



CIÊNCIAS EMPRESARIAIS

ESCOLA SUPERIOR
POLITÉCNICO SETÚBAL

TATIANA
GUERRA
ARROTEIA

Os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos: ótica de uma empresa automóvel

Projeto de investigação do Mestrado
em Ciências Empresariais

JÚRI

Professora Doutora Dulce Matos

Professora Doutora Luísa Carvalho

Professor Doutor Silvio Stefano

ORIENTADORES

Professora Doutora Luísa Carvalho

Professor Rui Alves

Agradecimentos

A realização desta investigação representa não apenas a conclusão de uma etapa académica, mas também o reflexo de uma jornada repleta de desafios, aprendizagem e conquistas. Por isso, como forma de agradecimento, dedico este espaço a todos que de alguma forma contribuíram para que este momento se tornasse possível.

Agradeço primeiramente à minha orientadora Professora Doutora Luísa Carvalho e ao meu orientador Professor Rui Alves, pelo acompanhamento, pela disponibilidade, pela orientação, pela confiança depositada na minha investigação e pelo incentivo constante ao pensamento crítico ao longo de todo o percurso.

Aos docentes e colegas do Mestrado, expresso o meu reconhecimento pelas discussões construtivas, pelas partilhas de conhecimento e pelo ambiente de cooperação que enriqueceram a minha formação académica e contribuíram para o amadurecimento da investigação.

Aos meus familiares, especialmente aos meus pais, agradeço pela motivação constante, pela paciência nos momentos difíceis e por acreditarem em mim.

Aos amigos que estiveram ao meu lado, obrigada por cada palavra de incentivo e por cada gesto ao longo deste percurso.

Um agradecimento especial à Visteon, pela oportunidade de desenvolver esta investigação num ambiente profissional estimulante, pelo apoio e pela confiança. O acesso a todos os recursos e a colaboração da equipa foram fundamentais para a concretização desta investigação e para a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos. Toda a experiência foi enriquecedora e decisiva para a concretização desta investigação.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta jornada. Cada gesto, por menor que tenha parecido, teve grande valor.

Resumo

A presente investigação tem como objetivo analisar os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos, a partir da perspetiva de uma empresa automóvel — a Visteon Corporation. Num contexto marcado pela transformação digital e pela convergência entre o mundo físico e digital, a Indústria 4.0 representa uma mudança paradigmática nos sistemas de produção, impulsionada por tecnologias como a *Internet of Things* (IoT), *Big Data*, *Artificial Intelligence* (AI), *Manufacturing Execution Systems* (MES), automação avançada e robótica colaborativa.

O estudo procura compreender de que forma estas tecnologias contribuem para a melhoria da eficiência operacional, da qualidade do produto e da tomada de decisão. Especificamente, pretende-se analisar o nível de adoção das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos produtivos, identificar os benefícios percebidos, explorar os desafios à sua integração e avaliar o impacto na gestão e nas decisões organizacionais.

A investigação adota uma abordagem qualitativa de natureza interpretativista, baseada num estudo de caso aprofundado, recorrendo a entrevistas semiestruturadas, observação direta, anotações de campo e registo fotográfico. A escolha da Visteon justifica-se pelo seu posicionamento estratégico no setor automóvel, pela aposta contínua na inovação tecnológica e pela aplicação prática das ferramentas da Indústria 4.0 nas suas operações fabris.

Os resultados demonstram que a digitalização tem impulsionado melhorias significativas na rastreabilidade, eficiência operacional, qualidade dos produtos e capacidade de resposta ao mercado. As principais contribuições deste estudo residem na integração entre teoria e prática da Indústria 4.0 no contexto automóvel, na aplicação de uma abordagem qualitativa interpretativista e na identificação de impactos operacionais concretos que podem orientar gestores e investigadores.

Palavras-chave: Indústria 4.0; setor automóvel; *Internet of Things*; *Big Data*

Abstract

The present research aims to analyze the effects of Industry 4.0 on production processes from the perspective of an automotive company – Visteon Corporation. In a context marked by digital transformation and the convergence between the physical and digital worlds, Industry 4.0 represents a paradigmatic shift in production systems, driven by technologies such as the Internet of Things (IoT), Big Data, Artificial Intelligence (AI), Manufacturing Execution Systems (MES), advanced automation, and collaborative robotics.

The study seeks to understand how these technologies contribute to improving operational efficiency, product quality, and decision-making. Specifically, it aims to assess the current adoption of Industry 4.0 technologies in production processes, identify perceived benefits, explore challenges to their integration, and evaluate their impact on managerial decisions.

A qualitative, interpretivist approach was adopted through an in-depth case study supported by semi-structured interviews, direct observation, field notes, and photographic records. Visteon was selected due to its strategic position in the automotive sector, strong technological innovation, and practical implementation of Industry 4.0 tools in its manufacturing operations.

Results indicate that digitalization at Visteon has significantly improved traceability, operational efficiency, product quality, and responsiveness to market demands. The integration of MES and CIM systems enables real-time monitoring and data-driven decision-making, while robotic arms and autonomous vehicles enhance automation and internal logistics efficiency.

The main contributions of this study lie in bridging theory and practice of Industry 4.0 in the automotive context, demonstrating the value of a qualitative interpretivist approach, and identifying concrete operational impacts that can guide both managers and researchers.

Keywords: Industry 4.0; automotive sector; Internet of Things; Big Data

Índice

Agradecimentos	I
Resumo	II
Abstract.....	III
Índice de Figuras	VI
Índice de Tabelas.....	VII
Siglas.....	VIII
Introdução.....	1
1 Revisão da Literatura	4
1.1 Indústria 4.0	4
1.2 Os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos	5
1.3 Indústria automóvel.....	7
1.4 IoT	8
1.4.1 Vantagens	9
1.4.2 Riscos e Desafios.....	10
1.5 Manufacturing Execution Systems	11
1.5.1 Computer Integrated Manufacturing	13
1.6 Cloud	14
1.7 Big data.....	14
1.8 Artificial Intelligence e machine learning.....	16
2 Metodologia	18
3 Estudo de Caso: Visteon Corporation	24
3.1 Apresentação da empresa	24
3.2 Resultados e discussão	26
Conclusões	42
Referências bibliográficas	46
Apêndices	50

Apêndice 1 – Guião de entrevista.....	50
Apêndice 2 – Entrevista com o Participante 1	51
Apêndice 3 – Entrevista com o Participante 2	53
Apêndice 4 – Entrevista com o Participante 3	55

Índice de Figuras

Figura 1 - Cronologia Revolução Industrial	4
Figura 2 - Alguns parceiros da Visteon.....	25
Figura 3 - Presença global da Visteon.....	26
Figura 4 - Leitura de código de barras numa reel	27
Figura 5 - Inspeção automática de peças moldadas em plástico.....	28
Figura 6 - Resultado AOI.....	29
Figura 7 - Funcionalidades do MES	31
Figura 8 - Ecrã com métrica FTT.....	34
Figura 9 - Braços robóticos para processos com CHIP	35
Figura 10 - Braços robóticos para manuseamento de placas	37
Figura 11 - Abastecimento de Reels por AGV.....	38
Figura 12 - AGV com reboque	39

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Fundamentação teórica das perguntas iniciais de investigação	21
Tabela 2 - Análise SWOT.....	41

Siglas

AGV - Automated Guided Vehicle

AI - Artificial Intelligence

AOI - Automated Optical Inspection

BP - Board Preparation

CAE - Código de Atividade Económica

CIM - Computer Integrated Manufacturing

FA - Final Assembly

FTT - First Time Through

IoT - Internet of Things

IIoT - Industrial Internet of Things

KPI - Key Performance Indicator

MES - Manufacturing Execution Systems

PCB - Printed Circuit Board

ROI - Return Of Investment

SWOT - Strengths Weaknesses Oportunities Threats

Introdução

A evolução tecnológica tem sido ao longo da história um dos principais motores de transformação da sociedade e da economia. Atualmente vivemos uma nova fase deste processo, marcada pela emergência da chamada Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0. Este conceito representa uma mudança paradigmática nos sistemas de produção, alicerçada na convergência entre o mundo físico e o mundo digital.

