendências atuais se mantiverem. Porém, segundo um estudo realizado em 2020, pelo *Columbia Center on Sustainable Investment*, face ao crescente aumento do consumo de café, será necessário produzir pelo menos mais 26% de café até 2030 para satisfazer a procura (Sachs et al., 2020). Contudo, com a atual ameaça das alterações climáticas sentida mundialmente, os terrenos apropriados para o cultivo estão em declínio e o preço para os consumidores está a disparar, sendo necessário efetuar modificações no atual modelo da cadeia de abastecimento para que a procura futura seja satisfeita.

O território nacional conta com uma associação que representa 90% da indústria de torrefação, moagem e empacotamento de café, bem como a comercialização do café, misturas, sucedâneos e solúveis, a Associação Industrial e Comercial do Café (AICC). Esta associação é uma associação patronal sem fins lucrativos e foi criada em 1974, após a Revolução do 25 de Abril. A partir de novembro de 1975 e com a independência das colónias portuguesas, Portugal deixou de cultivar café e passou apenas a importar, surgindo a necessidade de criar uma

“Cooperativa de Importação de Café” para abastecer todos os seus associados com matérias-primas (AICC, s.d.-a).

Segundo uma entrevista efetuada pela TSF/Dinheiro Vivo a Claúdia Pimentel (secretária geral da AICC desde 2015), um adulto português bebe em média, 2,5 cafés por dia e atualmente 80% da população consome café, sendo o Vietnam o principal fornecedor (Milheiro & Petiz, 2023). Adicionalmente, o mercado português consumiu 25 toneladas de café, importou cerca de 50 toneladas e exportou cerca de 18 toneladas em 2022, o que não representa um ano típico, uma vez que no passado, antes da pandemia COVID-19, estes números eram superiores, representando 33 toneladas de consumo interno, 67 toneladas relativamente a importações e 15 toneladas exportadas (ISN Magazine, 2023).

Embora o consumo de café faça parte da cultura dos portugueses, a sua produção só é possível na região dos Açores, na Ilha de São Miguel. Porém, este é considerado um fenómeno raro, uma vez que o continente europeu situa-se numa localização geográfica onde o clima não é o ideal, tornando a produção de café praticamente impossível. O Governo Regional dos Açores, a Delta Cafés e a Associação de Produtores de Café dos Açores (APAC) uniram-se para promoverem sessões de “Desenvolvimento da Cultura do Café”, na Ilha Terceira e na Ilha de São Miguel, visando criar condições para certificar a região como a primeira produtora de café na Europa (Ganhão, 2023). O trabalho de cooperação entre estas três identidades resultou no primeiro café 100% português que certamente irá contribuir para a criação de valor ambiental, económico e social em Portugal.

Com o acelerado desenvolvimento científico e tecnológico aliado ao aparecimento da pandemia COVID-19, houve uma mudança significativa nos comportamentos e preferências de consumo, hábitos alimentares e métodos de compras de muitos consumidores (Wang & Lin, 2022). Enquanto que na primeira vaga do café, este era conhecido pela sua qualidade inferior e pela falta de informações acerca da sua origem, por sua vez, a segunda vaga está muito associada a marcas com culturas idênticas ao Starbucks, ou seja, marcas que têm uma preocupação superior com as origens e experiências que os seus produtos proporcionam e não no café em si (Fernandes et al., 2020). Por outro lado, segundo Skeie (2003) a terceira vaga do café é “tanto uma resposta ao mau café quanto um movimento em direção a um bom café”. Nesta vaga, os consumidores caracterizavam-se por estarem dispostos a experimentar novos produtos, bem como novos sabores, e principalmente por quererem conhecer a origem e a qualidade do café que consumiam (Driven Coffee Roasters, 2019).

Atualmente, o café encontra-se na quarta vaga e é caracterizado pelo café feito em casa liderado pela Geração Z que prefere aprender métodos de preparação de café mediante vídeos,

ao invés de deslocar-se a um café. Este movimento começou quando a população foi obrigada a trabalhar remotamente e os cafés encerraram devido à pandemia COVID-19, obrigando os consumidores a atualizar as suas máquinas e acessórios de café, de modo a conseguirem recriar a experiência de saborear o café, como faziam fora de casa (Ingkavet, 2023). Segundo um estudo realizado pela Nielsen (2018), os lares *Millennials* são aqueles que disponibilizam uma maior fatia do seu gasto anual alocado à compra de cápsulas de café, seguido pelas famílias e por último pela população sénior, o que significa que a procura é superior por parte dos mais jovens.

É notório que o modo tradicional de consumo de café não é suficiente para satisfazer as necessidades diversificadas dos consumidores atuais. Antigamente, a tendência de consumo dos consumidores consistia na introdução de novos produtos pelos comerciantes, porém, atualmente, os hábitos de consumo alteraram-se do *offline* para o *online*, traduzindo-se em maior comodidade para as pessoas (Wang & Lin, 2022). Sendo assim, é crucial compreender quais são as tendências atuais do consumo de café no mercado português e de que modo estas afetam o consumo diário de café na vida dos portugueses.

Segundo Claúdia Pimentel, em 2022, o canal *on-trade* (bares, cafés, hotéis, restaurantes) recuperou em volume, ao contrário do canal *off-trade* (quiosques, supermercados) que diminuiu em volume retalhista e, no global, o mercado total tem crescido após a situação epidémica e o volume de vendas de retalho de café provavelmente irá estabilizar, caso os consumidores regressem às suas rotinas antigas, consumindo o café fora de casa (ISN Magazine, 2023).

Para Fernandes et al. (2020), o conceito *premium* representa uma das tendências de consumo de café em Portugal. Este conceito consiste em apostar na excelência de cafés, baristas profissionais e torrefações, além de partilhar as origens do produto com os consumidores. Por outro lado, um estudo realizado pelo Euromonitor International (2020) prevê que o consumo de café instantâneo diminua, uma vez que não oferece a experiência que os consumidores procuram atualmente e com os consumidores a consumirem mais café em casa, após a pandemia COVID-19, prevê-se que estes estejam dispostos a investir em café de qualidade superior. Na perspetiva da Secretária Geral da AICC, o aumento de estabelecimentos especializados em café que oferecem produtos e experiências *premium* deverá ajudar a impulsionar o aumento de valor, sendo que, no canal *off-trade*, a tendência de crescimento lenta deverá continuar nos próximos anos (ISN Magazine, 2023).

Outra alteração nos hábitos de consumo de café que a pandemia trouxe foi a preferência pelo *slow coffee*, um café de processo mais lento, como, por exemplo, o café de filtro. Além disso, o consumo de café em cápsulas em casa aumentou 20% durante a situação epidémica,

sendo a percentagem de máquinas dentro das habitações portuguesas, muito maior do que no resto da Europa (Milheiro & Petiz, 2023).

Em resumo, as tendências atuais do consumo de café revelam uma mudança significativa, principalmente em relação à transparência exigida pelos consumidores durante todo o processo produtivo. Assim, é fundamental que as empresas do setor

do café invistam em melhorar a qualidade, a inovação e adquiram práticas sustentáveis, de modo a conseguirem manter-se competitivas no mercado.

2.3.1 Processo de Transformação do Café

O processo de transformação do café envolve um extenso conjunto de etapas até que os grãos de café cheguem ao consumidor final. Segundo Musebe et al. (2007), estima-se que 40% da qualidade do café é decidida no cultivo, 40% no processamento pós-colheita e 20% na exportação, processamento e armazenamento. Isto evidência a importância que as etapas inicias possuem para agregar valor e aumentar a qualidade do café.

A primeira etapa consiste em plantar a semente para que a planta se desenvolva e gere novos frutos. Estes são originados através de uma planta tropical que consiste num arbusto que atinge até 4 a 6 metros de altura se a espécie for Arábica e 8 a 12 metros de altura se for Robusta, no entanto, ambas as espécies são podadas durante o seu cultivo, registando uma altura inferior a 2 metros (Anzueto et al., 2005). Este processo pode ser realizado perante diferentes abordagens. Pode ser produzido por pequenos produtores, que colhem o café de arbustos não domésticos ou pode ser produzido através de uma produção semi florestal, onde os agricultores realizam a plantação através do transplante de raízes de café semi selvagem que se regeneram de forma espontânea na floresta (Neves, 2021). Porém, segundo Aerts et al. (2011), o método de plantação mais utilizado e que gera mais valor para a cadeia produtiva, é plantado em grandes estruturas, onde o grão final é utilizado para exportação.

Após a plantação, é necessário que os produtores colham os frutos que foram gerados, sendo que a época de colheita varia consoante a localização dos países produtores de café. Por exemplo, no Brasil, esta colheita é realizada apenas uma vez por ano, contudo, em países com condições climatéricas semelhantes à Colômbia, são possíveis múltiplas colheitas (Pimenta et al., 2018). Existem dois métodos de colheita. A colheita mecânica, mais conhecida como *strip picking,* é geralmente utilizada para colher os frutos de uma única vez através de máquinas (Yoong, 2021). No entanto, o café colhido pode não atingir a qualidade expectável devido à mistura entre cerejas de café pouco ou muito maduras (Venturelli et al., 2016). O segundo método de colheita é o método manual, designado por *selective picking* onde as cerejas do café

são colhidas manualmente, o que permite fazer uma seleção daquelas que estão mais maduras (Yoong, 2021). Contudo, este é um método que exige muita mão de obra.

Após a colheita, os frutos avançam para um processo de despolpamento, ou seja, para a secagem, que consiste na extração dos grãos de café de dentro da cereja do café, sendo a casca e a polpa da fruta removidas (Neves, 2021). Haile e Kang (2019) acrescentam que uma secagem adequada é de extrema importância para não interferir na qualidade do café.

Segundo Neves (2021), existem três métodos para secar a fruta proveniente da planta do café: (1) Secagem Húmida – A fruta do café é colocada em quantidades substanciais de água, a casca é removida devido à pressão exercida e os frutos em más condições irão flutuar e os bons afundarão; (2) Secagem Seca - É o processo mais antigo, onde inicialmente a fruta é limpa, para separar o bom do mau e, em seguida, coloca-se as cerejas do café a secarem ao sol; (3) Secagem Semi-Seca: Remove-se a casca da fruta mecanicamente, no entanto, os grãos mantêm o seu revestimento gelatinoso e como tal, são armazenados por um dia e no dia seguinte efetua-se a sua lavagem e coloca-se os grãos ao sol para secarem.

De seguida, surge a etapa da torrefação, o passo mais crítico em toda a cadeia de valor do café. Durante este processo, o grão de café é submetido a uma série de reações químicas que se traduzem em mudanças na sua composição física e química, desenvolvendo o aroma e os sabores característicos do café (Aliah et al., 2015). Para que estas reações químicas ocorram sem queimar os grãos e comprometer o sabor final, é fundamental controlar o tempo e a temperatura durante todo o processo. Habitualmente, a temperatura ronda entre os 200 e os 230 graus, e o tempo varia de 12 a 20 minutos, porém, estes são valores que variam dependendo do teor de humidade, do nível de torrefação desejado (claro, médio ou escuro) e também do país do torrefator (Mendes et al., 2001), pois os gostos dos consumidores variam de país para país.

Depois da torrefação e antes da distribuição, os grãos de café avançam para o processo de moagem, onde são moídos e transformados em pó com diferentes tamanhos de partículas, dependendo do género do moedor utilizado. Durante esta etapa, alguns compostos são dispersos no ambiente e uma vez moído, o café começa a oxidar e a envelhecer rapidamente (Poltronieri & Rossi, 2016). Contudo, os novos sistemas de embalagem a vácuo permitem retardar esse processo, mas não conseguem impedi-lo (AICC, s.d.-b).

Adicionalmente, quando o objetivo é comercializar os grãos de café na sua forma inteira, é necessário proceder ao seu embalamento imediatamente após a torrefação. Estas embalagens têm de ter na sua composição propriedades que mantenham uma barreira contra a saída de oxigénio, para preservar a frescura do café (Kiyoi, 2010). A titulo de exemplo e conforme mencionado por Neves (2021), a torrefatora portuguesa Delta Cafés, embala o café com

ausência total de ar e reduz o teor de oxigénio presente dentro da embalagem, substituindo-o por gás inerte.

Por fim, após o empacotamento e o seu processamento, o café está pronto para ser distribuído aos retalhistas.

2.4 Indústria 4.0 nas Indústrias Transformadoras

2.4.1 Benefícios e Oportunidades

Como mencionado anteriormente, para transformar as cadeias de abastecimento atuais e tornar o fluxo de produção mais eficiente, é fundamental investir num sistema totalmente integrado, automatizado e otimizado, possível através do recurso às tecnologias da I4.0.

De acordo com Kayikci (2018), estas tecnologias oferecem benefícios significativos para os processos de uma empresa, uma vez que permitem transformar os processos logísticos em dados digitalmente armazenados, possibilitando às indústrias agir atempadamente perante eventuais perturbações ao longo da cadeia de abastecimento e, conseguir prever cenários de risco, o que irá contribuir para a melhoria dos processos logísticos e para a redução de prazos de entrega. Adicionalmente, Granillo-Macías et al. (2020) referem que através da implementação de tecnologias de rastreabilidade, como o GPS, é possível reduzir as perdas derivadas pela falta de visibilidade de todos os ativos ao longo da cadeia de abastecimento, bem como detetar erros, alcançando assim maior eficiência nas operações logísticas.

Implementar um sistema de rastreabilidade é de extrema importância para garantir a segurança e autenticidade dos produtos, dado que, quando se fala de alimentos, as práticas de fraude e adulteração podem ocorrer em qualquer fase da produção, processamento ou transporte, resultando em qualidade inferior e num potencial risco para a saúde de quem os consumirá (Hassoun et al., 2023). Assim, através da utilização de tecnologias que permitem a integração dos processos, como, por exemplo, a utilização de sistemas CPS, é possível tornar uma cadeia de abastecimento sustentada e completamente interligada a todos os diferentes processos, desde os fornecedores até ao consumidor final (Granillo-Macías et al., 2020).

Além disto, segundo Zadjali e Ullah (2021), alguns dos benefícios da utilização da I4.0 consistem no aumento da produtividade e competitividade das indústrias transformadoras e na utilização de máquinas inteligentes na automatização da produção, que melhoram a qualidade dos produtos, bem como diminuem a probabilidade de erros humanos. Isto faz com que a probabilidade de existirem produtos danificados decresça e consequentemente, que a qualidade do produto aumente, bem como o nível de satisfação dos clientes.

No entanto, o potencial da I4.0. vai muito além da automatização e otimização da produção. A sua implementação numa indústria terá impacto em muitas áreas, nomeadamente nos produtos e serviços, no aparecimento de novos modelos de negócio, na economia, no ambiente de trabalho e no desenvolvimento de novas *skills*, tendo em consideração que algumas funções profissionais atuais serão redefinidas e novos postos de trabalho serão criados (Pereira & Romero, 2017). Adicionalmente, Uglovskaia (2017) refere que por meio de alavancas da I4.0 é viável obter condições de trabalho mais seguras, uma vez que a partir de sistemas inteligentes, como por exemplo sensores, é possível localizar e verificar a segurança de todos os trabalhadores na fábrica, bem como existir um equilíbrio entre a vida pessoal e profissional dos mesmos, dado que estes sistemas têm a capacidade de organizar o trabalho de forma mais eficiente, criando padrões de flexibilidade.