Esta transformação não se limita à introdução de novas ferramentas tecnológicas, mas implica uma reconfiguração profunda dos processos produtivos, dos modelos de gestão e das competências exigidas aos trabalhadores. A digitalização da indústria permite, por um lado, uma monitorização em tempo real das operações, uma maior capacidade de previsão, tomada de decisão baseada em dados e uma personalização mais ágil da produção. Por outro lado, levanta desafios significativos relacionados com a segurança da informação, a interoperabilidade dos sistemas, a gestão de grandes volumes de dados e a necessidade de requalificação da força de trabalho.

A chamada 5ª Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 5.0, representa uma nova etapa do desenvolvimento tecnológico e produtivo, caracterizada pela integração colaborativa entre humanos e máquinas e pela valorização de princípios como a sustentabilidade, a resiliência e a centralidade humana. Diferente da Indústria 4.0, a Indústria 5.0 propõe um modelo de produção que reconcilia o progresso tecnológico com valores éticos, sociais e ambientais. Nessa perspetiva, a tecnologia deixa de ser um fim em si mesma para se tornar um meio de promoção do bem-estar humano, estimulando a co-criação, a personalização e o uso responsável dos recursos. Contudo, por se tratar de uma etapa ainda em consolidação e cujas aplicações práticas permanecem em desenvolvimento, este estudo concentrar-se-á na análise da Quarta Revolução Industrial, que constitui a base tecnológica e conceitual da transição em curso.

No setor automóvel, estas mudanças têm sido particularmente evidentes. Trata-se de uma indústria historicamente associada à inovação tecnológica e à adoção precoce de novas metodologias de produção, desde o modelo de linha de montagem introduzido por Henry Ford até à implementação de sistemas de produção baseados no *Lean*.

Atualmente a indústria automóvel encontra-se na vanguarda da transição digital, impulsionada pela crescente complexidade dos veículos, pela exigência de maior eficiência energética e sustentabilidade e ainda pela pressão competitiva num mercado globalizado. A incorporação das tecnologias da Indústria 4.0 tem permitido às empresas do setor otimizar os

seus processos, reduzir custos, melhorar a qualidade dos produtos e responder de forma mais ágil às necessidades e mudanças do mercado.

Neste contexto, surge o tema “*Os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos: ótica de uma empresa automóvel*” onde a base de investigação é entender quais são os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos sendo abordada a realidade de uma organização específica, que neste caso é a Visteon Corporation.

A Visteon tem uma presença global, um forte foco na inovação tecnológica e constitui assim um caso de estudo particularmente relevante para compreender como as tecnologias emergentes estão a ser aplicadas na prática e quais os impactos que têm gerado ao nível da produção. A escolha da Visteon prende-se com o seu posicionamento estratégico enquanto fornecedora de soluções eletrónicas para o setor automóvel, o que a coloca numa posição privilegiada para explorar as potencialidades da digitalização industrial.

Com suas soluções de *cockpit* digital, serviços conetados e eletrificação, a empresa está na vanguarda da transformação digital na indústria automóvel. Essas inovações não apenas melhoram a eficiência e a segurança dos veículos, mas também redefinem os processos produtivos, tornando-os mais flexíveis, personalizados e sustentáveis.

O objetivo geral deste estudo é investigar os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos de uma empresa automóvel, procurando compreender de que forma as tecnologias associadas a este paradigma podem contribuir para a melhoria da eficiência operacional, da qualidade do produto e da tomada de decisões. Para alcançar este fim, definem-se quatro objetivos específicos: (1) analisar o estado atual da adoção de tecnologias da Indústria 4.0 nos processos produtivos, através de uma revisão da literatura e de um estudo de caso que permite mapear o seu nível de utilização no setor; (2) identificar os benefícios decorrentes da sua implementação, com destaque para ganhos em eficiência, produtividade e qualidade; (3) explorar os desafios e barreiras à integração destas ferramentas, incluindo obstáculos de natureza técnica, organizacional e de segurança; e (4) avaliar o impacto da Indústria 4.0 na tomada de decisões, considerando o potencial da utilização de dados em tempo real para otimizar a gestão e a operação dos processos produtivos.

A investigação segue uma abordagem qualitativa, baseada num estudo de caso que recorre a entrevistas semiestruturadas, observação direta, anotações de campo e registo fotográfico.

O estudo adota um paradigma qualitativo interpretativista, centrado na compreensão dos fenómenos sociais e organizacionais a partir da perspetiva dos próprios intervenientes e a recolha de dados foi realizada através de múltiplas técnicas qualitativas, incluindo entrevistas

semiestruturadas, observação direta, anotações de campo e registo fotográfico, com o objetivo de triangular as informações e aumentar a validade interna da investigação.

A amostragem adotou uma abordagem não probabilística, combinando conveniência e critérios específicos, privilegiando profissionais com experiência prática relevante. A amostra incluiu um gestor de produção, um engenheiro de processo e um operacional diretamente envolvido com os sistemas automatizados. As entrevistas foram conduzidas segundo um guião semiestruturado previamente elaborado à luz dos objetivos da investigação, permitindo uma exploração direcionada, mas flexível, dos temas.

Este estudo encontra-se organizado em várias secções, procurando oferecer uma compreensão clara do tema e da investigação desenvolvida. Primeiramente, a revisão de literatura apresenta os conceitos centrais relacionados com o tema, desde Indústria 4.0 até a tecnologias complementares como IoT.

De seguida, é apresentada a metodologia que descreve o enquadramento da investigação, a abordagem adotada e os métodos de recolha e análise de dados.

Posteriormente é apresentado o estudo de caso da Visteon Corporation, incluindo uma breve descrição da empresa e a análise dos resultados obtidos.

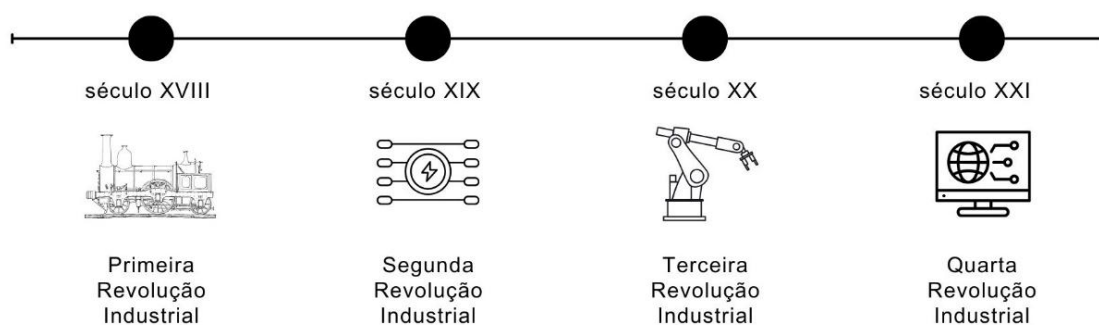
Por fim, são apresentadas as conclusões, seguidas das referências bibliográficas e dos apêndices, onde consta documentação complementar, como guiões de entrevista e transcrições. Esta estrutura permite uma leitura progressiva, desde a fundamentação teórica até à aplicação prática e análise crítica, garantindo coerência e clareza na apresentação dos resultados da investigação.

1 Revisão da Literatura

1.1 Indústria 4.0

A indústria passou por transformações significativas ao longo de toda a história, sendo frequentemente dividida em diferentes eras – cada uma marcada por avanços tecnológicos notáveis (Figura 1). De forma a compreender plenamente o conceito de Indústria 4.0, é essencial conhecer o contexto histórico que a antecede, começando pela Primeira Era (Cara, 2019).

Figura 1 - Cronologia Revolução Industrial



Fonte: Jeanne et al., 2018 (Adaptado)

A Primeira Era, conhecida como Revolução Industrial, remonta aos séculos XVIII e XIX e representa a transição da produção manual para a mecanizada. Esta fase foi marcada pela introdução das máquinas a vapor, pela invenção do tear mecânico e pelo surgimento das primeiras fábricas, que revolucionaram os métodos de produção (Jeanne et al., 2018).

A Segunda Revolução Industrial data final do século XIX e início do século XX, onde surge a eletricidade e a produção em massa como principais inovações. Novas fontes de energia, como a eletricidade e o petróleo, possibilitaram avanços em automação e eficiência produtiva (Cara, 2019).

A Terceira Revolução Industrial, também chamada de Revolução Digital, teve início em meados do século XX. Este período destacou-se pela automação dos processos industriais, com a introdução dos computadores e da automação, proporcionando ganhos expressivos em produtividade e eficiência (Jeanne et al., 2018).

A Quarta Revolução Industrial, também conhecida como a Indústria 4.0, foi resultante da convergência de tecnologias digitais, físicas e biológicas. Esta expande os avanços da Terceira Revolução Industrial, integrando tecnologias avançadas e conectividade para transformar a indústria (Piccarozzi et al., 2018).

A Indústria 4.0 pode ser descrita como a integração de máquinas e processos com a internet, visando proporcionar um conhecimento abrangente e em tempo real das operações organizacionais. Este conceito está associado a várias tecnologias emergentes, como a *Internet of Things*, *Cloud*, *Big Data*, entre outras tantas. Com a evolução industrial, desde a era das máquinas a vapor até o desenvolvimento destas tecnologias, as empresas passaram a dispor de novas oportunidades para otimizar processos, criar produtos mais eficientes e implementar práticas mais sustentáveis (Piccarozzi et al., 2018). O sucesso da implementação da Indústria 4.0 requer colaboração, inovação e eficácia em estratégias para enfrentar potenciais desafios e oportunidades (Singh, 2023).

Atualmente estamos a assistir à transição para a Indústria 5.0, que expande os conceitos da Indústria 4.0 ao incorporar tecnologias como inteligência artificial, realidade aumentada e IoT (Pilloni, 2018).

1.2 Os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos

A Indústria 4.0 tem provocado uma revolução nos processos produtivos ao integrar tecnologias avançadas como a automação, *Artificial Intelligence*, *Internet of Things* e *Cloud*. Essas inovações transformam radicalmente a maneira como produtos são projetados, fabricados e distribuídos, resultando assim em maior eficiência, flexibilidade e personalização. O impacto é visível em diversos aspectos, desde a redução de custos operacionais até à criação de novos modelos de negócio e a reconfiguração do papel da mão de obra humana (Dominguez et al., 2024).

Um dos principais efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos é a automação avançada, viabilizada pelo uso de *robots* inteligentes e sistemas ciberfísicos. Estas tecnologias substituem tarefas repetitivas, permitindo não só uma maior precisão, mas também uma maior rapidez e redução de erros. Além disso, a customização em massa tornou-se uma realidade, uma vez que tecnologias como impressão 3D possibilitam a produção de produtos personalizados sem comprometer o processo industrial. Isto atende a um novo perfil de consumidor que procura produtos feitos à medida e, para além disso, fomenta a competitividade das empresas (Oks et al., 2022).

A integração digital dos sistemas produtivos também representa uma mudança significativa, impulsionada pelo uso da IoT. Sensores inteligentes instalados em máquinas e equipamentos capturam e transmitem dados em tempo real, permitindo uma monitorização contínua do processo produtivo. Essa interconetividade possibilita ajustes imediatos nas máquinas e linhas de produção para evitar desperdícios e maximizar a produtividade, reduzindo assim as falhas e paragens inesperadas. Paralelamente, o uso de *Big Data* e *Artificial Intelligence* aprimora o processo de tomada de decisões, na medida em que os algoritmos analisam grandes volumes de dados para prever padrões, otimizar o uso de recursos e garantir maior qualidade nos produtos finais para o cliente (Pilloni, 2018).

A manutenção preditiva é outro avanço relevante proporcionado pela Indústria 4.0. Em vez de se seguir cronogramas fixos de manutenção ou aguardar a falha de um equipamento para posteriormente realizar o reparo do mesmo, existem sensores inteligentes que detetam sinais de desgaste e possíveis problemas antes destes mesmos acontecerem. Isso reduz custos de manutenção corretiva, e por sua vez também aumenta a vida útil dos equipamentos e melhora aquilo que é a eficiência operacional.

Além disso, a possibilidade de interligar sistemas e a utilização da *Cloud*, permite que os dados aliados ao processo produtivo sejam armazenados de forma mais segura e também mais acessível, garantindo assim a rastreabilidade dos mesmos e o controlo da produção de forma remota (Oks et al., 2022).

Outro efeito importante é a flexibilidade e modularidade dos processos produtivos. Com a digitalização, as fábricas podem ser rapidamente reconfiguradas para produzir diferentes tipos de produtos sem grandes investimentos em novas infraestruturas, ou seja, reestruturando aquilo que é a infraestrutura já existente. Isto proporciona maior agilidade para atender às alterações do mercado e responder rapidamente aos novos pedidos do mesmo.

A sustentabilidade e a eficiência energética ganham especial destaque no que diz respeito aos efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos, uma vez que as novas tecnologias permitem um uso mais racional do consumo de energia que contribui para a redução do impacto ambiental e torna a própria produção mais sustentável (Singh, 2023).

Ainda assim, um dos impactos mais significativos da Indústria 4.0 está relacionado com a transformação do mercado de trabalho, porque apesar da automação não eliminar totalmente a necessidade de mão de obra humana, ainda assim altera as exigências de qualificação dos mesmos. Tal transformação exige um investimento contínuo em formação e requalificação profissional, de maneira a assegurar que a força de trabalho está preparada para lidar com as novas tecnologias de forma bem-sucedida (Bagnoli, et al., 2022).

Desta forma, os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos vão muito além da automação, promovendo uma revolução estrutural na forma como as indústrias operam. Com ganhos em eficiência, flexibilidade e personalização, esta nova era industrial redefine o papel das empresas, dos trabalhadores e da economia global, criando desafios e oportunidades que moldarão o futuro da manufatura e da sociedade como um todo (Júnior & Neto, 2024).

No entanto, a digitalização também traz desafios, especialmente associados à segurança cibernética, uma vez que, com a interconetividade dos sistemas, cresce o risco de ataques virtuais que podem comprometer dados industriais, segredos comerciais e até mesmo a operação de fábricas inteiras. Para mitigar esses riscos, as empresas precisam também de investir em protocolos de segurança robustos, na criptografia de dados e na monitorização constante das redes industriais (Avdibasic et al., 2022).

1.3 Indústria automóvel

A indústria automóvel ou indústria automobilística, é um segmento específico da indústria que se dedica ao *design*, desenvolvimento, fabricação, *marketing* e venda de veículos motorizados. Este setor inclui a produção de automóveis, camiões, autocarros, motociclos e veículos comerciais, além de peças e componentes associados (Lima, 2016).

A indústria automóvel é extremamente competitiva e opera em escala global, com dinâmicas regionais que moldam aquilo que é o desenvolvimento dos mercados. Para se tornarem competitivas mundialmente, grandes corporações têm-se expandido por meio de aquisições e fusões, gerando um crescimento que resultou na consolidação e racionalização da cadeia de valor (Lima, 2016).

Para aumentar a eficiência e alcançar economias de escala – que consiste nas reduções no custo médio de produção à medida que a quantidade produzida aumenta -, a indústria adotou estratégias como modularização, terceirização, partilha de plataformas e também de componentes. Estas práticas permitem que os fabricantes colaborem estreitamente com os fornecedores no processo de conceção, desenvolvimento e produção, promovendo a inovação contínua e a eficiência naquilo que é o processo de montagem dos veículos (Almada-Lobo, 2015).

Ao longo dos anos, o setor da indústria automóvel tem evoluído significativamente. Inicialmente, este setor era visto como pouco qualificado, disperso e tecnologicamente subdesenvolvido. No entanto, apresenta um grande potencial e merece apoio devido às suas características estruturais, capacidade de crescimento e exportação, dinamismo na inovação,

adesão a conceitos de qualidade total e de excelência nas operações. Além disso, a exigência por recursos humanos qualificados promove programas contínuos de formação e valorização profissional, o que gera efeitos positivos em toda a indústria. Atualmente, a indústria automóvel é uma das mais complexas e tecnologicamente avançadas do setor industrial, desempenhando um papel crucial na economia global e naquilo que é a inovação tecnológica (Bonaparte, 2019).