Além disso, um estudo académico realizado por Sony et al. (2021) enumera os "cinco principais benefícios da implementação da I4.0 na indústrias transformadoras", onde o terceiro benefício com maior relevância para a implementação da I4.0 nestas indústrias, de acordo com os entrevistados, é a utilização de *Big Data* na tomada de decisões organizacionais, uma vez que utilizar *Big Data* no processo de decisão é uma maneira de evitar tomar decisões irracionais devido a escassez de dados que carecem de análise, fundamental para tomar decisões informadas e obter *insights* relevantes. Subsequentemente, este estado de revolução industrial é cada vez mais benéfico para os princípios de sustentabilidade das indústrias. Segundo Javaid et al. (2022), através da adoção da I4.0, as indústrias conseguem minimizar o desperdício, reduzir a pegada de carbono, controlar a poluição, reciclar os resíduos e utilizar as fontes de energia renováveis de forma eficiente.

De acordo com a literatura existente, são apresentados de seguida alguns dos benefícios mais importantes que a implementação da I4.0 acarreta para as indústrias, desde a melhoria da produtividade, o aumento da eficiência nas operações logísticas, a redução de erros humanos e o aumento da segurança no ambiente de trabalho, representando um aumento na qualidade dos produtos e consequentemente no nível de satisfação dos clientes, tornando as empresas mais competitivas.

Hassoun et al. (2023) → Indústria 4.0 – Benefícios:

→ Aumenta a transparência nas cadeias de abastecimento;

→ Garante autenticidade, integridade e imutabilidade das informações relativas a operações de compra e venda;

→ Combate a fraude e a adulteração garantindo a segurança alimentar e a redistribuição do valor ao longo da cadeia de abastecimento;

→ Reduz alguns riscos da cadeia de abastecimento: Traduz-se num impacto positivo na confiança e intenções de compra dos consumidores;

→ Prevê decisões de procura e transações, levando a uma melhoria da eficiência e respondendo aos interesses de todos os *stakeholders*.

Javaid et al. (2022) → Indústria 4.0 – Benefícios:

→ *Smart Factories* sustentáveis: Modificação dos processos de produção através de sistemas conectados e equipamentos industrias IoT, tornando a utilização dos recursos naturais e do ambiente mais eficiente;

→ Reduz a pegada de carbono e controla a poluição: Através das tecnologias da I4.0, como a recolha e previsão de dados, a robótica, a IoT e a digitalização, é possível reduzir a pegada de carbono, a utilização de plásticos e a poluição da água, contribuindo para que as fábricas de todos os setores de atividade progridam;

→ Edifícios sustentáveis: Por exemplo, por meio de sensores e equipamentos IoT, os sistemas de controlo ambiental dos edifícios são capazes de desligar as luzes e o ar condicionado quando o edifício fica vazio. Além disso, os sistemas de aquecimento e refrigeração têm a capacidade de auto regular-se, obtendo eficiência energética em tempo real;

→ Benefícios sustentáveis aprimorados: Processos de fabrico que têm por base tecnologias como a rede 5G, IoT, aprendizagem automática e realidade aumentada, melhoram os negócios, a sustentabilidade e a integração entre os produtores, fornecedores e clientes;

→ Gestão de serviços: O alargamento das capacidades de recolha, transferência e armazenamento de grandes volumes de dados, facilitam a deteção e análise de padrões em diferentes setores;

→ Aumento da produtividade;

→ Melhora a Ecoinovação: A partilha de conhecimentos entre as pessoas e as máquinas melhoram os processos de fabrico, aumentam a eficiência e reduzem a produção de resíduos. Por exemplo, através de sistemas CPS é possível integrar inovações ambientais no sistema;

→ Otimização da produção: O Armazenamento de Dados na C*loud* pode ser utilizado para otimizar a produção, prever falhas no processo produtivo e reduzir o tempo de inatividade das máquinas;

→ Desenvolvimento de habilidades e automatização flexível: Através de formação adequada por parte das empresas aos seus colaboradores, com intuito de garantirem o desenvolvimento de competências necessárias para a I4.0, estas garantem mão de obra para eventuais profissões emergentes. Além disso, se os sistemas robotizados forem aplicados corretamente, é possível melhorar a gestão da qualidade, proporcionar um ambiente de trabalho mais seguro, aumentar a eficiência e a satisfação dos trabalhadores;

→ Responsabilidade ambiental: Controlar as máquinas remotamente permite torná-las mais amigas do ambiente, uma vez que é possível automatizar os sistemas de ventilação, monitorizar em tempo real os funcionários e os veículos telecomandados;

→ Enfrentar as mudanças climáticas: A I4.0 proporciona estratégias e ferramentas que facilitam a abordagem às alterações climáticas e ajuda na definição de prioridades relativamente à sustentabilidade;

→ Gerir todas as funções industriais: Uma indústria que possuí todos os dados armazenados na *Cloud*, consegue visualizá-los em qualquer lugar e sempre que seja necessário. Por exemplo, os colaboradores podem extrair informações através de câmaras e sensores, que facilitam a realização das suas tarefas;

→ Minimiza o desperdício: Práticas de produção inteligentes ajudam a minimizar os resíduos e a poluição derivada dos gases com efeito de estufa ao longo do processo produtivo;

→ Rápida identificação e resolução de problemas;

→ Controlo remoto das máquinas: Através das tecnologias da I4.0, como a *Cloud*, é possível interligar as infraestruturas das fábricas permitindo que todas as produções estejam ligadas em rede a nível mundial, surgindo as redes de fábricas independentes que executam e corrigem imperfeições nas operações físicas, sem necessitar de intervenção humana;

→ Melhora a eficiência do mercado;

→ Reciclagem de resíduos.

Kayikci (2018) → Indústria 4.0 – Benefícios:

- → Custos logísticos: Mudanças nos custos logísticos em relação a transporte, armazenamento, custos de manutenção e gestão de *stocks*;
- → Tempo de entrega: Alterações nas melhorias das entregas, tempo de ciclo e prazo de execução;
- → Atraso no transporte: Diminuição da quantidade de entregas atrasadas;
- → Redução do inventário: Alterações no volume do inventário;
- → Perdas/danos: Mudanças na quantidade de mercadorias perdidas e/ou danificadas devido a danos, roubos e acidentes;
- → Frequência do serviço: Modificações na taxa de utilização (fator de carga), intervalos frequentes;
- → Precisão das previsões: Alterações na incerteza da procura;
- → Fiabilidade: Melhorias na qualidade da logística em relação a transporte, *stock* e armazenamento;
- → Flexibilidade: Alteração nas condições de planeamento de expedições sem atrasos indevidos;
- → Volumes de transporte: Variação do volume total de mercadorias transportadas;
- → Aplicações: Aplicações adequadas para a digitalização de processos logísticos;
- → Eficiência dos recursos: Consumo de recursos não renováveis na utilização de veículos e infraestruturas de transporte;
- → Energia utilizada nos processos: Alterações nas necessidades energéticas;
- → Emissões geradas nos processos: Mudanças no uso de combustível, CO_2 e outras emissões com efeito de estufa;
- → Resíduos: Modificações na quantidade de resíduos recicláveis;
- → Poluição: Modificações na poluição do ar, do ruído e da água;
- → Impacto na utilização dos solos: Alterações na área de terreno dedicada a infraestruturas de transporte e taxas de perda de terrenos;
- → Vantagens para o desenvolvimento da sociedade: Utilização de tecnologia apropriada para o desenvolvimento sustentável;
- → Impactos: Impactos sociais originados devido ao aparecimento de processos logísticos digitais;
- → Saúde: Alterações nas doenças causadas por efeitos secundários (poluição, ruído) dos veículos;

→ Segurança: Mudanças no número de incapacidades e mortes relacionadas com acidentes de trabalho;

→ Padrões laborais: Modificações na intensidade do trabalho, nos regimes de emprego e nos tipos de trabalho;

→ Aceitação: Aceitação socioeconómica, comunitária e do mercado das aplicações digitais.

Pereira e Romero (2017) → Indústria 4.0 – Benefícios:

→ Produção descentralizada e digitalizada: Onde os componentes de produção conseguem controlar-se autonomamente, desencadeando ações e respondendo às mudanças que ocorrem no ambiente à sua volta;

→ Integração total dos produtos e dos processos: Possibilita maior flexibilidade nas operações, uma gestão de recursos mais eficiente e troca de informações em tempo real;

→ Aumento da produtividade;

→ Produtos mais modulares e configuráveis: Promovendo a personalização em massa, tendo o objetivo de satisfazer necessidades específicas dos clientes;

→ Introdução de novos produtos e serviços: Por exemplo, sistemas incorporados que permitem acompanhar a atividade dos produtos em tempo real, contribuindo assim para a otimização de toda a cadeia de valor, ao mesmo tempo que fornecem informações importantes acerca do estado do produto durante o seu ciclo de vida;

→ Novos modelos de negócio inovadores: Consequentemente, as cadeias de valor tornam-se mais reativas e a competitividade aumenta através da eliminação de barreiras entre a informação e as infraestruturas físicas;

→ Economia: A convergência entre os mundos físico e digital impacta o crescimento da economia;

→ Interface homem-máquina: Melhoria da interação entre os trabalhadores e as máquinas, bem como novas formas de trabalho colaborativo com outros trabalhadores;

→ Desenvolvimento de *skills*: Aquisição de novas competências e criação de novos postos de trabalho.

Sony et al. (2021) → Indústria 4.0 – Benefícios:

→ Melhora a satisfação dos clientes;

→ Maximiza a eficiência, reduz os custos operacionais e mantém as organizações competitivas num ambiente de negócios;

→ Torna os dados organizacionais numa base de dados *Big Data*;

→ Satisfaz as necessidades crescentes de produtos inteligentes;

→ Auxilia no alcance da eficácia e agilidade organizacional.

Uglovskaia (2017) → Indústria 4.0 – Benefícios:

→ Planeamento e controlo com dados relevantes e em tempo real;

→ Fabrico sustentável e eficiência de recursos (materiais, energia, pessoas);

→ Produção flexível e de maior qualidade;

→ Reação *ad-hoc* às mudanças do mercado: Permite que as indústrias resolvam os problemas com rapidez, de forma a adaptarem-se aos desafios que possam surgir no mercado;

→ Personalização de produtos;

→ Aumento do nível de satisfação dos clientes;

→ Aumento da vantagem competitiva: Através da implementação de modelos de negócio digitais e criação de novas tecnologias;

→ Redução de custos e de resíduos;

→ Condições de trabalho mais seguras;

→ Novos postos de trabalho;

→ Equilíbrio entre a vida pessoal e profissional;

→ Aumento das receitas;

→ Identidade inovadora da empresa.

Zadjali e Ullah (2021) → Indústria 4.0 – Benefícios:

→ Aumento da produtividade: A partilha de dados utilizando tecnologias como a IoT e a *Cloud*, permite que uma indústria reveja cada fase da cadeia de abastecimento de forma eficaz;

→ Mantém a competitividade: Uma gestão adequada da produção, aliada a estratégias de distribuição eficazes ajudam uma organização a manter-se competitiva em indústrias transformadores altamente competitivas;

→ Maior partilha de conhecimentos e trabalho colaborativo: A partilha de informações entre departamentos por meio da IoT e da *Cloud*, permite que a colaboração entre a equipa evolua, tornando-se mais acessível atingir os objetivos da organização;

→ Eficácia dos custos: Através da I4.0 os erros humanos tendem a diminuir e por outro lado, as indústrias conseguem gerir as suas taxas de produção tendo um número limitado de trabalhadores nas suas instalações, o que resulta num custo de mão de obra inferior;

→ Flexibilidade e agilidade: É mais fácil escalar a produção, tanto para cima como para baixo ou incluir novas linhas de produtos, aliado a novas oportunidades para sistemas de produção *one-off* e *high-mix*;

→ Melhor experiência para o cliente: Com a implementação da I4.0, a existência de produtos danificados diminui, é possível produzir num período de tempo limitado um elevado número de produtos e a melhoria da qualidade dos produtos ajuda a aumentar o nível de satisfação dos clientes

Contudo, apesar da Quarta Revolução Industrial apresentar benefícios para as organizações, é importante que as mesmas estejam informadas acerca dos desafios e barreiras que poderão ser encontrados com a utilização de sistemas inteligentes.

2.4.2 Desafios e Barreiras

Apesar dos diversos benefícios associados à implementação da I4.0, estes não estão isentos de desafios tecnológicos que exercem elevada influência em muitas dimensões das indústrias transformadoras. Em 2017, na 17ª conferência da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), representantes do setor privado, governos e académicos enfatizaram que o rápido avanço tecnológico exerce uma grande influência perante os requisitos de educação, habilidades necessárias e distribuição do rendimento, impactando diretamente as cadeias de valor globais (UNIDO, 2018).

Assim, é cada vez mais importante que as indústrias transformadoras estejam preparadas para os desafios que possam surgir com a implementação da I4.0, principalmente em relação à segurança dos dados, visto que, através de tecnologia IoT, um grande fluxo de dados e informações circulam constantemente e as capacidades operacionais aumentam, porém, muitos desses dados poderão incluir informações confidencias, tanto da empresa como dos clientes, tornando-se crucial para as indústrias garantir que todas as informações estão protegidas de acessos não autorizados (Bakhtari et al., 2020).

Para além da segurança dos dados ficar mais vulnerável, o armazenamento destes representa um grande desafio para as indústrias. De acordo com Khan e Turowski (2016), o aparecimento de novos algoritmos exige uma análise rigorosa de possíveis correlações entre os fluxos de dados, bem como, a obtenção de novos *insights* a partir de dados que anteriormente não eram analisados, ou seja, a existência de dados redundantes armazenados em vários departamentos da empresa aumentam e, consequentemente, a quantidade de redundância, inconsistência e análises distintas também, caso não exista uma abordagem padrão no que toca à gestão dos dados.

Adicionalmente, o armazenamento de dados requer manutenção, o que resulta em gastos elevados, juntamente com custos necessários para fornecer formação aos colaboradores, para que estes consigam lidar com tecnologias digitais e máquinas inteligentes durante a atividade de produção (Zadjali & Ullah, 2021). Por outro lado, um estudo académico realizado por Alqoud et al. (2022) determinou que as restrições financeiras, a falta de conhecimento e a complexidade da adoção de novas tecnologias são as principais barreiras na implementação da I4.0, segundo a correlação entre o ponto de vista académico e o ponto de vista da indústria. Contudo, apesar da existência de diversos desafios relacionados com a aplicação da I4.0 nas indústrias, se as organizações conseguirem compreender os benefícios da utilização de sistemas inteligentes, irá tornar-se mais fácil adotar a I4.0 com sucesso.

Em suma, a Tabela 2.2 fornece uma visão geral acerca dos principais desafios associados à implementação da I4.0 nas indústrias transformadoras.