Com o passar dos anos, a indústria automóvel portuguesa evoluiu desde o foco na montagem e produção de componentes para a integração nas cadeias de valor globais. Com a ajuda dos investimentos estrangeiros e a instalação de fábricas de grandes nomes na indústria automóvel, a indústria cresceu e adotou estratégias de aquisições e fusões para aumentar a sua presença global. A consolidação e racionalização da cadeia de valor, junto com práticas como modularização, terceirização e partilha de plataformas, melhoraram a eficiência e reduziram os custos (Bonaparte, 2019).

A colaboração com fornecedores tornou-se essencial para a inovação contínua, tornando a indústria automóvel portuguesa competitiva no mercado global. Esta apresenta-se posicionada para continuar a crescer e evoluir, impulsionada pela inovação, sustentabilidade e integração global. A capacidade de adaptação às mudanças tecnológicas e de mercado será crucial para manter a relevância e o sucesso a longo prazo (Santos & Dores, 2018).

1.4 IoT

A era das novas tecnologias tem sido marcada significativamente pela *Internet of Things*, destacando-se por atrair a atenção de diversas indústrias em diferentes segmentos de mercado, por possibilitar a comunicação e integração entre dezenas e até centenas de dispositivos, capacitando-os para alcançar níveis de eficiência e eficácia cada vez mais impressionantes. Além disso, a IoT proporciona uma visibilidade mais clara, não apenas pela otimização, mas também por fornecer dados em tempo real sobre o fluxo de materiais e produtos (Bazigu & Mwebaze, 2025).

A *Internet of Things* passa por ser uma rede de objetos físicos que são detentores de tecnologia inserida, como os sensores, por exemplo, viabilizando que estes comuniquem e interajam com o meio em que se envolvem, seja ele externo ou interno. O facto de existir a possibilidade de compilar um grande e vasto número de dados, conetar pessoas e respetivos processos, permite que as empresas concebam conhecimento sobre o comportamento e uso adequado, modificando os processos de negócios (Lego & de Mattos, 2020).

São três as categorias na qual a *Internet of Things* pode ser aplicada para aumentar o valor do cliente: controlo e monitorização, *Big Data* e *Business Analytics*, e colaboração e partilha de informações (Korte et al., 2021).

A primeira categoria, controlo e monitorização, envolve sistemas que recolhem dados sobre o desempenho dos equipamentos, consumo de energia e condições ambientais, permitindo o acompanhamento em tempo real do sistema produtivo, independente do local e horário. A segunda categoria, *Big Data* e *Business Analytics*, consiste em sensores em dispositivos e máquinas que geram grandes volumes de dados. Esses dados são transmitidos para os sistemas da empresa, onde são analisados pelas partes interessadas para tomar decisões informadas e resolver problemas nos processos organizacionais. Por fim, a terceira categoria, a colaboração e partilha de informações, é facilitada pela IoT permitindo a troca de informações e a colaboração entre indivíduos e objetos (Korte et al., 2021).

Existe ainda a *Industrial Internet of Things (IIoT)*, esta refere-se à aplicação das tecnologias IoT no setor produtivo, servindo como uma via alternativa para as aplicações industriais da IoT. Esta abordagem foi desenvolvida especialmente para o uso de dispositivos maiores que *smartphones* e aparelhos sem fio, com o objetivo claro de conectar componentes industriais, tais como redes elétricas, sensores integrados em *Cloud* e motores. Essencialmente, a IIoT representa uma expansão aprimorada da IoT mas voltada para o setor industrial, atendendo a necessidades que a IoT tradicional não é capaz de corresponder devido às exigências específicas deste setor (Boyes et al., 2018).

1.4.1 Vantagens

A IoT oferece diversas vantagens significativas em vários setores, especialmente na indústria e nos processos produtivos. Primeiramente, permite a monitorização em tempo real de equipamentos e processos, oferecendo *insights* valiosos para melhorar a eficiência operacional. Esta capacidade de monitorização também possibilita a previsão de falhas em máquinas e equipamentos antes que ocorram, reduzindo assim o tempo de inatividade no processo produtivo ao antecipar problemas (Martins, 2018).

Outra vantagem é a capacidade de rastrear produtos ao longo de toda a cadeia de abastecimento, facilitando a identificação do ponto exato onde o produto se encontra e permitindo uma rápida solução de problemas que possam surgir. A segurança no processo produtivo também é melhorada, pois a monitorização pode identificar condições perigosas,

como vazamentos ou falhas de segurança na linha de produção, ajudando a prevenir acidentes (Witczak & Szymoniak, 2024).

Através do uso da *Internet of Things* é possível monitorizar os níveis de *stock* em tempo real, ajudando a manter o nível de inventário e evitando excesso ou falta de componentes, contribuindo assim para uma melhor e mais eficiente gestão de inventário, que por sua vez tem impacto naquilo que é a logística e a cadeia de abastecimento (Mashayekhy et al., 2022).

Além disso, a IoT contribui para a redução de custos operacionais. Essa redução deve-se não apenas à antecipação de problemas, mas também à diminuição do desperdício de energia e de uma gestão mais eficiente dos materiais utilizados nos processos produtivos (Martins, 2018).

A aplicação da *Internet of Things* nos processos produtivos também resulta na melhoria da qualidade do produto final, uma vez que a monitorização permite controlar melhor o processo, reduzindo defeitos e aprimorando a qualidade (Martins, 2018).

Com a IoT, as empresas podem oferecer produtos mais personalizados, ajustando rapidamente a produção para atender às especificações dos clientes sem sacrificar a eficiência e obtendo assim uma personalização em massa (Witczak & Szymoniak, 2024).

Estes benefícios combinados fazem da *Internet of Things* uma ferramenta poderosa para aumentar a competitividade, a eficiência e a sustentabilidade na indústria, num mercado cada vez mais exigente e tecnológico (Paiva, 2019).

1.4.2 Riscos e Desafios

A *Internet of Things* representa um avanço significativo, mas também traz consigo uma série de riscos e desafios que precisam ser abordados para garantir a segurança e a eficácia de sua implementação (Oliveira et al., 2024).

Primeiramente, as vulnerabilidades em dispositivos são uma preocupação central. Muitos dispositivos IoT apresentam falhas de segurança devido a implementações inadequadas ou falta de atualizações regulares, o que pode resultar em acessos não autorizados a redes internas e também a dados sensíveis (Barros, 2021).

Além disso, a proteção de dados é crucial uma vez que a *Internet of Things* envolve a recolha massiva de informações, frequentemente de natureza pessoal e sensível. A proteção adequada desses dados contra acessos não autorizados e violações de privacidade por parte de *hackers*, por exemplo, é ainda um desafio crítico (Bianchini et al., 2024).

Outro desafio significativo é a falta de padrões universais, que dificulta a interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes. Essa ausência de padronização pode levar a problemas de compatibilidade, dificultando a integração e a comunicação eficiente entre dispositivos IoT. A integração de dispositivos IoT em sistemas existentes pode ser complexa e ter custos acrescidos, especialmente quando os dispositivos utilizam diferentes protocolos de comunicação e arquiteturas de *software* (Oliveira et al., 2024).

A confiabilidade e a manutenção dos dispositivos IoT também são áreas de preocupação. A operação eficiente destes dispositivos depende da conectividade constante e confiável à *internet*. Interrupções na conectividade podem causar falhas no funcionamento dos dispositivos e na recolha de dados, causando impacto na continuidade dos serviços (Camara et al., 2021). Além disso, a manutenção de uma rede extensa de dispositivos IoT pode ser desafiadora. As empresas precisam de garantir que os seus dispositivos e práticas de recolha de dados estão em conformidade com as regulamentações existentes de privacidade e proteção de dados (Boeckl et al., 2019).

Os custos iniciais de desenvolvimento e implementação de soluções IoT podem ser elevados, assim como os custos contínuos relacionados à manutenção, atualização e gestão dos dispositivos e da infraestrutura de suporte. Demonstrar um retorno de investimento (*Return Of Investment - ROI*) claro para projetos de IoT pode ser desafiador, especialmente nas fases iniciais, e as empresas precisam de métricas e métodos robustos para avaliar os benefícios financeiros e operacionais resultantes da adoção da *Internet of Things* (Silva, 2023).

Associado aos custos de desenvolvimento e implementação, está ainda a formação do pessoal, na medida em que, esta é essencial visto que muitas pessoas não estão familiarizadas com o conceito de *Internet of Things* e suas aplicações. Desta forma, a formação oferece a oportunidade de adquirir as competências necessárias para trabalhar com tecnologias IoT (Bianchini et al., 2024).

1.5 Manufacturing Execution Systems

Manufacturing Execution Systems é um sistema de execução de produção que assume um papel central na transformação digital das operações industriais. Este sistema atua como uma camada intermediária entre os sistemas de gestão empresarial e os sistemas de automação do chão de fábrica, permitindo uma integração vertical e horizontal dos processos

produtivos. O MES é responsável por monitorizar, controlar e otimizar a execução da produção em tempo real, assegurando que as operações ocorrem de forma eficiente, monitorizável e alinhada com os objetivos estratégicos da organização (Dieguez et al., 2025)

Este sistema recolhe dados diretamente das máquinas, operadores e sensores, transformando-os em informações acionáveis que suportam a tomada de decisão em tempo real. A sua implementação permite às empresas eliminar ineficiências, reduzir desperdícios, melhorar a qualidade e aumentar a produtividade - fatores críticos num ambiente industrial cada vez mais competitivo (Liu & Li, 2023).

Entre as funcionalidades mais relevantes do MES destacam-se a gestão de ordens de produção, o controlo de qualidade em tempo real, a rastreabilidade de materiais e produtos, a gestão de recursos humanos e técnicos, a monitorização do desempenho dos equipamentos e a integração com sistemas de manutenção e logística. Estas funcionalidades são particularmente importantes em setores como a indústria automóvel, onde a complexidade dos processos e a exigência de qualidade requerem um controlo rigoroso e contínuo (Benfriha et al., 2021).

Com a evolução da Indústria 4.0, o MES passou a integrar-se com tecnologias emergentes como a IoT, *Big Data* e AI, permitindo uma gestão preditiva e adaptativa da produção (Amaral et al., 2020).

Esta integração transforma o MES numa plataforma inteligente, capaz de antecipar falhas, otimizar fluxos de trabalho e adaptar-se dinamicamente às variações da procura ou a eventos inesperados. Além disso, o MES contribui para a transformação cultural e organizacional das empresas, ao promover uma maior transparência e dando visibilidade em tempo real das operações – o que permite alinhar os objetivos operacionais com os objetivos estratégicos, criando um ambiente de melhoria contínua e inovação sustentada (Dieguez et al., 2025).

Contudo, a implementação de um sistema MES não está isenta de desafios. A integração com os outros sistemas, a resistência à mudança por parte dos colaboradores, a necessidade de formação técnica e os custos iniciais de investimento são fatores que exigem uma abordagem cuidadosa e estratégica. Ainda assim, os benefícios a médio e longo prazo, tanto em termos de eficiência operacional como de competitividade, tendem a justificar amplamente o esforço de transformação (Benfriha et al., 2021).

1.5.1 Computer Integrated Manufacturing

O *Computer Integrated Manufacturing* (CIM) é uma abordagem tecnológica que visa a integração completa de todos os processos industriais por meio da automação e da tecnologia da informação (Bousdekis et al., 2022). No contexto industrial moderno, o CIM não é um sistema isolado, mas um componente essencial dentro do sistema MES. O CIM atua como núcleo de inteligência operacional, assegurando que os processos da fábrica são executados de acordo com os parâmetros definidos, promovendo rastreabilidade, controle de qualidade e eficiência operacional. Este núcleo orquestra os elementos principais da produção como configuração de áreas e linhas de produção, definição de operações, definição de estações de trabalho, gestão de produtos, peças e modelos, para além do controlo de rotas e sequências de produção e ainda, a integração com sensores e dispositivos IoT. O CIM tem relatórios em tempo real e *dashboards* de produtividade, que possibilitam o acompanhamento contínuo da produção e a rápida identificação de desvios (Rahman & Shafae, 2022).

A integração do CIM dentro do MES representa um avanço significativo para as operações industriais, ao proporcionar uma série de benefícios que se estendem tanto ao nível tangível quanto intangível da produção. Um dos ganhos mais evidentes é a melhoria da produtividade, uma vez que a automação promovida pelo CIM reduz a dependência de tarefas manuais, acelera os ciclos produtivos e otimiza o uso dos recursos disponíveis. Além disso, a redução de erros humanos torna-se possível por meio da padronização dos processos e da implementação de mecanismos de validação em tempo real, que asseguram o cumprimento rigoroso dos parâmetros operacionais definidos (Sahoo & Lo, 2022).

Outro aspeto fundamental está na ampliação da rastreabilidade, uma vez que o sistema passa a registar detalhadamente todas as etapas do processo produtivo, permitindo a rápida identificação da origem de falhas, desvios de qualidade ou de não conformidades. Por sua vez, contribui diretamente para a melhoria na tomada de decisão, já que os gestores passam a dispor de dados operacionais confiáveis, atualizados em tempo real e com alto grau de precisão, o que fortalece a capacidade analítica e a resposta estratégica ao mercado ou a eventuais problemas internos (Nurdiyanto & Kindiasari, 2024).

Por fim, destaca-se a flexibilidade operacional como uma das maiores vantagens competitivas promovidas pela integração do CIM ao MES. A estrutura digitalizada e parametrizada permite ajustes dinâmicos nas rotas de produção, na gestão de modelos e na configuração das operações, tornando a produção mais adaptável a variações na procura, personalizações de produtos ou mudanças no mix de produção (Sahoo & Lo, 2022).

1.6 Cloud

A *Cloud* ou a computação em nuvem, é uma tecnologia que permite aceder a recursos informáticos - como armazenamento de dados, servidores, *software* e processamento - através da *internet*, sem depender de equipamentos físicos locais. Em vez de manter grandes centros de dados ou servidores próprios, as empresas podem utilizar infraestruturas fornecidas por terceiros, para alocar e gerir os seus sistemas e informações. Esta abordagem não só reduz custos operacionais como também aumenta a flexibilidade, escalabilidade e segurança das operações tecnológicas (Meyer et al., 2023).

Para além dos benefícios operacionais, a computação em nuvem tem desempenhado um papel central na transformação digital das organizações, permitindo-lhes responder de forma mais ágil às exigências do mercado. Através da *Cloud*, é possível aceder e ajustar rapidamente dados e a capacidade de armazenamento ou processamento conforme as necessidades do momento, sem comprometer a continuidade das operações (Joe, 2023).

Outro aspeto relevante é a mobilidade e acessibilidade proporcionadas por esta tecnologia. Os utilizadores podem aceder a dados e aplicações a partir de qualquer dispositivo com ligação à *internet*, promovendo o trabalho remoto, a colaboração em tempo real e a continuidade dos negócios em situação de emergência. Além disso, a *Cloud* facilita a integração de tecnologias emergentes como a *Artificial Intelligence*, *Big Data* e a *Internet of Things*, ampliando as possibilidades de inovação em diversos setores (Elgazzar et al., 2022).

1.7 Big data

O conceito de *Big Data* refere-se a conjuntos massivos de dados que são caracterizados pelos chamados "5 V's" que se associam ao volume, velocidade, variedade, veracidade e valor. O volume é a grande quantidade de dados que são gerados continuamente, enquanto a velocidade se relaciona com a rápida produção e também processamento de dados. A variedade associa-se às diferentes fontes e formatos, enquanto a veracidade se relaciona com a qualidade e confiabilidade das informações. Por sua vez, o valor é a capacidade de gerar aquilo que são *insights* estratégicos (Loh, 2019).