Tabela 2.2 - Indústria 4.0: Desafios

	Indústria 4.0 – Desafios
(Alqoud et al., 2022)	– Restrições financeiras; – Falta de conhecimento; – Complexidade.
(Bakhtari et al., 2020)	– Elevado investimento inicial em infraestruturas; – Falta de programas de formação de habilidades; – Falta de qualificação (trabalhador 4.0); – Segurança dos dados; – Falta de legislação digital; – Falta de padronização; – Falta de tecnologia de integração e compatibilidade;

	– Incerteza acerca do investimento inicial; – Perturbação nos empregos; – Modelos de negócios antigos tornam-se inadequados; – Falta de visão e liderança por parte da direção.
(Khan & Turowski, 2016)	– Obstáculos no armazenamento e recolha de dados; – Dificuldade na partilha de dados com as empresas parceiras; – Pouca formação e fraco desenvolvimento de *skills* importantes para a I4.0; – Complexidade e elevados custos de gestão na implementação de um ambiente de produção flexível; – Segurança dos dados.
(UNIDO, 2018)	– Lacunas na infraestrutura; – Regras e regulamentos internacionais desatualizados que não consideram a I4.0; – Capacidade que um sistema apresenta para transferir e utilizar informações de maneira uniforme e transparente; – Segurança dos dados; – Incentivos e obstáculos que poderão moldar o desenvolvimento e difusão de novas tecnologias, estabilidade dos sistemas CPS, bem como a sua fiabilidade, transparência, privacidade, ética, segurança, desigualdade e exclusão; – Mudanças na natureza da inovação dos processos e as suas implicações para a concorrência, bem como barreiras à entrada.
(Zadjali & Ullah, 2021)	– Problemas relacionados com cibersegurança; – Problemas técnicos; – Aumento do custo de manutenção da tecnologia; –Falta de capacidade financeira para fornecer formação aos funcionários.

Fonte: Elaboração própria com recurso aos autores referidos na tabela

Capítulo 3 – Metodologia

Neste capítulo apresenta-se a metodologia utilizada para a construção do modelo desta investigação, formulado com base nos conceitos teóricos presentes na literatura, com o principal objetivo de ajudar na avaliação do impacto que a I4.0 tem nas indústrias transformadoras de café em Portugal.

3.1 Modelo

Como já mencionado anteriormente, este estudo visa colmatar a ausência de estudos acerca dos benefícios que a I4.0 apresenta para as indústrias transformadoras de café em Portugal. Neste sentido, o objetivo deste modelo é fornecer um suporte que permita avaliar e quantificar os benefícios associados à utilização da I4.0 nestas indústrias. Assim, pretende-se que este modelo identifique e avalie o impacto que as tecnologias 4.0 exercem nas cadeias de abastecimento do setor do café em Portugal, com o intuito de tornar as questões de investigação propensas a serem estudadas.

Este modelo é fundamentado pela revisão de literatura realizada acerca dos benefícios que advêm da aplicação da I4.0 em diversas indústrias, tendo especial foco nas indústrias transformadoras. Especificamente, a finalidade deste modelo é incorporar os *insights* retirados da análise realizada à literatura e transformá-los numa estrutura que possa ser aplicada aos requisitos específicos da indústria do café. A título de exemplo, de acordo com estudos anteriores (Sony et al., 2021; Uglovskaia, 2017) a implementação adequada das tecnologias emergentes da I4.0 nos setores industriais ajuda a elevar o nível de satisfação dos clientes, a reduzir custos operacionais, maximizar a eficiência dos recursos, aumentar a vantagem competitiva, entre muitos outros benefícios que podem ser observados no subtópico 2.4.1.

Tendo por base a revisão de literatura e após uma compreensão aprofundada das necessidades específicas do mercado do café em Portugal e da indústria no global, este estudo será dividido em quatro dimensões principais: (1) ambiente organizacional, (2) eficiência operacional, (3) qualidade e inovação e (4) sustentabilidade. Estas quatro dimensões chave foram definidas pela sua relevância no setor e pelas evidências encontradas em estudos anteriores que reforçam que a I4.0 contribui para melhorias significativas nas indústrias transformadoras.

Após a divisão das quatro dimensões principais deste estudo, procedeu-se ao agrupamento de todos os benefícios da I4.0 referidos no subtópico 2.4.1 na dimensão a que cada um

corresponde, como é possível observar através da Tabela 3.1. Procedeu-se a esta alocação devido à necessidade de analisar e concluir especificamente em que dimensões da indústria do café nacional é que a I4.0 apresenta ser mais benéfica.

Tabela 3.1 - Modelo: Dimensões e Benefícios da Indústria 4.0

Dimensões	**Benefícios da Indústria 4.0**	**Referências**
Ambiente Organizacional	– Condições laborais: Maior facilidade em atingir o equilíbrio entre a vida pessoal e profissional devido a modificações na intensidade e tipo de tarefas; – Desenvolvimento de novas *skills*: O desenvolvimento de competências fundamentais para trabalhar com as tecnologias da I4.0 garantem às organizações mão de obra para ocupar postos de trabalho que poderão surgir e consequentemente, contribuirá para a satisfação dos trabalhadores; – Saúde: Redução das doenças dos colaboradores causadas por efeitos secundários de máquinas e veículos, tal como a poluição e o ruído; – Segurança: Condições de trabalho mais seguras, resultando em menos incapacidades e mortes relacionadas com acidentes de trabalho; – Trabalho colaborativo: A interface homem-máquina origina uma maior partilha de conhecimentos entre os departamentos, contribuindo para o cumprimento dos objetivos da empresa.	(Javaid et al., 2022; Pereira & Romero, 2017; Uglovskaia, 2017; Zadjali & Ullah, 2021)
Eficiência Operacional	– Atraso no transporte: Diminuição do número de entregas atrasadas; – Aumento da produtividade: A partilha de dados por meio de tecnologias como a IoT e a C*loud*, permitem que uma indústria reveja cada fase da cadeia de abastecimento de forma eficaz, levando a melhores resultados financeiros, que por sua vez, podem aumentar a capacidade e a produtividade das organizações;	(Hassoun et al., 2023; Javaid et al., 2022; Kayikci, 2018; Pereira & Romero, 2017; Sony et al., 2021;

	– Competitividade: A gestão adequada da produção, aliada a estratégias de distribuição eficazes, bem como, a implementação de novos modelos de negócio digitais, ajudam uma organização a manter-se competitiva em indústrias transformadoras altamente competitivas; – Custos logísticos: Redução de custos logísticos em relação a transporte, armazenamento, custos de manutenção e gestão de *stocks*; – Eficácia dos custos: Através da I4.0 os erros humanos tendem a diminuir e por outro lado, as indústrias conseguem gerir as suas taxas de produção tendo um número limitado de trabalhadores nas suas instalações, o que resulta num custo de mão de obra inferior; – Flexibilidade e agilidade: A integração total dos produtos e dos processos possibilita maior flexibilidade nas operações, por exemplo, na alteração do planeamento de envios sem atrasos indevidos e na facilidade de escalar a produção, tanto para cima como para baixo ou incluir novas linhas de produtos, aliado a novas oportunidades para sistemas de produção *one-off* e *high-mix*; – Garantia de autenticidade, integridade e imutabilidade de informações relativas a operações de compra e venda; – Gestão de todas as funções industriais: Uma indústria que possua todos os dados armazenados na C*loud*, consegue visualizá-los em qualquer lugar, em tempo real e sempre que seja necessário; – Gestão do inventário: Modificações no volume do inventário; – Otimização da produção: Através das tecnologias da I4.0, como a C*loud*, é possível interligar as infraestruturas das fábricas permitindo que todas as	Uglovskaia, 2017; Zadjali & Ullah, 2021)

	produções estejam ligadas em rede a nível mundial, possibilitando a otimização da produção, previsão de falhas no processo produtivo e redução do tempo de inatividade das máquinas, bem como, correção de imperfeições nas operações físicas, sem necessitar de intervenção humana; – Perdas/danos: Diminuição de mercadorias perdidas e/ou danificadas devido a danos, roubos e acidentes; – Precisão das previsões: A capacidade de recolha, transferência e armazenamento de grandes volumes de dados, facilitam na deteção da procura e previsão de decisões de transações, levando a uma melhoria da eficiência e respondendo aos interesses de todos os *stakeholders*; – Reação *ad-hoc* às mudanças do mercado: Permite que as indústrias resolvam os problemas com rapidez, de forma a adaptarem-se aos desafios que possam surgir no mercado; – Satisfação dos clientes: A redução de alguns riscos da cadeia de abastecimento, traduz-se num impacto positivo na confiança e intenções de compra dos consumidores; – Tempo de entrega: Melhorias nas entregas, tempo de ciclo e prazo de execução.	
Qualidade e Inovação	– Combate a fraude e a adulteração: Dessa forma, a segurança alimentar é garantida, bem como a redistribuição do valor ao longo da cadeia de abastecimento; – Fiabilidade: Melhorias na qualidade dos processos logísticos em relação a transporte, *stocks* e armazenamento; – Identidade inovadora da empresa: A introdução de novos produtos e serviços, por exemplo, através de	(Hassoun et al., 2023; Javaid et al., 2022; Kayikci, 2018; Pereira & Romero, 2017; Sony et al., 2021;

	sistemas incorporados que permitem acompanhar a atividade dos produtos em tempo real, contribuem para a otimização de toda a cadeia de valor, ao mesmo tempo que fornecem informações importantes acerca do estado do produto durante o seu ciclo de vida, promovendo a identidade inovadora da empresa; – Novos modelos de negócio inovadores: Tornam as cadeias de valor mais reativas e a competitividade aumenta devido à eliminação de barreiras entre a informação e as infraestruturas físicas; – Personalização de produtos: Por meio das tecnologias da I4.0, os produtos tornam-se mais modulares e configuráveis, o que promove a personalização em massa e satisfaz as necessidades específicas dos clientes.	Uglovskaia, 2017)
Sustentabilidade	– Ecoinovação: A partilha de conhecimentos entre as pessoas e as máquinas melhoram os processos de fabrico, aumentam a eficiência e reduzem a produção de resíduos, ou seja, melhoram a Ecoinovação de uma indústria. Por exemplo, através de sistemas CPS é possível integrar inovações ambientais no sistema; – Emissões geradas nos processos: Através das tecnologias da I4.0, como a recolha e previsão de dados, a robótica, a IoT e a digitalização, é possível reduzir a pegada de carbono e controlar a poluição; – Energia: Alterações nas necessidades energéticas, por exemplo, por meio de sensores e equipamentos IoT, é possível obter eficiência energética em tempo real através de sistemas de refrigeração que têm a capacidade de auto regular-se, por exemplo; – Enfrentar as mudanças climáticas: A I4.0 proporciona ferramentas que ajudam a definir estratégias para combater as alterações climáticas;	(Javaid et al., 2022; Kayikci, 2018; Uglovskaia, 2017)

	– Resíduos: Práticas de produção inteligentes ajudam a minimizar o desperdício de resíduos ao longo do processo produtivo.	

Fonte: Elaboração própria com recurso aos autores referidos na tabela

A metodologia escolhida para este estudo incide maioritariamente numa abordagem quantitativa que consiste na recolha de dados por meio de questionários realizados a profissionais do setor do café em Portugal, com o intuito de obter dados acerca do impacto da implementação da I4.0 no ambiente de trabalho e nas cadeias de abastecimento da indústria onde operam. Segundo Mujis (2004), a pesquisa quantitativa é o método mais eficaz para avaliar a relação causal de fenómenos, permitindo explicá-los através da recolha de dados numéricos, analisados através de métodos estatísticos específicos.

Esta metodologia foi escolhida devido à necessidade de assegurar a recolha de informação acerca da implementação das principais tecnologias 4.0 presentes nas empresas do setor do café, os benefícios e desafios encontrados durante a implementação dos sistemas tecnológicos e quais as perspetivas futuras destas indústrias relativamente à I4.0, permitindo revelar padrões e retirar conclusões relevantes para a perceção desta temática.

3.2 Questionário

Como foi referido no subtópico 3.1, a presente investigação é conduzida através de uma metodologia quantitativa com recurso à realização de um questionário que desempenha um papel crucial nesta investigação, pois ajuda a compreender a perceção que os profissionais da indústria do café têm acerca da implementação da I4.0 nas empresas do setor, permitindo identificar alterações nos seus processos diários, nomeadamente o impacto na produtividade e na eficiência, bem como mudanças nas condições de trabalho e novas práticas sustentáveis.

Antes do questionário chegar à sua estrutura final passou por um processo de várias etapas com o propósito de obter melhorias relevantes para garantir a elaboração de um instrumento de pesquisa compreensível para todos os inquiridos. Este processo iniciou-se com a elaboração de um esboço estruturado baseado nos conceitos teóricos presentes na literatura e posteriormente, procedeu-se à elaboração de um teste piloto recomendado por Creswell e Creswell (2018), tendo como objetivos principais detetar eventuais erros ou dificuldades de compreensão durante o seu preenchimento, bem como o tempo estimado para a sua realização.

De seguida, recorrendo ao *feedback* obtido na realização do teste piloto elaborou-se a versão final do questionário (Anexo A), sendo composto por vinte e sete itens divididos em seis secções:

Secção I: Consentimento Inicial – Tem como finalidade conferir se os inquiridos aceitam ou não participar no estudo. No caso da resposta ser afirmativa, os inquiridos consentem que os dados recolhidos serão tratados com anonimato.

Secção II: Caracterização dos Inquiridos – Pretende caracterizar a amostra, nomeadamente através do cargo que os participantes desempenham, o departamento no qual estão inseridos e qual o número de colaboradores e faturação da empresa que representam.

Secção III: Tecnologias 4.0 – Tem o intuito de compreender se as tecnologias 4.0 estão implementadas no setor do café e quais as que assumem maior preponderância.

Secção IV: Benefícios encontrados após a adoção da Indústria 4.0 – Tem como objetivo principal avaliar o impacto que a implementação da I4.0 exerce nas quatro dimensões chave das empresas (ambiente organizacional, eficiência operacional, qualidade e inovação, sustentabilidade), definidas previamente no subtópico 3.1.

Secção V: Desafios encontrados na implementação da Indústria 4.0 – Pretende compreender quais foram as maiores dificuldades encontradas pelas empresas durante a implementação das tecnologias 4.0 nos seus processos diários.

Secção VI: Perspetivas futuras da Indústria 4.0 – Tem o intuito de analisar as perceções individuais relativamente ao futuro da I4.0 nas empresas.

Relativamente ao *design* do questionário, os itens das secções IV e VI foram construídos tendo por base a escala de Likert desenvolvida por Rensis Likert em 1932, utilizada para determinar o grau em que os inquiridos concordam ou discordam de uma afirmação específica, através de uma escala ordinal de cinco ou sete pontos (Sullivan & Artino, 2013). Assim, optou-se por colocar cinco opções de resposta, sendo estas: (1) Discordo totalmente, (2) Discordo, (3) Indiferente, (4) Concordo e (5) Concordo totalmente. Deste modo, as duas primeiras opções estão escritas de uma forma negativa e a outra metade de forma positiva, sendo que a terceira opção de resposta representa um grau de opinião neutro. Isto permite avaliar o nível de concordância ou discordância relativamente aos benefícios que as tecnologias 4.0 oferecem para as empresas, bem como as perspetivas dos participantes relativamente ao futuro da I4.0.