Estes dados são gerados continuamente por diferentes fontes, como sensores industriais, redes sociais, dispositivos móveis, transações comerciais e outros sistemas digitais, e possuem características específicas que os tornam desafiadores de armazenar, de processar e de analisar por métodos tradicionais. O volume de informações é massivo,

podendo chegar a *terabytes* ou *exabytes*, que se traduzem respetivamente em 1 000 000 000 000 *bytes* ou em 1 000 000 000 000 000 000 *bytes*, exigindo infraestruturas para a sua gestão. Para além disso, os dados são gerados numa velocidade extremamente alta, muitas vezes em tempo real, o que requer tecnologias avançadas para análise instantânea e tomada de decisões ágeis (Munhoz et al., 2024).

Outro aspeto essencial da *Big Data* é a sua variedade, já que os dados podem assumir diferentes formatos, desde informações estruturadas em bancos de dados até dados não estruturados, como são exemplo as imagens, os vídeos e também textos. A confiabilidade dessas informações também é um fator crítico uma vez que a veracidade dos dados impacta diretamente a qualidade das análises e das decisões que delas derivam. No entanto, o verdadeiro diferencial da *Big Data* está no valor que esses dados podem gerar, permitindo *insights* estratégicos que otimizam processos e impulsionam a inovação (Freund et al., 2019).

A origem da *Big Data* está relacionada ao crescimento exponencial da digitalização e a conectividade entre sistemas e dispositivos. Com o avanço da *Internet of Things*, sensores e dispositivos inteligentes passaram a armazenar uma enorme quantidade de informações sobre processos industriais, o comportamento do consumidor e padrões de uso. O aumento de dados e a sua gestão exigiu novas abordagens tecnológicas para seu armazenamento e processamento, levando assim ao desenvolvimento de soluções como a *Cloud* (Neto et al., 2020).

No contexto da Indústria 4.0, a *Big Data* tem um impacto significativo na transformação dos processos produtivos. Uma das aplicações mais relevantes está na manutenção preditiva, que utiliza sensores para monitorar equipamentos em tempo real, detetando anomalias e prevendo falhas antes que ocorram. Essa abordagem reduz custos de manutenção corretiva, aumenta a vida útil dos equipamentos e melhora a eficiência operacional. A análise de *Big Data* também é essencial para o controlo de qualidade, permitindo identificar padrões que minimizam defeitos e desperdícios na produção (Schiavon et al., 2019).

Apesar dos seus benefícios, a implementação da *Big Data* enfrenta desafios significativos, como a necessidade de uma infraestrutura robusta, a preocupação com a segurança dos dados e a qualificação de profissionais capazes de interpretar essas informações de forma eficaz. Além disso, surgem questões éticas e regulatórias sobre o uso de dados, especialmente no que diz respeito à privacidade (Jahani et al., 2023).

1.8 Artificial Intelligence e machine learning

A *Artificial Intelligence* é um campo da ciência da computação que procura desenvolver sistemas capazes de simular a inteligência humana, permitindo que as máquinas realizem ações, como é exemplo, o reconhecimento de padrões, a tomada de decisões, a aprendizagem e a resolução de problemas, que são ações normalmente associadas ao ser humano. Diferente dos algoritmos tradicionais, que executam instruções pré-programadas, a *Artificial Intelligence* é projetada para analisar dados, identificar padrões e tomar decisões de forma autônoma e muitas vezes melhorando o seu desempenho ao longo do tempo (Pinto, 2020).

Dependendo da sua complexidade e capacidade de aprendizagem, a *Artificial Intelligence* pode ser classificada em dois níveis, fraca e forte. A AI fraca refere-se a sistemas projetados para tarefas específicas, como por exemplo os sistemas que são feitos para serem assistentes virtuais, sistemas de recomendação e *chatbots*. Já a AI forte descreve máquinas que são capazes de realizar qualquer tarefa cognitiva que um ser humano conseguiria, incluindo pensamento abstrato e também criatividade. Embora a AI forte ainda não tenha sido plenamente desenvolvida, os avanços na área têm aproximado os sistemas artificiais a capacidades cada vez mais sofisticadas (Sachini et al., 2022).

Um dos pilares fundamentais da *Artificial Intelligence* é o *Machine Learning*, que consiste num conjunto de técnicas que permitem que os sistemas aprendam a partir de dados sem a necessidade de serem explicitamente programados para cada situação específica. O *Machine Learning* funciona por meio de algoritmos que analisam grandes quantidades de dados, identificam padrões e fazem previsões com base nessas informações. À medida que mais dados são processados, o sistema ajusta os seus parâmetros e melhora o seu desempenho de forma contínua.

A *Artificial Intelligence* e o *Machine Learning* têm impacto em diversas áreas da sociedade e da economia. Na indústria, a *Artificial Intelligence* é aplicada para otimizar processos produtivos, prever falhas em equipamentos e melhorar a logística. A *Artificial Intelligence* tem revolucionado o comércio eletrônico, oferecendo recomendações personalizadas e *chatbots* que melhoram o atendimento ao cliente (Khoei et al., 2023).

Apesar dos benefícios, a implementação da *Artificial Intelligence* e do *Machine Learning* enfrenta desafios. Um dos principais desafios é a necessidade de grandes quantidades de dados de qualidade para treinar os modelos, além da alta capacidade computacional exigida. Questões éticas também são amplamente debatidas, especialmente no que diz respeito aos

algoritmos, à privacidade dos dados e ao impacto da automação no mercado de trabalho (Sachini et al., 2022).

2 Metodologia

Enquanto metodologia para esta investigação, o objetivo geral é investigar os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos numa empresa automóvel, onde se pretende perceber como a Indústria 4.0 pode melhorar, por exemplo, a eficiência operacional, a qualidade do produto e a tomada de decisões.

Os objetivos específicos passam por:

1. Analisar o estado atual da adoção de tecnologias resultantes da Indústria 4.0 nos processos produtivos: realizar uma revisão detalhada da literatura e estudo de caso para mapear a utilização destas tecnologias na indústria;
2. Identificar os benefícios percebidos pela implementação da Indústria 4.0: recolher e analisar dados, destacando melhorias em eficiência, produtividade e qualidade;
3. Explorar os desafios e barreiras na implementação das ferramentas associadas à Indústria 4.0: investigar os principais obstáculos enfrentados pela empresa durante a integração, incluindo questões técnicas e de segurança;
4. Avaliar o impacto da Indústria 4.0 na tomada de decisões: examinar como esta tem influência na capacidade de tomada de decisão em tempo real, melhorando a gestão e a operação dos processos produtivos.

A presente investigação adota uma abordagem metodológica de natureza qualitativa, orientada para a compreensão aprofundada dos efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos, a partir da perspetiva interna de uma organização pertencente ao setor automóvel. Esta opção justifica-se pelo carácter exploratório do tema em estudo, que requer uma análise centrada na transformação digital dos sistemas produtivos. Tal como defendem Creswell (2013) e Denzin & Lincoln (2018), a investigação qualitativa valoriza o contexto e os significados atribuídos pelos participantes na investigação.

Esta investigação inscreve-se no paradigma qualitativo, sustentado por uma epistemologia interpretativista, que privilegia a compreensão dos fenómenos sociais e organizacionais a partir da ótica dos próprios intervenientes. Ao invés de procurar generalizações estatísticas, este paradigma visa explorar, em profundidade, os significados que os indivíduos atribuem às mudanças provocadas pela Indústria 4.0, dentro de um contexto organizacional concreto.

Através deste enquadramento, tal como salienta Patton (2015), a investigação qualitativa permite captar a complexidade e a especificidade das transformações operadas, não apenas ao nível tecnológico, mas também nas dimensões organizacionais, culturais e humanas. O

estudo de caso, enquanto estratégia de investigação qualitativa, permite uma análise holística e contextualizada de um fenómeno complexo, possibilitando uma exploração aprofundada das interações entre a tecnologia, os processos produtivos e os atores organizacionais.

A escolha desta empresa foi feita de forma intencional, justifica-se por fatores que a tornam um exemplo representativo e relevante para a análise dos efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos. A Visteon, empresa a que se aplica este caso de estudo, é uma fornecedora global de tecnologia automóvel, com forte atuação no desenvolvimento de sistemas eletrónicos de *cockpit*, como painéis digitais, *infotainment* e soluções de conectividade. A sua presença neste setor altamente competitivo e tecnologicamente avançado, torna a Visteon numa referência em inovação industrial, pelo que a empresa tem investido de forma significativa em tecnologias associadas à Indústria 4.0 de forma a revolucionar os seus processos e produtos.

A recolha de dados foi realizada através de múltiplas técnicas qualitativas, das quais fazem parte entrevistas semiestruturadas, a observação, as anotações de campo e fotografias, com o objetivo de triangular fontes de informação e aumentar a validade interna da investigação. A integração dos resultados de diferentes fontes é o que fortalece a validade da pesquisa em primeira instância.

Foram conduzidas entrevistas semiestruturadas em regime presencial, com um conjunto de colaboradores da empresa. A amostra foi definida com base nos objetivos da investigação sendo que a seleção dos participantes seguiu critérios intencionais, com o objetivo de garantir a relevância e a diversidade das perspetivas recolhidas, tais como as suas funções profissionais, grau de responsabilidade hierárquica, qualificações académicas, faixa etária, género e contacto com as tecnologias da Indústria 4.0.

A amostragem seguiu uma abordagem não probabilística, por conveniência e por critérios, privilegiando profissionais com experiência prática relevante para os objetivos do estudo. Esta amostra de entrevistados foi então composta por um *manager* de produção, um engenheiro de processo e um operacional com contacto direto com os sistemas automatizados. O *manager* de produção é do sexo masculino, tem entre 40 a 45 anos, é licenciado e está integrado na empresa há mais de 5 anos através de um contrato efetivo sem termo. Já o engenheiro de processo é do sexo masculino, tem entre 35 a 40 anos, possui mestrado e integra a empresa há mais de 5 anos com um contrato efetivo sem termo. O operacional entrevistado é do sexo feminino, tem entre 55 a 60 anos, em termos de escolaridade possui o ensino básico e trabalha na empresa há mais de 15 anos.

As entrevistas seguiram um guião semiestruturado, previamente elaborado à luz dos objetivos da investigação, permitindo uma exploração orientada, mas aberta dos temas. Esta

técnica revelou-se adequada para captar as experiências dos participantes, bem como os significados que atribuem à presença das tecnologias na Visteon. As entrevistas foram realizadas de forma breve para que a realização das mesmas não afetasse de forma alguma a produtividade dos entrevistados, tendo sido transcritas na íntegra para análise.

O guião de entrevistas foi desenvolvido a partir das dimensões teóricas identificadas na revisão de literatura, de modo a assegurar a coerência entre os objetivos da investigação e as questões dirigidas aos participantes. As perguntas base, aplicadas aos três colaboradores, procuraram compreender, em primeiro lugar, que tecnologias da Indústria 4.0 estavam implementadas na organização, atendendo à relevância que a literatura atribui à caracterização do nível de digitalização e automação industrial como ponto de partida para qualquer análise (Pinto, 2020).

Seguidamente, incluiu-se a questão relativa ao processo de transição tecnológica, uma vez que diversos autores sublinham que a forma como as mudanças são conduzidas influencia diretamente a aceitação dos trabalhadores e a eficácia da sua adoção (Sachini et al., 2022). Neste mesmo enquadramento, justificam-se as perguntas sobre resistência dos colaboradores e gestão dessa resistência, pois a literatura aponta para a importância do fator humano no sucesso da Indústria 4.0, destacando preocupações ligadas ao receio de substituição por máquinas e à adaptação cultural (Khoei et al., 2023).

No que respeita às melhorias nos processos produtivos e impacto no tempo de produção e controlo de qualidade, as questões basearam-se na ênfase dada pelos estudos sobre ganhos de eficiência, rastreabilidade e fiabilidade decorrentes da automação e do uso de algoritmos inteligentes (Pinto, 2020).

Já as perguntas relacionadas com novas competências exigidas e programas de formação refletem a discussão académica que reconhece a necessidade de requalificação e capacitação contínua como condição para a plena integração das tecnologias digitais (Khoei et al., 2023).

Por fim, a questão sobre principais desafios da implementação decorre da literatura que identifica barreiras como custos, complexidade tecnológica, dependência de dados de qualidade e preocupações éticas e sociais (Sachini et al., 2022).

Desta forma, a **Error! Reference source not found.** apresenta a correspondência entre as perguntas de investigação e os autores que as fundamentam teoricamente, destacando o contributo de cada referência para o enquadramento conceptual do estudo.

Tabela 1 - Fundamentação teórica das perguntas iniciais de investigação

Número	Pergunta	Tema	Autores que sustentam
1	Quais tecnologias da Indústria 4.0 estão atualmente implementadas?	Indústria 4.0	Singh (2023)
2	Como foi o processo de transição para essas tecnologias?	Efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos	Bagnoli et al. (2022)
3	Houve resistência por parte dos colaboradores? Como foi gerida?	Gestão da mudança e adoção tecnológica	Piccarozzi et al. (2018)
4	Quais foram as melhorias mais significativas nos processos produtivos após a adoção dessas tecnologias?	Melhoria de processos, eficiência e qualidade	Oks et al. (2022)
5	Como a automação afetou o tempo de produção e o controle de qualidade?	Automação e controlo operacional	Benfriha et al. (2021)
6	Quais novas competências passaram a ser exigidas dos trabalhadores?	Competências digitais e requalificação profissional	Dieguez et al. (2025)
7	A empresa ofereceu treinamentos ou programas de capacitação?	Formação e desenvolvimento no contexto digital	Munhoz et al. (2024)
8	Quais foram os principais desafios enfrentados na implementação da Indústria 4.0?	Riscos e Desafios	Oliveira et al. (2024)

Fonte: Autoria própria, 2025

Além das perguntas transversais, foram ainda elaboradas questões específicas adaptadas à área de atuação de cada entrevistado, de forma a captar de maneira mais aprofundada as implicações da Indústria 4.0 nos diferentes setores da Visteon.

O guião de entrevistas, elaborado com base nas dimensões teóricas identificadas na revisão de literatura e aplicado de forma transversal a todos os participantes como conjunto de questões base, encontra-se disponível no Apêndice 1. Para além deste núcleo comum, o

guião foi adaptado em função da posição ocupada por cada colaborador na Visteon, de modo a garantir a pertinência e profundidade das respostas obtidas. Os resultados correspondentes a cada entrevista individual estão apresentados, de forma organizada, no Apêndice 2, Apêndice 3 e Apêndice 4.

A análise dos dados obtidos por meio das entrevistas foi realizada com base na análise de conteúdo, conforme proposta por Bardin, (1977). Esta técnica consiste num conjunto de procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, permitindo a inferência de significados a partir das comunicações analisadas. Essa abordagem metodológica contribuiu para uma compreensão mais profunda das percepções, experiências e significados expressos nas falas, assegurando rigor e coerência na análise qualitativa dos dados (Bardin, 1977).

Para além das entrevistas, a observação foi utilizada como um dos métodos qualitativos principais nesta pesquisa. Este método foi escolhido devido à sua capacidade de fornecer uma compreensão profunda e contextualizada do fenómeno em estudo. A observação foi realizada no ambiente onde decorrem os processos produtivos, permitindo a recolha de dados ricos e detalhados acerca dos mesmos. Além das anotações de campo, foram tiradas fotografias durante as sessões de observação. As fotografias servem para documentar visualmente o contexto e as interações observadas, proporcionando uma camada adicional de dados que complementa as descrições dadas.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, identificou-se que a análise de documentos técnicos internos da empresa poderia fornecer *insights* valiosos. No entanto, devido a políticas de privacidade e confidencialidade da empresa, o acesso a esses documentos não foi permitido. A empresa mantém uma política rigorosa de proteção de informações sensíveis para garantir a segurança e a privacidade dos dados internos. Esta política é fundamental para proteger a propriedade intelectual e as informações estratégicas da empresa.