Adicionalmente, nas restantes secções (I, II, III e V) optou-se por colocar perguntas de múltipla escolha ou de resposta única. As perguntas de múltipla escolha permitem que os participantes selecionem mais do que uma opção, em contraste com as perguntas de resposta única que apenas permitem que uma das opções seja selecionada (Taherdoost & Lumpur, 2016).

Todas as questões têm opções de resposta predefinidas com o objetivo de obter dados quantitativos e recolher informações categóricas.

É importante salientar que o questionário apresenta sete itens de resposta aberta, em que se permite que os inquiridos forneçam informações adicionais de modo a obter informações que não tenham sido abordadas nas questões anteriores (Husain et al., 2012), permitindo realizar uma análise mais completa. Por fim, de modo a agilizar o processo de divulgação do questionário, este foi elaborado através do software *Microsoft Forms*, e foi partilhado via e-mail a 63 empresas do setor do café em Portugal, tendo estado disponível de 1 de julho de 2024 a 3 de setembro de 2024.

3.3 Dados

Os dados podem ser recolhidos por via de fontes primárias e/ou fontes secundárias (Ajayi, 2023). As fontes de dados primárias referem-se aos dados que são originados pelo autor da investigação e as fontes de dados secundárias consistem em dados que foram recolhidos anteriormente por outros profissionais e académicos presentes na literatura ou em ferramentas científicas. No presente estudo, os dados recolhidos e analisados são provenientes de fontes primárias e fontes secundárias, de forma a garantir uma análise minuciosa acerca dos benefícios e utilização das tecnologias 4.0 nas indústrias transformadoras de café em Portugal.

Os dados primários foram recolhidos por meio de um questionário onde um dos objetivos foi garantir a obtenção de dados recentes, assegurando a obtenção das perceções atuais dos participantes relativamente aos benefícios da adoção da I4.0 para as empresas, bem como, compreender o estado atual da implementação das tecnologias 4.0 no setor. Com o intuito de fundamentar a análise e a interpretação dos dados primários, foi necessário obter uma base teórica acerca da temática, recorrendo a dados secundários, tais como a análise de artigos científicos, relatórios e análises de mercado acerca da implementação de tecnologias 4.0 nas indústrias, tendo especial foco nas indústrias transformadoras.

Após a recolha dos dados, foi necessário proceder à limpeza e organização dos mesmos. Com base em Milosevic et al. (2016), efetuar a limpeza e organização dos dados é fundamental para detetar e remover respostas imprecisas ou incompletas, ao mesmo tempo que evita eventuais erros de formatação durante a etapa seguinte, a análise estatística. Como tal, para auxiliar o tratamento e análise dos dados recolhidos através do questionário realizado, recorreu-se a um *software* de análise estatística avançada, o *IBM SPSS Statistics*.

Capítulo 4 – Análise de Resultados

O principal objetivo deste capítulo é apresentar a análise efetuada aos resultados obtidos no inquérito, que servirão de base tanto para averiguar se o propósito da presente investigação foi alcançado, como para ajudar a encontrar respostas às questões de investigação definidas no subtópico 1.3. Esta é uma das fases mais importantes para qualquer investigação científica, uma vez que possibilita identificar tendências e encontrar padrões relevantes de uma amostra, traduzindo-se numa maior compreensão acerca da temática em estudo, ao mesmo tempo que permite responder às questões formuladas no princípio da investigação, confirmando ou não os pressupostos da pesquisa.

4.1 Caracterização da Amostra

O referido inquérito (Anexo A) foi divulgado a 63 empresas presentes na indústria do café, no entanto, apenas foi possível recolher 21 participações. Após o questionário ser encerrado, procedeu-se à organização dos dados, onde não foram detetados questionários incompletos, o que significa que a amostra final deste estudo é constituída por 21 inquiridos.

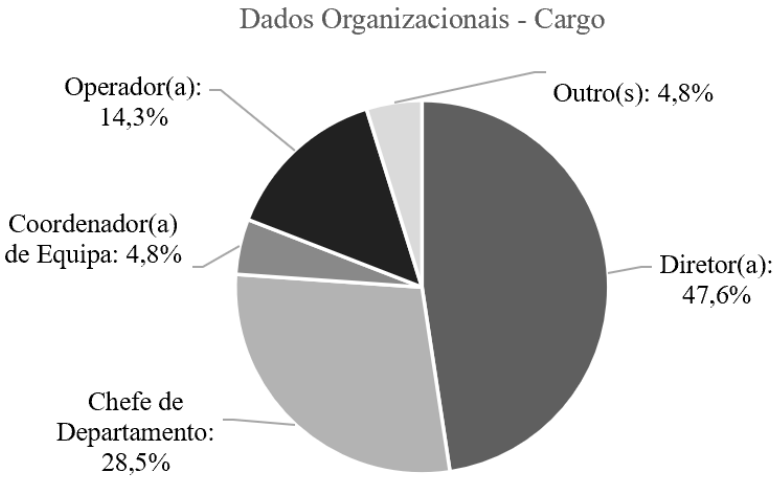

Figura 4.1 - Dados Organizacionais: Cargo

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics* e do *Microsoft Excel*

Através da Figura 4.1, podemos verificar que a maioria da população do estudo desempenha um cargo de direção (47,6%) ou um cargo de chefe de departamento (28,5%).

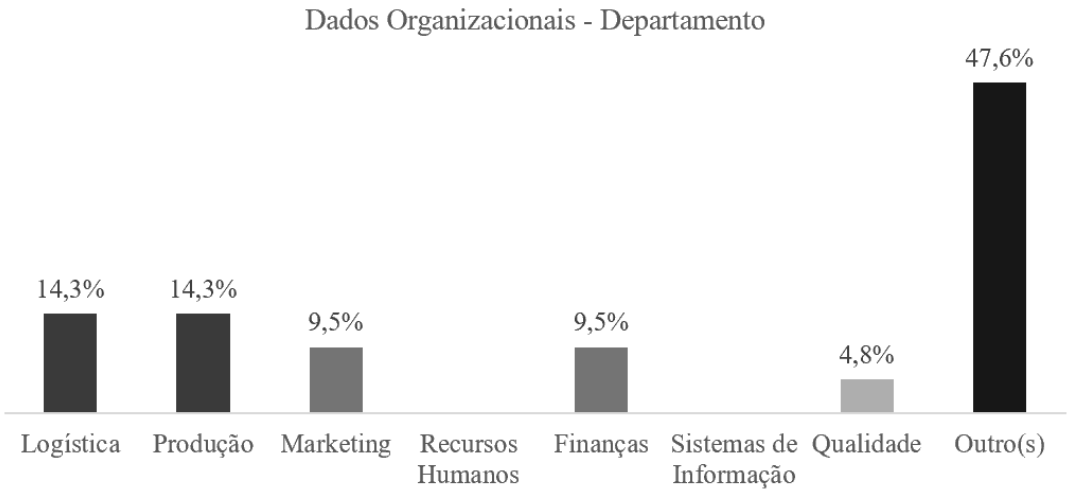

Figura 4.2 - Dados Organizacionais: Departamento

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics* e do *Microsoft Excel*

Podemos verificar através da Figura 4.2 que em relação ao departamento onde os inquiridos desempenham atualmente funções, a maior parte respondeu "Outro(s)" (47,6%), sendo importante referir que mais de metade desses inquiridos afirmou que desempenha atualmente todas as funções que foram dadas como opção de resposta no inquérito. Em relação aos restantes departamentos mais relevantes, destacam-se os departamentos de logística e de marketing, representando cada um 14,3% da população do estudo. A restante distribuição da amostra relativamente aos cargos que os participantes desempenham, juntamente com o departamento a que estão alocados, pode ser observada através das Figuras 4.1 e 4.2, respetivamente.

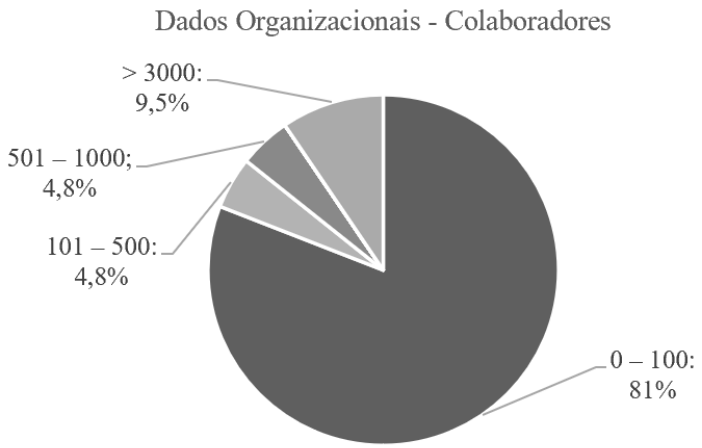

Figura 4.3 - Dados Organizacionais: Colaboradores

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics* e do *Microsoft Excel*

Relativamente ao número de colaboradores das empresas, podemos observar através da Figura 4.3 que 81% das empresas agrega entre 0 e 100 colaboradores, o que significa que a maior parte da população desta investigação representa empresas de menor dimensão. Adicionalmente, apenas 9,5% das empresas empregam mais de 3000 colaboradores.

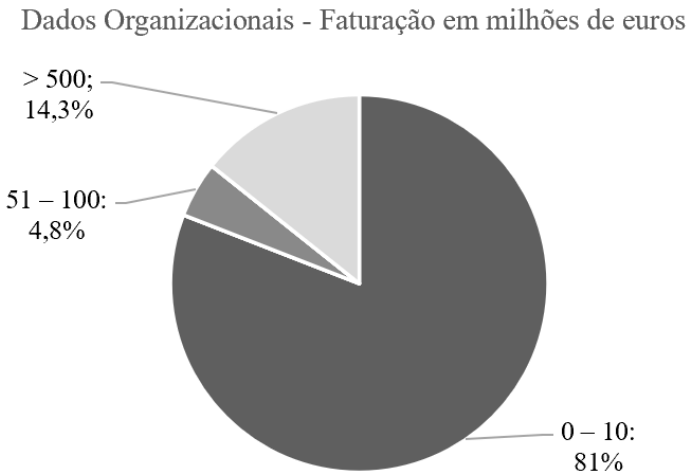

Figura 4.4 - Dados Organizacionais: Faturação em Milhões de Euros

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics* e do *Microsoft Excel*

Por fim, é possível observar através da Figura 4.4 que grande parte da amostra do estudo pertence a empresas cuja faturação em milhões de euros no último ano rondou os 0 a 10 milhões de euros (81%), 4,8% faturou entre 51 a 100 milhões de euros e 14,3% faturou um montante superior a 500 milhões de euros. Isto revela que as empresas com uma faturação entre 0 a 10 milhões de euros são predominantes na amostra.

Após a exposição dos dados organizacionais que complementam este projeto de investigação, prossegue-se a análise descritiva.

4.2 Análise Descritiva

A análise descritiva é uma abordagem estatística muito utilizada para evidenciar características relevantes de um conjunto de dados recolhidos, ao mesmo tempo que influencia as conclusões de um estudo através dos padrões e tendências que esta análise permite aferir. Assim, com o objetivo de obter uma maior perceção acerca das características da população do estudo, optou-

se por recorrer a medidas descritivas, tais como medidas de localização (média e mediana) e medidas de dispersão (desvio padrão, mínimo e máximo).

4.2.1. Dados Organizacionais

Tabela 4.1 - Análise dos Dados Organizacionais

	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Cargo[1]	21	2,00	2,00	1,26	1	5
Departamento[2]	21	5,43	7,00	2,98	1	8
Colaboradores[3]	21	1,62	1,00	1,53	1	6
Faturação[4]	21	1,67	1,00	1,46	1	5

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics*

Através da Tabela 4.1 é possível verificar que em relação à variável "cargo", a mediana é 2. Isso significa que o ponto médio da distribuição dos inquiridos desempenha funções de chefe de departamento. Contudo, uma vez que a média apresenta um valor igual a 2, podemos concluir que a maioria dos inquiridos deste estudo, desempenha ou um cargo de direção ou um cargo de chefe de departamento.

Também podemos concluir que, em média, o departamento onde a maioria da amostra desempenha funções é no departamento de Finanças. No entanto, esta variável apresenta o maior desvio padrão (2,98) da amostra, o que indica que, em média, existe uma dispersão dos dados a 2,98 unidades do valor da média. Isto significa que, no geral, a população da amostra está inserida em vários departamentos.

Relativamente aos dados organizacionais, a maioria das empresas desta amostra tem um números médio de colaboradores dentro do intervalo (0 - 100), o que nos indica que a maioria das empresas deste estudo são empresas de menor dimensão.. Por último, é também possível concluir que no último ano, a faturação destas empresas registou, em média, valores entre 0 e

[1] Cargo: 1 = Diretor(a); 2 = Chefe de Departamento; 3 = Coordenador de Equipa; 4 = Operador(a); 5= Outro(s)
[2] Departamento: 1 = Logística; 2 = Produção; 3 = Marketing; 4 = Recursos Humanos; 5= Finanças; 6= Sistemas de Informação; 7 = Qualidade; 8 = Outro(s)
[3] Colaboradores: 1 = 0-100; 2 = 101-500; 3 = 501-1000; 4 = 1001-2000; 5 = 2001-3000; 6 = >3000
[4] Faturação (Milhões de Euros): 1 = 0-10; 2 = 11-50; 3 = 51-100; 4 = 101-500; 5 = >500

10 milhões de euros, o que reafirma o facto da maioria destas empresas serem de pequena dimensão.

4.3 Implementação de Tecnologias 4.0

Tabela 4.2 - Tecnologias 4.0 no Setor do Café em Portugal

		N	**Contagem**	**%**
Na sua empresa, existem departamentos onde a tecnologia 4.0 está implementada?	Sim	21	4	19
	Não	21	17	81

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics*

De acordo com a Tabela 4.2, é possível verificar que a maioria das empresas que participou estudo ainda não implementou tecnologias 4.0 nos seus processos diários. Apenas 19% das empresas inquiridas afirmaram que existem departamentos onde as tecnologias 4.0 foram adotadas, o que significa que existe um forte potencial para a adoção destas tecnologias no setor do café nacional e, consequentemente, potencial de crescimento e inovação para este setor. No entanto, o facto de 17 das 24 empresas inquiridas (81%) ainda não terem implementado tecnologias 4.0 nos seus processos, pode ser um indício de que existem desafios e barreiras na adoção destes sistemas inteligentes tais como o elevado investimento inicial que não é compatível com o orçamento da maioria das empresas do setor e alguma falta de conhecimento sobre os benefícios a médio e longo prazo da implementação de alguns destes processos.

Tabela 4.3 - Tabela de Referência Cruzada: Tecnologias 4.0 Implementadas no Setor do Café em Portugal

		Tecnologias 4.0		
	Tempo (Anos)	Análise de Dados com *Big Data*	Armazenamento de Dados na *Cloud*	*Industrial Internet of Things* (IIoT)
***Grupo A** (101 – 500 colaboradores)*	1 – 3		X	X

Grupo B *(>3000 colaboradores)*	1 – 3	X	X	
Grupo C *(> 3000 colaboradores)*	3 – 5	X	X	X
Grupo D *(0 – 100 colaboradores)*	< 1		X	
Total		2	4	2

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics*

Através da observação da Tabela 4.3 é possível observar que do conjunto das quatro empresas de café nacional que afirmaram ter adotado tecnologias 4.0 nos últimos anos, a maioria só implementou estas tecnologias nos últimos 1 a 3 anos, demonstrando que a adoção da I4.0 é uma tendência recente no setor do café em Portugal.

No que diz respeito aos sistemas inteligentes adotados por estas empresas, a única ferramenta comum é a adoção do Armazenamento de Dados na *Cloud*, possivelmente por ser a tecnologia 4.0 que não requer infraestruturas físicas, tornando a sua implementação mais acessível em comparação com as outras tecnologias referidas pelos inquiridos. Adicionalmente, é relevante salientar que apenas uma empresa respondeu positivamente à questão "Há algum departamento da sua empresa que não tenha sido referido acima em que a tecnologia 4.0 esteja implementada? Se sim, qual(is)?". Em concreto, o Grupo C, cuja implementação da I4.0 aconteceu nos últimos 3 a 5 anos, referiu que já incorporou a robótica colaborativa nos seus processos produtivos. Isto sugere que a incorporação de sistemas inteligentes pode ser visto como um processo evolutivo, onde as empresas primeiramente procedem à implementação de tecnologias 4.0 mais simples e menos dispendiosas e à medida que avaliam os seus benefícios, vão adicionando tecnologias mais complexas e que requerem um investimento mais elevado.

Tabela 4.4 - Tecnologias 4.0 Implementadas

	Grupo A (101 – 500 colaboradores)	**Grupo B (>3000 colaboradores)**	**Grupo C (> 3000 colaboradores)**	**Grupo D (0 – 100 colaboradores)**	**Total**
Logística		X	X		2
Produção			X	X	2
Marketing				X	1
Recursos Humanos					-
Finanças					-
Sistemas de Informação	X		X		2
Apoio ao Cliente		X	X		2
Qualidade			X		1
Total	1	2	5	2	10

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics*

Como podemos averiguar através da Tabela 4.4, as tecnologias 4.0 implementadas pelas empresas demonstram estar a ser introduzidas de forma uniforme no que diz respeito às operações logísticas, produção, sistemas de informação e apoio ao cliente, o que pode indicar uma tendência de crescimento de sistemas inteligentes nestas áreas. Adicionalmente, as tecnologias 4.0 foram também implementadas no departamento de marketing pelo Grupo D e no departamento de qualidade pelo Grupo C. Contudo, não representando um padrão comum, isto pode indicar que em comparação com as outras empresas do setor, o Grupo D está focado na otimização e personalização de campanhas/produtos para os clientes enquanto que o Grupo

C poderá estar focado na melhoria da transparência e rastreabilidade dos seus processos e produtos, por exemplo.

4.3.1 Benefícios Associados à Implementação de Tecnologias 4.0

Como foi referido ao longo deste estudo, o principal objetivo desta investigação é avaliar o impacto que a implementação da I4.0 exerce nas quatro dimensões chave das empresas, definidas através do modelo apresentado no subtópico 3.1. É importante salientar que no questionário (Anexo A), para cada um dos benefícios pertencentes às diversas categorias, existiam cinco opções de resposta, estando representadas por uma escala entre 1 a 5, sendo (1) Discordo totalmente, (2) Discordo, (3) Indiferente, (4) Concordo e (5) Concordo totalmente, respetivamente.

Posto isto, encontram-se representadas nas tabelas 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8, as médias e os desvios padrão de todos os benefícios dentro de cada uma das quatro categorias. Esta representação foi realizada para facilitar a compreensão e a perceção geral dos inquiridos relativamente aos benefícios que advêm da utilização de tecnologias 4.0 na indústria do café em Portugal.

Tabela 4.5 - Benefícios da Indústria 4.0: Ambiente Organizacional

	Benefícios	**N**	**Média**	**Desvio Padrão**
Ambiente Organizacional	B1: Maior facilidade em atingir o equilíbrio entre a vida pessoal e profissional dos trabalhadores	4	4,00	0,82
	B2: Desenvolvimento de novas *skills* dos funcionários	4	4,75	0,50
	B3: Redução das doenças dos colaboradores causadas por efeitos secundários de máquinas e veículos, tal como a poluição e o ruído	4	4,00	0,82
	B4: Condições de trabalho mais seguras, resultando em menos acidentes de trabalho	4	4,25	0,96
	B5: Maior partilha de conhecimentos entre os departamentos	4	4,50	0,58

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics*

Através da Tabela 4.5, podemos afirmar que os inquiridos demonstram estar em consenso relativamente à forma como avaliam os benefícios da implementação de tecnologias 4.0 no que diz respeito à dimensão do Ambiente Organizacional.

No geral, todos os inquiridos avaliam de forma muito positiva o impacto que estas tecnologias apresentam no seu ambiente organizacional. Com base nos resultados, é possível aferir que alguns dos benefícios apresentados relevam ter opiniões mais consensuais devido ao facto de apresentarem um valor de desvio padrão mais baixo, como são os casos dos benefícios B2 e B5 (0,5 e 0,58, respetivamente). Consequentemente, é possível concluir a adoção de sistemas inteligentes, representa benefícios para que os colaboradores desenvolvam novas *skills* (B2) e ainda permite uma partilha mais frequente de conhecimentos entre departamentos (B5).

É ainda importante realçar que o benefício B4 apresenta o maior desvio padrão desta dimensão (0,96), o que sugere uma ligeira divergência de perceção por parte dos inquiridos no que concerne ao aumento da segurança no trabalho após a implementação da I4.0 nos processos diários das empresas.

Tabela 4.6 - Benefícios da Indústria 4.0: Eficiência Operacional

	Benefícios	**N**	**Média**	**Desvio Padrão**
Eficiência Operacional	B6: O número de entregas atrasadas diminuiu	4	3,25	0,50
	B7: A produtividade aumentou	4	4,25	0,50
	B8: A empresa consegue manter-se competitiva	4	4,75	0,50
	B9: Redução de custos logísticos em relação a transporte, armazenamento, custos de manutenção e gestão de *stocks*	4	4,50	1,00
	B10: Maior facilidade na gestão das taxas de produção tendo um número limitado de trabalhadores nas instalações, o que resulta num custo de mão de obra inferior	4	4,25	0,96
	B11: Maior flexibilidade e agilidade nas operações	4	4,50	0,58
	B12: Garantia de autenticidade, integridade e imutabilidade de informações relativas a operações de compra e venda	4	4,00	0,82

B13: A gestão de toda as funções industriais torna-se mais fácil, uma vez que é possível visualizar os dados em qualquer lugar e em tempo real	4	4,25	0,50
B14: Maior facilidade em gerir o inventário	4	4,75	0,50
B15: Possibilita a otimização da produção, previsão de falhas no processo produtivo e redução do tempo de inatividade das máquinas, bem como, correção de imperfeições nas operações físicas, sem necessitar de intervenção humana	4	4,00	0,82
B16: Diminuição de mercadorias perdidas e/ou danificadas devido a danos, roubos e acidentes	4	4,00	0,82
B17: Facilidade na deteção da procura e previsão de decisões de transações	4	4,00	0,82
B18: Maior rapidez na resolução de problemas e na adaptação aos desafios que surgem no mercado	4	4,00	0,82
B19: A redução de alguns riscos da cadeia de abastecimento, traduz-se num impacto positivo na confiança e intenções de compra dos clientes	4	4,00	0,82
B20: Melhorias no tempo de entrega, tempo de ciclo e prazo de execução	4	4,25	0,50

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics*

Como é visível na Tabela 4.6, o benefício B6 representa a média mais baixa da segunda dimensão do modelo, a Eficiência Operacional, com uma média de 3,25 e um desvio padrão de 0,50, o que sugere que todos os inquiridos têm opiniões consistentes entre si e que consideram que após a implementação de tecnologias inteligentes na indústria, o número de entregas atrasadas não apresentou alterações significativas, visto que uma média perto de 3 significa que a opinião dos inquiridos é neutra.

Por outro lado, é importante destacar que os benefícios que apresentam respostas mais positivas e consistentes entre os inquiridos são os benefícios B8, B11 e B14. Todos os benefícios apresentam um resultado de 4,75 em relação à média e 0,5, 0,58 e 0,50 em relação ao valor do desvio padrão, respetivamente.

Assim, é possível afirmar que após a adoção de tecnologias 4.0 é percetível que as empresas conseguem manter-se competitivas (B8), ao mesmo tempo que têm maior flexibilidade e agilidade nas operações (B11) e existe uma maior facilidade na gestão do inventário (B14).

No geral, todos os benefícios que constituem esta dimensão, à exceção do benefício B6, foram percebidos de forma positiva pelos inquiridos, indicando que as tecnologias 4.0 melhoram a eficiência operacional das empresas e em particular a eficiência operacional das empresas que pertencem à indústria do café.

Tabela 4.7 - Benefícios da Indústria 4.0: Qualidade e Inovação

	Benefícios	**N**	**Média**	**Desvio Padrão**
Qualidade e Inovação	B21: Combate a fraude e a adulteração, de forma a garantir a segurança alimentar, bem como a redistribuição do valor ao longo da cadeia de abastecimento	4	4,25	0,96
	B22: Melhorias na qualidade dos processos logísticos em relação a transporte, *stocks* e armazenamento	4	4,00	0,82
	B23: Os sistemas inteligentes promovem a identidade inovadora da empresa	4	4,25	0,50
	B24: Criação de novos modelos de negócios inovadores	4	3,75	0,96
	B25: Promove a personalização em massa, tornando os produtos mais modulares e configuráveis	4	3,75	0,50

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics*

A dimensão Qualidade e Inovação apresenta desvios padrão elevados em três dos cinco benefícios (B21, B22 e B24) do conjunto avaliado. Estes valores elevados (0,96, 0,82 e 0,96 respetivamente) indicam que existe uma maior divergência entre a perceção dos inquiridos relativamente ao combate à fraude e adulteração dos alimentos (B21), melhorias na qualidade dos processos logísticos (B22) e na criação de novos modelos de negócios inovadores (B24). Tendo em conta que as médias dos benefícios B22 e B24 registam um valor de 3,75, isso

significa que a opinião dos inquiridos relativamente a estes dois benefícios é ligeiramente positiva. Porém, devido aos elevados valores dos desvios padrão referidos anteriormente, alguns profissionais da indústria podem considerar que estes dois benefícios foram refletidos nas suas operações após a implementação das tecnologias 4.0 enquanto outros profissionais consideram-nos neutros ou até mesmo pouco benéficos.

Tabela 4.8 - Benefícios da Indústria 4.0: Sustentabilidade

	Benefícios	**N**	**Média**	**Desvio Padrão**
Sustentabilidade	B26: A partilha de conhecimentos entre os colaboradores e as máquinas melhoram a Ecoinovação da empresa	4	4,00	0,82
	B27: Redução e controlo das emissões (pegada de carbono, poluição) geradas durante os processos	4	3,75	0,50
	B28: As necessidades energéticas sofreram alterações, tornando-se possível obter eficiência energética em tempo real	4	3,75	0,50
	B29: A Indústria 4.0 permite potenciar estratégias para mitigar as alterações climáticas	4	3,75	0,50
	B30: Práticas de produção inteligentes ajudam a minimizar o desperdício de resíduos ao longo do processo produtivo	4	4,00	0,82

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics*

Através da Tabela 4.8, podemos observar que na categoria Sustentabilidade, os inquiridos demonstram ser consistentes na sua opinião relativamente a três dos benefícios apresentados (B27, B28 e B29). Deste modo, é possível afirmar que no geral os inquiridos consideram que a implementação de práticas de produção inteligentes durante o processo produtivo revelou vantagens ligeiramente favoráveis para a redução e controlo de emissões (B27), obtenção de eficiência energética em tempo real (B28) e a potencialização de estratégias para mitigar as mudanças climáticas (B29). Esta conclusão é possível ser retirada uma vez que a perceção dos

inquiridos em relação aos três benefícios referidos acima apresenta uma média de 3,75 e um desvio padrão relativamente baixo (0,5).

Por sua vez, uma média igual a 4 nos restantes benefícios (B26 e B30) indica que os inquiridos têm uma opinião bastante positiva em relação à melhoria da Ecoinovação através da partilha de conhecimentos entre os colaboradores e as máquinas (B26) e minimização do desperdício de resíduos durante o processo produtivo (B30). No entanto, ambos os benefícios apresentam um desvio padrão perto de 1 (0,82), significando que existe alguma discrepância relativamente à opinião dos inquiridos.

Após a exposição da análise da perceção dos inquiridos relativamente a cada uma das categorias do modelo, é possível observar-se na Figura 1 a visão geral do conjunto dos trinta benefícios que compõem as quatro dimensões segundo a opinião dos profissionais das quatro empresas que adotaram sistemas inteligentes nos últimos anos.

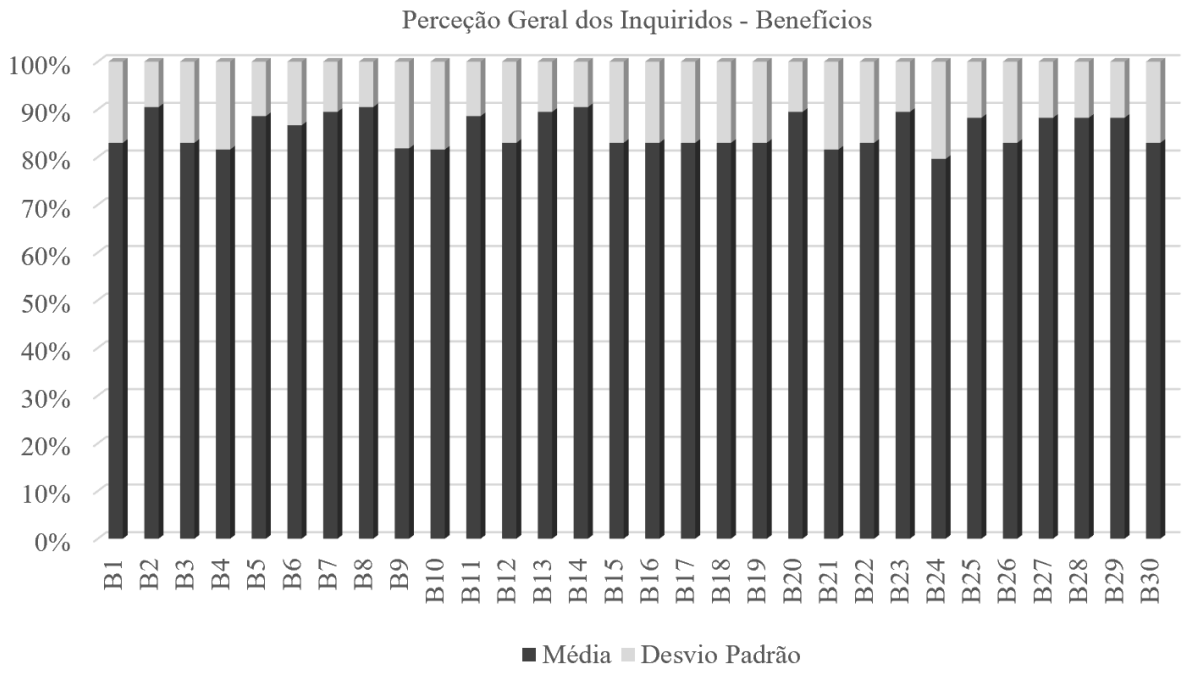

Figura 4.5 - Perceção Geral dos Inquiridos: Benefícios Após a Implementação de Tecnologias 4.0

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *Microsoft Excel*

Através da observação da Figura 4.5, é possível afirmar-se que do conjunto dos trinta benefícios avaliados pelos inquiridos, as respostas demonstram ser consistentes na opinião positiva que estes têm relativamente ao facto que treze dos benefícios (B2, B5, B7, B8, B11, B13, B14, B20, B23, B25, B27, B28, B29) foram observados após a implementação da I4.0 nos

sistemas das empresas. Isto indica que a I4.0 é efetivamente benéfica nas cadeias de abastecimento do setor do café, dado que todos os benefícios destacados encontram-se dentro de cada uma das quatro dimensões principais do modelo deste estudo.

4.3.2 Desafios Encontrados Perante a Implementação de Tecnologias 4.0

Em relação à questão do questionário "Quais foram os principais desafios encontrados na implementação da I4.0? Indique todos aqueles que se aplicam." (Secção 5, Questão 24, Anexo A), as quatro empresas demonstraram ter encontrado alguns desafios ao longo da adoção da I4.0 nas suas cadeias de abastecimento, como é possível observar através da tabela seguinte.

Tabela 4.9 - Tabela de Referência Cruzada: Desafios Encontrados Perante a Implementação de Tecnologias 4.0 no Setor do Café em Portugal

	Grupo A[5]	**Grupo B[6]**	**Grupo C[7]**	**Grupo D[8]**	**Contagem**	**%**
Complexidade			X		1	25
Elevado investimento inicial				X	1	25
Segurança dos dados					-	-
Falta de legislação digital	X		X		2	50
Dificuldade na integração e partilha de dados com empresas parceiras					-	-
Funcionários com pouca formação e fraco desenvolvimento de skills importantes para a Indústria 4.0	X	X	X		3	75
Custo de manutenção elevado					-	-

[5] 101 – 500 colaboradores; >500 milhões de euros faturados no último ano
[6] >3000 colaboradores; >500 milhões de euros faturados no último ano
[7] >3000 colaboradores; ; >500 milhões de euros faturados no último ano
[8] 0 – 100 colaboradores; 0 – 10 milhões de euros faturados no último ano

Incapacidade financeira para fornecer formação acerca das tecnologias 4.0 aos colaboradores					-	-
Problemas técnicos ou erros nos sistemas inteligentes	X		X		2	50
Contagem	3	1	4	1	9	

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics*

Através da observação da Tabela 4.9, conclui-se das quatro empresas deste estudo que adotaram a I4.0 nos seus processos, três destas depararam-se com a pouca formação dos colaboradores e o fraco desenvolvimento de *skills* importantes para desempenhar funções com recurso a tecnologias 4.0. De forma a mitigar este desafio, é essencial que a população tenha acesso a um maior número de formações acerca de sistemas inteligentes e, principalmente, que Portugal aposte em introduzir nas escolas matérias e disciplinas que forneçam aprendizagens acerca das *skills* fundamentais para que qualquer indivíduo esteja apto a lidar com as tecnologias da I4.0.

Na perceção de 50% destas empresas, a falta de legislação digital bem como os problemas técnicos ocorridos nos sistemas inteligentes foram desafios que tiveram de enfrentar para garantir a adoção de tecnologias 4.0 de forma segura e eticamente correta. A ausência de legislação digital representa um dos maiores desafios da I4.0 no contexto global, sendo crucial que Portugal crie mais políticas e diretrizes que permitam que estas tecnologias sejam adotadas pelas empresas de forma eficaz, incentivando assim a sua exploração nos setores de atividade económica.

Também é relevante realçar que o Grupo D, que emprega entre 0 a 100 colaboradores e que registou uma faturação no último ano entre 0 a 10 milhões de euros, referiu o investimento inicial elevado como o único desafio que encontrou. Esta pode ser a principal barreira que impede uma maior exploração destes recursos tecnológicos no setor do café em Portugal e a razão pela qual cerca de 80% das empresas inquiridas ainda não tem qualquer destas tecnologias incorporada nos seus processos. Sendo a faturação anual da maioria das empresas do setor inferior a 10 milhões de euros, um investimento que pode variar entre alguns milhares no caso das tecnologias mais fáceis de implementar ou alguns milhões nas mais complexas, representaria um peso muito grande no orçamento destas pequenas e médias empresas sem a ajuda de financiamento externo ou apoio do Estado.

Ainda assim, é importante realçar o facto de que a aplicação da I4.0 reduz significativamente os custos a médio e longo prazo e ajudaria muitas destas empresas a aumentarem a sua faturação e consequentemente gerarem mais lucros. É por isso fundamental a criação de mais apoios por parte do Estado Português para fazer com que pequenas empresas se tornem mais digitalizadas e otimizem todos os aspetos da produção. Com isso, seria possível tornar as indústrias, em especial as indústrias do setor do café, mais tecnológicas, competitivas e inovadoras, o que contribuiria para o desenvolvimento da economia portuguesa.

4.4 Perspetivas Futuras da Indústria 4.0

Por fim, no que diz respeito à última secção do questionário (Secção 6, Anexo A) que corresponde às perspetivas relativamente ao futuro da I4.0 nas empresas, os inquiridos tinham à sua disposição duas afirmações e cinco opções de resposta, estando estas representadas por uma escala entre 1 a 5, sendo (1) Discordo totalmente, (2) Discordo, (3) Indiferente, (4) Concordo e (5) Concordo totalmente, respetivamente.

Tabela 4.10 - Perspetivas Futuras da Indústria 4.0

		N	Média	Desvio Padrão
Perspetivas Futuras da I4.0	A Indústria 4.0 está totalmente implementada na empresa	21	1,48	0,81
	Prevejo que daqui a 5 anos a Indústria 4.0 esteja totalmente implementada na empresa	21	3,38	0,97

Fonte: Elaboração própria com recurso aos outputs do *IBM SPSS Statistics*

Através da Tabela 4.10, podemos observar que em ambas as afirmações os inquiridos demonstram ter opiniões discrepantes, visto que os desvios padrão representam valores relativamente elevados (0,81 e 0,97, respetivamente). Contudo, em média, a maioria dos inquiridos respondeu de forma negativa (1,28) ao facto da I4.0 estar totalmente implementada na empresa, confirmando a análise que foi realizada no subtópico 4.2 deste capítulo.

Neste sentido é importante salientar que, em média, a maioria das empresas tem uma opinião neutra (3,38) acerca da I4.0 estar completamente implementada nos seus sistemas num período máximo de 5 anos. Porém, esta afirmação representa o maior desvio padrão (0,97), significando que existe uma grande variabilidade nas respostas dadas, não sendo possível

averiguar concretamente a perceção exata por parte dos profissionais da indústria em relação à totalidade da adoção da I4.0 daqui a 5 anos. Com um desvio padrão tão elevado, é possível concluir que algumas das empresas que atualmente não incorporam qualquer destas tecnologias têm como objetivo incorporá-las num período máximo de 5 anos, enquanto que outras esperam manter o estado atual no futuro.

Assim sendo, perante estes resultados, podemos concluir que atualmente as empresas no setor do café nacional não têm tecnologias 4.0 implementadas e a maioria não prevê adotar a I4.0 nos próximos 5 anos. É então possível concluir que a I4.0 ainda não é muito explorada nesta indústria e a projeção é que o atual rumo não se altere significativamente no futuro uma vez que algumas empresas não demonstram a intenção de adotar sistemas inteligentes nos próximos anos. Isto sugere que a I4.0 representa um enorme potencial de crescimento indústria transformadora de café em Portugal mas que sem apoios estatais ou financiamento externo e sem uma passagem de conhecimento e informação relativamente ao potencial que as tecnologias 4.0 acarretam para os processos produtivos do setor do café, não será possível operacionalizar esta transformação digital.

Capítulo 5 – Considerações Finais

Tendo por base a revisão de literatura efetuada e os resultados analisados e discutidos anteriormente, este capítulo destina-se a expor as conclusões acerca das questões de investigação inicialmente propostas, juntamente com as implicações, limitações e sugestões para investigações futuras acerca da temática desta investigação.

5.1 Principais Conclusões

De acordo com as questões de investigação definidas na fase inicial deste estudo, serão de seguida apresentadas as principais conclusões e como estas endereçam cada uma das questões iniciais de investigação, sendo estas conclusões sustentadas pelas referências bibliográficas adquiridas durante a etapa da revisão de literatura.

Questão 1 – Quais as principais tecnologias da I4.0 presentes nas empresas transformadoras de café em Portugal?

Para responder a esta questão é importante realçar que apenas 19% da amostra procedeu à adoção de tecnologias inteligentes nos últimos anos, o que significa que os restantes 81% não se encontram familiarizados com a I4.0 nos seus processos diários. Existe, portanto, um vasto caminho a percorrer no que concerne à familiarização e adoção de tecnologias 4.0 no setor do café em Portugal, que quando disseminadas e aplicadas, trarão um conjunto de benefícios para a indústria e para a economia no geral.

Sendo assim, perante a análise realizada nesta investigação, conclui-se que as principais tecnologias atualmente presentes nas empresas transformadoras de café em Portugal são a Análise de Dados com *Big Data*, o Armazenamento de Dados na *Cloud* e a utilização de IIoT. Apesar de não existir referência direta na bibliografia acerca dos sistemas inteligentes adotados atualmente na indústria em estudo, segundo o ponto de vista de alguns académicos, estas tecnologias permitem transformar o modo como as empresas no geral trabalham e inovam os seus processos produtivos.

Os autores Carvalho et al. (2020) definem que a Análise de Dados com *Big Data* permite que as empresas tenham infraestruturas mais eficientes cuja capacidade para armazenar, analisar e partilhar informações é maior, possibilitando que as tomadas de decisão sejam mais precisas, minimizando os riscos e erros para as empresas. Já a utilização de dados armazenados na *Cloud*, de acordo com Rüßmann et al. (2015), permitem que as empresas reajam atempadamente e com maior precisão e flexibilidade a mudanças e eventos atípicos no seu

processo produtivo. Por fim, em relação ao sistema IIoT, Carvalho et al. (2020) mencionam que este é um sistema que consegue detetar falhas em todos os equipamentos utilizados durante o processo produtivo, desde falhas nas máquinas, sensores, alterações nos requisitos dos clientes e até interrupções na produção.

Com isto, após a exposição das principais tecnologias 4.0 implementadas atualmente na indústria do café nacional e das vantagens associadas à utilização das mesmas, pode-se afirmar que 19% da nossa amostra possui vantagem competitiva em comparação com os restantes 81% da amostra do setor que ainda não investiram na adoção da I4.0. Isto sugere que 19% das empresas deste estudo conseguem descentralizar a análise e a tomada de decisões, tornando-as mais precisas ao mesmo tempo que têm uma capacidade superior de reduzir os riscos de erros e perdas de produtividade.

Questão 2 – Quais os benefícios e desafios encontrados pelas empresas na adoção de tecnologias da I4.0?

Tendo em conta a amostra do estudo e os resultados analisados, os profissionais que exercem cargos em empresas pertencentes à indústria do café em Portugal demonstraram estar em consenso em treze dos principais benefícios que resultam da adoção de sistemas inteligentes nos processos industriais deste setor. Estes benefícios incluem o (1) desenvolvimento de novas *skills* dos funcionários, (2) uma maior partilha de conhecimentos entre os departamentos, (3) o aumento da produtividade e o (4) facto das empresas conseguirem manter-se competitivas, (5) maior flexibilidade e agilidade nas operações, (6) o facto da gestão de todas as funções industriais se tornar mais fácil devido à visualização de todos os dados em qualquer lugar e em tempo real, (7) maior facilidade em gerir o inventário, (8) melhorias no tempo de entrega, tempo de ciclo e prazo de execução, (9) promoção da identidade inovadora da empresa e da (10) personalização em massa, tornando os produtos mais modulares e configuráveis, (11) redução e controlo das emissões geradas durante os processos, (12) obtenção de eficiência energética em tempo real e (13) permitir potenciar estratégias para mitigar as alterações climáticas.

Assim sendo, tendo por base os benefícios encontrados na literatura acerca dos benefícios da aquisição de tecnologias 4.0 nas indústrias transformadoras, este estudo confirma que todos os benefícios encontrados na literatura estão em linha com aqueles que se encontram na indústria do café em Portugal após a aquisição de tecnologias 4.0, como é possível constatar através da lista apresentada na Tabela 3.1. Ou seja, esta investigação demonstra que a I4.0 é benéfica para uma maior eficiência nas cadeias de abastecimento do setor do café, apresentando melhorias significativas em todas as áreas das empresas, pois estes sistemas inteligentes

introduzem avanços tecnológicos significativos nos processos de uma empresa, dado que transformam os processos logísticos em dados digitalmente armazenados, possibilitando que as empresas prevejam e reajam atempadamente perante eventuais perturbações ao longo da cadeia de abastecimento (Kayikci, 2018).

Por outro lado, apesar da I4.0 introduzir um conjunto de benefícios no setor do café nacional, esta transformação digital apresenta alguns desafios, que no caso deste estudo e de acordo com as empresas inquiridas foram a complexidade das tecnologias, a falta de legislação digital, o elevado investimento inicial e problemas técnicos na utilização de ferramentas inteligentes.

Contudo, apesar da existência de desafios significativos relacionados com a aplicação da I4.0 nas indústrias, se as organizações conseguirem compreender toda a dimensão dos benefícios obtidos através da utilização de sistemas inteligentes nos seus processos, a médio e longo prazo a vantagem competitiva adquirida claramente supera, as dificuldades e os obstáculos encontrados. E esta investigação comprova que perante estratégias e medidas eficazes para dar resposta aos constantes desafios enfrentados, a adoção deste tipo de tecnologias pode gerar um impacto muito positivo nas cadeias de abastecimento do setor do café em Portugal, permitindo um aumento da faturação anual média no setor e que as empresas se tornem mais competitivas não só a nível nacional mas também internacionalmente.

Questão 3 – Quais as perspetivas futuras da I4.0 para as indústrias transformadoras de café em Portugal?

Quanto à terceira questão de investigação, pode concluir-se que a maioria das empresas não demonstra a intenção de adotar sistemas inteligentes nos próximos cinco anos. Por isso, perante este cenário, recomenda-se que o Governo da República Portuguesa modifique a estratégia de implementação da I4.0 criada em 2016, ano no qual o Governo português colaborou com empresas de diferentes setores de atividade económica de forma a apresentar o potencial que as tecnologias inteligentes representam para os negócios (Governo da República Portuguesa, 2017). Assim, através de novas estratégias e medidas de apoio adequadas às necessidades deste setor, este seria um meio eficaz para alterar as tendências observadas neste estudo, uma vez que a I4.0 revela ter potencial para expandir-se significativamente no setor do café dado que ainda é um campo muito pouco explorado.

Concluindo, a perspetiva futura em relação à utilização de tecnologias 4.0 nas cadeias de abastecimento não é positiva por parte das empresas inquiridas. No entanto, este estudo serve de contribuição para a demonstração e melhor perceção dos benefícios que a introdução de I4.0

poderá representar para as empresas do setor em estudo. É também importante referir que não basta as empresas compreenderem o potencial destas tecnologias se não forem adotadas estratégias adequadas para enfrentar os desafios aliados a estes sistemas. Nesse sentido, poderia ser benéfico criar um projeto piloto com algumas das pequenas e médias empresas do setor para introduzir progressivamente tecnologias associadas à I4.0 e verificar os resultados associados e também apostar na criação de ações de formação para os profissionais sobre o tema .

Após a exposição das três questões de investigação deste estudo, verifica-se que o objetivo estipulado inicialmente foi alcançado. Esta investigação permitiu aferir e responder às questões de investigação, bem como atingir o objetivo principal, identificar e qualificar os benefícios que a I4.0 apresenta para as indústrias transformadoras de café em Portugal.

5.2 Limitações

A principal limitação desta investigação prende-se com o facto de terem sido analisadas apenas vinte e uma empresas das sessenta e três empresas da população da amostra, sendo que apenas quatro das empresas participantes têm efetivamente tecnologias 4.0 implementadas nas suas cadeias de abastecimento, o que limita a generalização dos benefícios da I4.0 nas indústrias transformadoras de café em Portugal. No entanto, é importante salientar que destas quatro empresas, três delas são representativas da indústria do café nacional, uma vez que se tratam de empresas bastante relevantes neste setor tanto a nível nacional como a nível internacional.

5.3 Sugestões para Investigações Futuras

Considerando as limitações referidas, apesar da população da amostra representar um valor superior comparativamente com as vinte e uma respostas adquiridas por parte das empresas, os resultados e as conclusões retiradas desta investigação devem ser um ponto de partida para investigações futuras. Assim, sugere-se que em estudos futuros o campo de amostragem seja mais alargado para permitir uma melhor caracterização da indústria do café em Portugal relativamente à adoção e implementação de tecnologias digitais nos seus processos produtivos.

Adicionalmente, seria extremamente benéfico para a gestão, uma vez que representa um *gap* na literatura, compreender de que forma é que as empresas que não possuem tecnologias 4.0 percecionam os benefícios e os desafios perante o investimento e adoção destas tecnologias. Por fim, seria relevante a repetição desta analise num período de 5 anos, permitindo avaliar o crescimento da I4.0 no setor do café em Portugal nos próximos anos.

Referências Bibliográficas

Aerts, R., Hundera, K., Berecha, G., Gijbels, P., Baeten, M., Van Mechelen, M., Hermy, M., Muys, B., & Honnay, O. (2011). Semi-forest coffee cultivation and the conservation of Ethiopian Afromontane rainforest fragments. *Forest Ecology and Management*, *261*(6), 1034–1041. https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2010.12.025

AICC. (s.d.-a). *História*. AICC. http://aicc.pt/historia/

AICC. (s.d.-b). *Processo*. AICC. http://aicc.pt/processo/

Ajayi, V. O. (2023). A Review on Primary Sources of Data and Secondary Sources of Data. *European Journal of Education and Pedagogy*, *2*(3). https://doi.org/http://dx.doi.org/19810.21091/ejedu.2023.VOL.2ISSUE.3

Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, *22*(3), 899–919. https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006

Aliah, A. M. N., Edzuan, A. M. F., & Diana, A. M. N. (2015). A Review of Quality Coffee Roasting Degree Evaluation. *Journal of Applied Science and Agriculture*, *10*(7), 18–23. www.aensiweb.com/JASA

Alqoud, A., Schaefer, D., & Milisavljevic-Syed, J. (2022). Industry 4.0: Challenges and Opportunities of Digitalisation Manufacturing Systems. In *Advances in Transdisciplinary Engineering* (Vol. 25, pp. 25–30). IOS Press . https://doi.org/10.3233/ATDE220560

Anzueto, F., Baumann, T. W., Graziosi, G., Piccin, C. R., Söndahl, M. R., & van der Vossen, H. A. M. (2005). The plant. In A. Illy & R. Viani (Eds.), *Expresso Coffee – The Science of Quality* (2ª ed., pp. 21–86). Elsevier Academic Press. https://www.researchgate.net/publication/277017967

Bahrin, M. A. K., Othman, F. M., Azli, N. H. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A Review on Industrial Automation and Robotic. *Jurnal Teknologi*, *78*, 6–13. https://doi.org/10.11113/JT.V78.9285

Bakhtari, A. R., Kumar, V., Waris, M. M., Sanin, C., & Szczerbicki, E. (2020). Industry 4.0 Implementation Challenges in Manufacturing Industries: an Interpretive Structural Modelling Approach. *Procedia Computer Science* , *176*, 2384–2393. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.306

Batista, P., Afonso, A., Monteiro, M. J., Pintado, M., & Oliveira-Silva, P. (2023). Coffee Consumption during the COVID Pandemic in a Portuguese Sample: An Online Exploratory Study. *Foods*, *12*(2), 1–9. https://doi.org/10.3390/foods12020421

Blanchet, M., Rinn, T., de Thieulloy, G., & von Thaden, G. (2014). *Industry 4.0 The new industrial revolution – How Europe will succeed*.

Carvalho, A. C. P., Carvalho, A. P. P., & Carvalho, N. G. P. (2020). Industry 4.0 Technologies: What Is Your Potential for Environmental Management? In J. H. Ortiz (Ed.), *Industry 4.0 - Current Status and Future Trends* (1ª ed., pp. 29–42). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.90123

Comissão Europeia. (2022). *Índice de Digitalidade da Economia e da Sociedade (IDES) de 2022 Portugal*.

Comissão Europeia. (2023). *Digital Decade Country Report 2023: Portugal*.

COTEC Portugal. (s.d.-a). *Indústria 4.0*. COTEC Portugal. https://cotecportugal.pt/pt/projects/industria-4-0-fase-i/

COTEC Portugal. (s.d.-b). *Lançamento da 2ª Fase do Portugal Indústria 4.0*. COTEC Portugal. https://cotecportugal.pt/pt/resourses/lancamento-da-2a-fase-do-portugal-industria-4-0/

CPS Steering Group. (2008). *Cyber-Physical Systems: Executive Summary*.

Creswell, J. W., & Creswell, D. J. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches* (H. Salmon, C. Neve, M. O'Heffernan, D. C. Felts, & A. Marks, Eds.; 1ª). SAGE .

Driven Coffee Roasters. (2019, maio, 17). *The Differences Between 1st, 2nd, and 3rd Wave Coffee*. Driven Coffee Roasters. https://www.drivencoffee.com/blog/coffee-waves-explained/

Euromonitor International. (2020). *Coffee in Portugal*.

Fabian, M. (2023). *"Highvalue.Coffee Project" and the Growing Importance of Coffee Traceability*. 1. https://doi.org/10.3390/icc2023-14833

Fernandes, I. H. C. R., Cruz, M. M. das N., & Braz, T. S. G. P. S. (2020). *The relevance of digital channels in the portuguese coffee category: a consumer behaviour analysis for Nestlé Portugal - report A - recommendations to Nestlé's capsule coffee brands for at-home consumption* [Projeto, NOVA - School of Business and Economics]. http://hdl.handle.net/10362/108420

Ganhão, C. (2023, maio, 22). *"O café 100% português made in Açores será uma realidade dentro dos próximos tempos."* Imagens de Marca. https://www.imagensdemarca.pt/artigo/o-cafe-100percent-portugues-made-in-acores-sera-uma-realidade-dentro-dos-proximos-tempos/

Gazzola, P., Pavione, E., Barge, A., & Fassio, F. (2023). Using the Transparency of Supply Chain Powered by Blockchain to Improve Sustainability Relationships with Stakeholders

in the Food Sector: The Case Study of Lavazza. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(10). https://doi.org/10.3390/su15107884

Governo da República Portuguesa. (2017, janeiro, 30). *Governo lança estratégia para a Indústria 4.0*. XXIV Governo Constitucional. https://www.portugal.gov.pt/pt/gc21/comunicacao/noticia?i=20170130-mecon-industria-4

Granillo-Macías, R., Simón-Marmolejo, I., González-Hernández, I. J., & Zuno-Silva, J. (2020). Traceability in industry 4.0: A case study in the metal-mechanical sector. *Acta Logistica*, *7*(2), 95–101. https://doi.org/10.22306/al.v7i2.162

Groumpos, P. P. (2021). A critical historical and scientific overview of all industrial revolutions. *IFAC-PapersOnLine*, *54*(13), 464–471. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.492

Haile, M., & Kang, W. H. (2019). The Harvest and Post-Harvest Management Practices' Impact on Coffee Quality. In D. T. Castanheira (Ed.), *Coffee - Production and Research* (1ª ed.). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.89224

Hassoun, A., Kamiloglu, S., Garcia-Garcia, G., Parra-López, C., Trollman, H., Jagtap, S., Aadil, R. M., & Esatbeyoglu, T. (2023). Implementation of relevant fourth industrial revolution innovations across the supply chain of fruits and vegetables: A short update on Traceability 4.0. *Food Chemistry*, *409*. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135303

Holmström, J., Holweg, M., Khajavi, S. H., & Partanen, J. (2016). The direct digital manufacturing (r)evolution: definition of a research agenda. *Operations Management Research*, *9*, 1–10. https://doi.org/10.1007/s12063-016-0106-z

Husain, H., Bais, B., Hussain, A., & Samad, S. A. (2012). How to Construct Open Ended Questions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *60*, 456–462. https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2012.09.406

IAPMEI. (2019, abril, 15). *Indústria 4.0 | Governo lança Fase II do programa*. IAPMEI. https://www.iapmei.pt/NOTICIAS/Industria-4-0-Governo-lanca-2-fase-do-programa.aspx

IIC. (2024). *About Us*. Industry IoT Consortium. https://www.iiconsortium.org/about-us/

Ingkavet, C. (2023, fevereiro, 3). *The Evolution of Coffee from First to Fourth Wave*. Tower Roasting Co. https://towerroasting.com/blogs/coffee/the-evolution-of-coffee-from-first-to-fourth-wave

International Coffee Organization. (2023). *Monthly Coffee Market Report - December 2023*. https://www.ico.org/Market-Report-23-24-e.asp

ISN Magazine. (2023, junho, 24). *Interview ISN with Cláudia Pimentel. General Secretary Of AICC Portuguese Coffee Roasters and Trade Association*. ISN Magazine. https://internationalsupermarketnews.com/archives/13131

Issa, A., Hatiboglu, B., Bildstein, A., & Bauernhansl, T. (2018). Industrie 4.0 roadmap: Framework for digital transformation based on the concepts of capability maturity and alignment. *Procedia CIRP*, *72*, 973–978. https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.151

IVI. (2021, novembro, 27). *IVI and Edgecross Consortium Sign a Comprehensive Agreement*. Industrial Value Chain Initiative.

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., & Gonzalez, E. S. (2022). Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. *Sustainable Operations and Computers*, *3*, 203–217. https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.01.008

Kagermann, H., Anderl, R., Gausemeier, J., Schuh, G., & Wahlster, W. (2016). *Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners*.

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*.

Kayikci, Y. (2018). Sustainability impact of digitization in logistics. *Procedia Manufacturing*, *21*, 782–789. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.184

Khan, A., & Turowski, K. (2016). A Perspective on Industry 4.0: From Challenges to Opportunities in Production Systems. *IoTBD 2016 - Proceedings of the International Conference on Internet of Things and Big Data*, 441–448. https://doi.org/10.5220/0005929704410448

Kiyoi, L. (2010). *Determining the Optimal Material for Coffee Packaging: Oxygen Transmission Rates and Ink Abrasion Resistance* [Licenciatura]. California Polytechnic State University .

Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Byers, A. H. (2011). *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity*.

Mendes, L. C., De Menezes, H. C., Aparecida, M., & Da Silva, A. P. (2001). Optimization of the roasting of robusta coffee (C. canephora conillon) using acceptability tests and RSM. *Food Quality and Preference*, *12*(2), 153–162. https://doi.org/10.1016/S0950-3293(00)00042-2

Milheiro, J., & Petiz, J. (2023, junho, 16). *"Há pessoas que bebem cinco e outras nenhum, mas 80% dos portugueses consome café."* TSF. https://www.tsf.pt/portugal/economia/ha-

pessoas-que-bebem-cinco-e-outras-nenhum-mas-80-dos-portugueses-consome-cafe-16541561.html/

Milosevic, Z., Chen, W., Berry, A., & Rabhi, F. A. (2016). Real-Time Analytics. In R. Buyya, R. N. Calheiros, & A. V. Dastjerdi (Eds.), *Big Data: Principles and Paradigms* (pp. 39–61). Morgan Kaufmann. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805394-2.00002-7

Mohajan, H. (2019). The First Industrial Revolution: Creation of a New Global Human Era. In *Journal of Social Sciences and Humanities*, 5(4).

Mokyr, J. (1999). The Second Industrial Revolution, 1870-1914. In V. Castronovo (Ed.), *Storia dell'economia Mondiale* (pp. 219–245). Laterza.

Mujis, D. (2004). Introduction to quantitative research. In *Doing Quantitative Research in Education with SPSS* (1st ed., Vol. 1, pp. 1–12). Sage Publications.

Musebe, R., Agwanda, C., & Mekonen, M. (2007). Primary coffee processing in Ethiopia: patterns, constraints and determinants. In K. Z. Ahmed (Ed.), *8th African Crop Science Conference Proceedings* (Vol. 8, pp. 1417–1421). African Crop Science Society. https://cabidigitallibrary.org

Neves, C. S. B. das. (2021). *Software design for an Awareness score of coffee products* [Dissertação de Mestrado]. NOVA IMS - Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação.

Nielsen. (2018, abril, 16). *As cápsulas vieram revolucionar o mercado dos cafés*. NIQ. https://nielseniq.com/global/pt/insights/analysis/2018/as-capsulas-vieram-revolucionar-o-mercado-dos-cafes/

Pandiyan, V., & Caesarendra, W. (2020). Distributed Analytics Framework for Integrating Brownfield Systems to Establish Intelligent Manufacturing Architecture. In J. H. Ortiz (Ed.), *Industry 4.0 - Current Status and Future Trends* (1st ed., pp. 103–115). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.90472

Peluso, M. (2023). *Navigating the Coffee Business Landscape: Challenges and Adaptation Strategies in a Changing World*. 22. https://doi.org/10.3390/icc2023-14825

Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, *13*, 1206–1214. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032

Pfeiffer, S. (2017). The Vision of "Industrie 4.0" in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded. *NanoEthics*, *11*(1), 107–121. https://doi.org/10.1007/s11569-016-0280-3

Pimenta, C. J., Angélico, C. L., & Chalfoun, S. M. (2018). Challengs in coffee quality: Cultural, chemical and microbiological aspects. *Ciencia e Agrotecnologia*, *42*(4), 337–349. https://doi.org/10.1590/1413-70542018424000118

Poltronieri, P., & Rossi, F. (2016). Challenges in Specialty Coffee Processing and Quality Assurance. *Challenges*, *7*(2), 1–22. https://doi.org/10.3390/challe7020019

Rodgers, L., Nevitt, C., Williams, J., Clark, D., & Liu, N. (2023, agosto, 16). Have we reached peak coffee? *Financial Times*. https://ig.ft.com/coffee/

Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: Background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, *11*(5), 77–90. https://doi.org/10.3991/ijim.v11i5.7072

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*.

Sachs, J., Cordes, K. Y., Rising, J., Toledano, P., & Maennling, N. (2020). *ENSURING ECONOMIC VIABILITY & SUSTAINABILITY OF COFFEE PRODUCTION*.

Secretaria-Geral da Economia. (s.d.). *ISQ, IAPMEI e UA - Implementação da SHIFT to 4.0*. Secretaria-Geral Da Economia. https://www.sgeconomia.gov.pt/noticias/isq-iapmei-e-ua-implementacao-da-shift-to-40.aspx

Simons, S., Abé, P., & Neser, S. (2017). Learning in the AutFab – the fully automated Industrie 4.0 learning factory of the University of Applied Sciences Darmstadt. *Procedia Manufacturing*, *9*, 81–88. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.023

Skeie, T. R. (2003). Norway and Coffee. *The Flamekeeper*.

Sony, M., Antony, J., Dermott, O. M., & Garza-Reyes, J. A. (2021). An Empirical Examination of Benefits, Challenges, and Critical Success Factors of Industry 4.0 in Manufacturing and Service Sector. *Technology in Society*, *67*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101754

Sullivan, G. M., & Artino, A. R. (2013). Analyzing and Interpreting Data From Likert-Type Scales. *Journal of Graduate Medical Education*, *5*(4), 541–542. https://doi.org/10.4300/jgme-5-4-18

Taherdoost, H., & Lumpur, K. (2016). Measurement and Scaling Techniques in Research Methodology; Survey/Questionnaire Development. *International Journal of Academic Research in Management (IJARM)*, *6*(1), 1–5. www.elvedit.com

Tay, S. I., Lee, T. C., Hamid, N. A. A., & Ahmad, A. N. A. (2018). An Overview of Industry 4.0: Definition, Components, and Government Initiatives. *Article in Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, *10*(14). https://www.researchgate.net/publication/332440369

Thames, L., & Schaefer, D. (2017). Industry 4.0: An Overview of Key Benefits, Technologies, and Challenges. In *Cybersecurity for Industry 4.0: Analysis for Design and Manufacturing* (pp. 1–33). Springer . https://doi.org/10.1007/978-3-319-50660-9_1

Tupa, J., Šimota, J., & Steiner, F. (2017). Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1223–1230. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.248

Uglovskaia, E. (2017). *The New Industrial Era. Industry 4.0 & Bobst company case study*. South-Eastern Finland University of Applied Sciences.

UNIDO. (2018). *Industry 4.0-the opportunities behind the challenge*.

Venturelli, I. R., Patto, G. J., Beli, E., & Mandelli, I. A. M. (2016). Comparação de custos entre colheita mecanizada e semi-mecanizada de café: Um estudo de caso em uma propriedade no município de Andradas – MG. *RACRE - Revista de Administração*, *16*(20), 93–104.

Vuksanović, D., Ugarak, J., & Korčok, D. (2016). *Industry 4.0: the Future Concepts and New Visions of Factory of the Future Development* (Sinteza 2016). Singidunum University. https://doi.org/10.15308/sinteza-2016-293-298

Wang, B. (2018). The Future of Manufacturing: A New Perspective. In *Engineering* (Vol. 4, Issue 5, pp. 722–728). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.07.020

Wang, W., & Lin, Z. (2022). Research on the Digital Transformation of the Coffee Industry: A Case Study of Luckin Coffee. *Proceedings of the 2022 7th International Conference on Social Sciences and Economic Development (ICSSED 2022)*, 1–7. https://doi.org/10.2991/aebmr.k.220307.497

Włodarczyk, E. (s.d.). *Industry 4.0: The Role of IIoT in Digital Transformation of The Manufacturing Sector* (Comarch Technologies).

Yoong, K. (2021, novembro, 16). *A complete guide to coffee harvests*. MTPak Coffee Newsletter. https://mtpak.coffee/2021/11/complete-guide-coffee-harvests/

Zadjali, S. Al, & Ullah, A. (2021). Impact of Industry 4.0 in Manufacturing Sector. *THE INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCE AND BUSINESS ADMINISTRATION*, *7*(6), 25–33. https://doi.org/10.18775/ijmsba.1849-5664-5419.2014.76.1003

Anexos

Anexo A – Questionário

Caro(a) participante,

O meu nome é Catarina Jesus (ccjso1@iscte-iul.pt) e no âmbito do Mestrado em Gestão do ISCTE Business School, estou a realizar uma Dissertação de Mestrado acerca dos Benefícios da Indústria 4.0 nas Indústrias Transformadoras de Café em Portugal, sob orientação do Prof. Dr. Abel Camelo (abel.camelo@iscte-iul.pt).

O objetivo deste questionário é apurar de que forma a Indústria 4.0 está implementada na indústria do café em Portugal e quais os benefícios que as empresas adquirem com a adoção de tecnologias 4.0 nas suas cadeias de abastecimento.

Os dados recolhidos destinam-se exclusivamente a fins académicos e a sua participação consiste no preenchimento de um questionário online, confidencial, com duração de 10 minutos, aproximadamente.

O preenchimento do questionário presume que compreende e que aceita as condições, consentindo participar.

Agradeço desde já o tempo dispensado.

Questionário

Secção 1: Consentimento de Participação

1. Por favor, indique se aceita participar neste estudo.
   - o Aceito
   - o Não aceito

Secção 2: Caracterização da Empresa

2. Qual o cargo que desempenha?
   - o Diretor(a)
   - o Chefe de Departamento
   - o Coordenador(a) de Equipa
   - o Operador(a)
   - o Outro(s)

3. Por favor, indique o cargo que desempenha. (Se a opção selecionada for “Outro(s)”)

_____

4. Qual o departamento onde está atualmente inserido(a)?

- Logística
- Produção
- Marketing
- Recursos humanos
- Finanças
- Sistemas de Informação
- Qualidade
- Outro(s)

5. Por favor, indique qual o departamento onde está atualmente inserido(a). (Se a opção selecionada for “Outro(s)”)

_____

6. Qual o número de colaboradores da empresa atualmente?

- 0 – 100
- 101 – 500
- 501 – 1000
- 1001 – 2000
- 2001 - 3000
- > 3000

7. Qual foi a faturação em milhões de euros no último ano?

- 0 – 10
- 11 – 50
- 51 – 100
- 101 – 500
- > 500

8. Pretende referir o nome da empresa?

- Sim
- Prefiro não dizer

9. Se sim, indique o nome da empresa, por favor. (Se a opção selecionada for "Sim")

_____

Secção 3: Tecnologias 4.0

As tecnologias 4.0 possibilitam automatizar e integrar diversas tecnologias (ex: armazenamento de dados na *cloud*, robôs autónomos, produção aditiva, sistemas ciberfísicos, etc) que permitem a digitalização de todas as atividades industrias. Isto permite a união de departamentos isolados que através de um sistema totalmente integrado, automatizado e otimizado, alcançam um fluxo de produção mais eficiente e relações de produção dinâmicas entre os *stakeholders*.

De seguida irá encontrar um conjunto de questões relativamente à implementação de tecnologias 4.0 na sua empresa.

10. Na sua empresa, existem departamentos onde a tecnologia 4.0 está implementada?

- Sim
- Não

11. Quais são os departamentos onde a tecnologia 4.0 está implementada?
Selecione todos os departamentos que se aplicam.

- Logística
- Produção
- Marketing
- Recursos Humanos
- Finanças
- Sistemas de informação
- Apoio ao cliente
- Qualidade

12. Há algum departamento da sua empresa que não tenha sido referido acima em que a tecnologia 4.0 esteja implementada?

- Sim
- Não

13. Se sim, qual(is)? (Se a opção selecionada for “Sim”)

_____

14. Das tecnologias seguintes, selecione aquelas que se encontram implementadas na empresa.
    - Análise de Dados com Big Data
    - Robôs Autónomos
    - Simulação
    - Industrial Internet of Things (IIoT)
    - Sistemas Ciberfísicos (CPS)
    - Armazenamento de dados na Cloud
    - Produção Aditiva
    - Realidade Aumentada

15. Há alguma tecnologia 4.0 que não tenha sido referida acima e que esteja implementada na sua empresa?
    - Sim
    - Não

16. Se sim, qual(is)? (Se a opção selecionada for “Sim”)

_____

17. Há quanto tempo é que a empresa implementou tecnologias 4.0?
    - < 1 ano
    - 1 – 3 anos
    - 3 – 5 anos
    - > 5 anos

Secção 4: Benefícios encontrados após a adoção da Indústria 4.0

De seguida irá encontrar um conjunto de benefícios que advêm da aplicação da Indústria 4.0 nas indústrias, tendo especial foco nas indústrias transformadoras.

Por favor, avalie o impacto da implementação da Indústria 4.0 nas seguintes dimensões da sua empresa:

18. No que diz respeito aos benefícios relativamente ao Ambiente Organizacional da empresa, peço que expresse o seu grau de concordância com as afirmações abaixo.
Utilize uma escala de 1 a 5, onde 1 significa "Discordo totalmente" e 5 significa "Concordo totalmente".

	1 – Discordo totalmente	2 - Discordo	3 - Indiferente	4 - Concordo	5 – Concordo totalmente
Maior facilidade em atingir o equilíbrio entre a vida pessoal e profissional dos trabalhadores					
Desenvolvimento de novas *skills* dos funcionários					
Redução das doenças dos colaboradores causadas por efeitos secundários de máquinas e veículos, tal como a poluição e o ruído					
Condições de trabalho mais seguras, resultando em menos acidentes de trabalho					
Maior partilha de conhecimentos entre os departamentos					

19. No que diz respeito aos benefícios relativamente à Eficiência Operacional da empresa, peço que expresse o seu grau de concordância com as afirmações abaixo.

Utilize uma escala de 1 a 5, onde 1 significa “Discordo totalmente” e 5 significa “Concordo totalmente”.

	1 – Discordo totalmente	2 - Discordo	3 - Indiferente	4 - Concordo	5 – Concordo totalmente
O número de entregas atrasadas diminuiu					
A produtividade aumentou					
A empresa consegue manter-se competitiva					
Redução de custos logísticos em relação a transporte, armazenamento, custos de manutenção e gestão de *stocks*					
Maior facilidade na gestão das taxas de produção tendo um número limitado de trabalhadores nas instalações, o que resulta num custo de mão de obra inferior					
Maior flexibilidade e agilidade nas operações					
Garantia de autenticidade, integridade e imutabilidade de informações relativas a operações de compra e venda					
A gestão de toda as funções industriais torna-se mais fácil, uma vez que é					

possível visualizar os dados em qualquer lugar e em tempo real	
Maior facilidade em gerir o inventário	
Possibilita a otimização da produção, previsão de falhas no processo produtivo e redução do tempo de inatividade das máquinas, bem como, correção de imperfeições nas operações físicas, sem necessitar de intervenção humana	
Diminuição de mercadorias perdidas e/ou danificadas devido a danos, roubos e acidentes	
Facilidade na deteção da procura e previsão de decisões de transações	
Maior rapidez na resolução de problemas e na adaptação aos desafios que surgem no mercado	
A redução de alguns riscos da cadeia de abastecimento, traduz-se num impacto positivo na confiança e intenções de compra dos clientes	

Melhorias no tempo de entrega, tempo de ciclo e prazo de execução	

20. No que diz respeito aos benefícios relativamente à Qualidade e Inovação da empresa, peço que expresse o seu grau de concordância com as afirmações abaixo.
Utilize uma escala de 1 a 5, onde 1 significa "Discordo totalmente" e 5 significa "Concordo totalmente".

	1 – Discordo totalmente	2 - Discordo	3 - Indiferente	4 - Concordo	5 – Concordo totalmente
Combate a fraude e a adulteração, de forma a garantir a segurança alimentar, bem como a redistribuição do valor ao longo da cadeia de abastecimento					
Melhorias na qualidade dos processos logísticos em relação a transporte, *stocks* e armazenamento					
Os sistemas inteligentes promovem a identidade inovadora da empresa					
Criação de novos modelos de negócios inovadores					
Promove a personalização em massa, tornando os produtos mais modulares e configuráveis					

21. No que diz respeito aos benefícios relativamente à Sustentabilidade da empresa, peço que expresse o seu grau de concordância com as afirmações abaixo.
Utilize uma escala de 1 a 5, onde 1 significa “Discordo totalmente” e 5 significa “Concordo totalmente”.

	1 – Discordo totalmente	2 - Discordo	3 - Indiferente	4 - Concordo	5 – Concordo totalmente
A partilha de conhecimentos entre os colaboradores e as máquinas melhoram a Ecoinovação da empresa					
Redução e controlo das emissões (pegada de carbono, poluição) geradas durante os processos					
As necessidades energéticas sofreram alterações, tornando-se possível obter eficiência energética em tempo real					
A Indústria 4.0 permite potenciar estratégias para mitigar as alterações climáticas					
Práticas de produção inteligentes ajudam a minimizar o desperdício de resíduos ao longo do processo produtivo					

22. Após a implementação da Indústria 4.0, a empresa detetou algum outro beneficio que não tenha sido mencionado acima?

- Sim
- Não

23. Se sim, indique o(s) benefício(s) que a empresa encontrou, por favor. (Se a opção selecionada for “Sim”)

_____

Secção 4: Desafios encontrados na implementação da Indústria 4.0

24. Quais foram os principais desafios encontrados na implementação da Indústria 4.0?
Indique todos aqueles que se aplicam.

- Complexidade;
- Elevado investimento inicial:
- Segurança dos dados;
- Falta de legislação digital;
- Dificuldade na integração e partilha de dados com empresas parceiras;
- Funcionários com pouca formação e fraco desenvolvimento de *skills* importantes para a Indústria 4.0;
- Custo de manutenção elevado;
- Incapacidade financeira para fornecer formação acerca das tecnologias 4.0 aos colaboradores;
- Problemas técnicos ou erros nos sistemas inteligentes;
- Nenhum

25. Com a adoção da Indústria 4.0, a empresa encontrou algum outro desafio que não tenha sido referido acima?

- Sim
- Não

26. Se sim, qual(is) desafio(s) é que a empresa encontrou? (Se a opção selecionada for “Sim”)

_____

Secção 6: Perspetivas futuras da Indústria 4.0

27. Por fim, no que diz respeito às perspetivas relativamente ao futuro da Indústria 4.0 na empresa, peço que expresse o seu grau de concordância com as afirmações abaixo.
Utilize uma escala de 1 a 5, onde 1 significa "Discordo totalmente" e 5 significa "Concordo totalmente".

	1 – Discordo totalmente	2 - Discordo	3 - Indiferente	4 - Concordo	5 – Concordo totalmente
A Indústria 4.0 está totalmente implementada na empresa					
Prevejo que daqui a 5 anos a Indústria 4.0 esteja totalmente implementada na empresa					