Embora a impossibilidade de aceder a esses documentos represente uma limitação, a pesquisa continua a ser robusta e significativa, através do uso de outras fontes de dados que foram mencionadas anteriormente como a observação, as anotações de campo, as fotografias e as entrevistas. Estas fontes alternativas permitiram uma análise abrangente e detalhada do fenómeno em estudo. Desta forma, os resultados apresentados têm como base a triangulação de dados entre as percepções dos participantes das entrevistas, a revisão da literatura e outros dados obtidos através, por exemplo, da observação.

A investigação seguiu rigorosamente os princípios éticos da pesquisa em ciências sociais. Todos os participantes foram devidamente informados sobre os objetivos do estudo, a natureza voluntária da sua participação. As entrevistas foram realizadas com base no

consentimento livre e esclarecido, sendo garantido o anonimato dos entrevistados que optaram por não ser identificados. Os dados recolhidos foram utilizados exclusivamente para fins académicos, assegurando-se a integridade e responsabilidade no seu tratamento e apresentação.

3 Estudo de Caso: Visteon Corporation

3.1 Apresentação da empresa

A Visteon é empresa líder mundial em eletrónica de *cockpit* automóvel, destacando-se no desenvolvimento de soluções tecnológicas inovadoras baseadas em *software* para o futuro da mobilidade. O seu portfólio diversificado inclui *cockpits* digitais, *displays* avançados, sistemas de gestão de baterias e eletrónica de potência para veículos elétricos, todos aprimorados com *software* de última geração e *Artificial Intelligence*.

De acordo com o Código de Atividade Económica (CAE), a Visteon dedica-se à atividade classificada como fabricação de produtos eletrónicos de consumo com o código numérico correspondente a 26400.

A visão da Visteon passa por liderar o futuro da mobilidade, desenvolvendo soluções que transformam veículos convencionais e elétricos, colaborando estreitamente com fabricantes automóveis globais para criar tecnologias de próxima geração.

Os seus valores incluem:

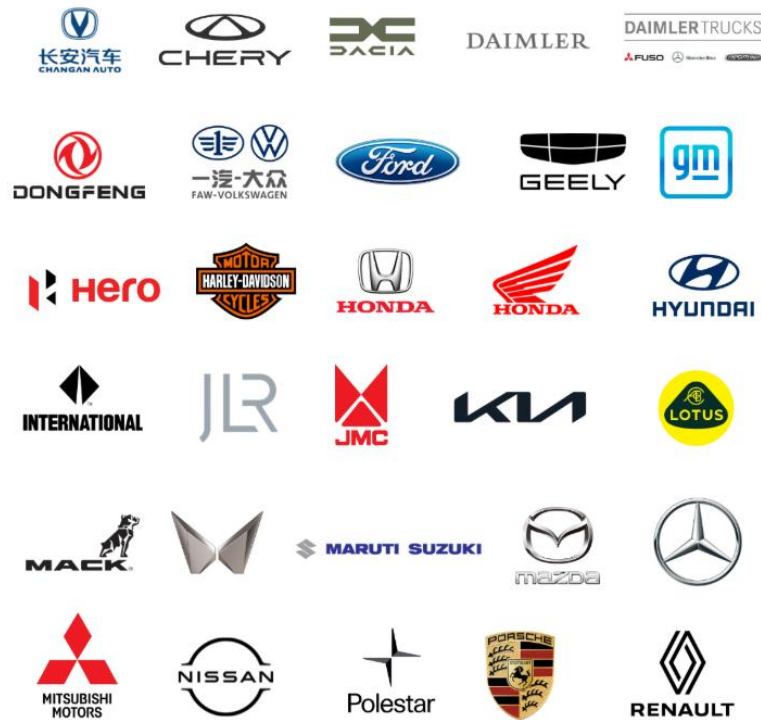
- Liderar pela frente: Empoderar as equipas para criar valor excecional para os clientes, mantendo-se envolvidos no planeamento e execução, resolvendo problemas de forma holística e tomando decisões sólidas.
- Inspirar mudanças: Criar visões claras apoiadas por estratégias práticas, buscar ideias inovadoras, comunicar honestamente e manter-se otimista sobre as possibilidades.
- Construir equipas fortes: Ajudar cada pessoa a utilizar os seus pontos fortes, dar voz a todos através de discussões abertas, colaborar além das fronteiras e valorizar perspetivas diferentes.
- Liderar o mercado: Conhecer profundamente a indústria, transformar tendências de mercado em oportunidades de negócio, questionar de forma desafiadora para mudar o jogo, aprender e adaptar-se continuamente ao que vem a seguir.

Além disso, a Visteon compromete-se com a sustentabilidade, promovendo a responsabilidade ambiental e social como valores fundamentais que impulsionam a inovação e moldam a cultura da empresa.

Com uma trajetória marcada pela inovação, desde a criação do primeiro controlador de domínio da indústria até o desenvolvimento de soluções premiadas, a Visteon continua a impulsionar avanços no mercado automóvel.

Fundada em 2000 e com sede em Van Buren Township, Michigan, EUA, a Visteon é uma empresa global de tecnologia automóvel que atende a quase todos os principais fabricantes de automóveis do mundo (Figura 2) como a Ford, a Honda, a Mercedes-Benz e a Porsche, sendo reconhecida pela sua inovação, liderando a indústria rumo a um futuro definido por *software* e eletrificação.

Figura 2 - Alguns parceiros da Visteon



Fonte: (Visteon, 2025)

Com uma rede global de centros técnicos, fábricas e centros de serviços compartilhados, a Visteon oferece *expertise* local e soluções personalizadas para atender às necessidades específicas dos clientes em todo o mundo (Figura 3).

Figura 3 - Presença global da Visteon



Fonte: (Visteon, 2025)

Em 2024, a Visteon lançou 95 novos produtos e conquistou US\$ 6,1 bilhões em novos negócios. A empresa continua a investir em inovação e sustentabilidade, com um forte compromisso com a responsabilidade social e ambiental. Com uma presença significativa em mais de 18 países, a Visteon está bem posicionada para liderar a transformação da indústria automóvel global.

A Visteon está na vanguarda da transformação digital, integrando tecnologias como *Internet of Things*, *Artificial Intelligence*, automação avançada e análise de dados em tempo real nas suas operações industriais, apresentando-se assim como uma empresa com o ambiente propício para o desenvolvimento desta investigação. A empresa tem investido significativamente na modernização das suas fábricas, adotando o conceito de “fábricas inteligentes”, onde sistemas ciberfísicos, sensores e algoritmos de *Machine Learning* trabalham de forma integrada para otimizar a produção, prever falhas e reduzir desperdícios. Essa abordagem permite uma produção mais flexível, eficiente e personalizada, sendo estas características centrais da Indústria 4.0.

Além disso, a Visteon oferece um contexto real e dinâmico para observar como essas tecnologias impactam diretamente os processos produtivos, desde a concepção de produtos até à sua montagem final.

3.2 Resultados e discussão

A tecnologia e a internet estão a mudar o mundo em que vivemos e trabalhamos. A forma como os produtos são fabricados não é exceção. Neste contexto, os resultados são apresentados com base na recolha de dados, nas perceções dos participantes e a revisão da literatura realizada.

Na Visteon, os processos produtivos evoluíram com o impulsionar da Indústria 4.0 e a presença da mesma pode ser resumida em quatro áreas principais, sendo elas a digitalização, o uso de *Big Data*, a robotização e a automação avançada e por fim, a gestão de materiais e entregas por *Automated Guided Vehicles (AGV)*.

A digitalização é essencial para a Indústria 4.0 criar a *Internet of Things*, essa interconetividade e uso de dados dentro e entre as diferentes plantas da Visteon permitem que a mesma crie um processo de fábrica contínuo e semelhante para todas as plantas para atender àquilo que são as expectativas dos seus clientes. Para todos os produtos e materiais da Visteon, códigos de barras são usados para registar e rastrear características críticas, permitindo assim que a Visteon consiga garantir os mais altos padrões de qualidade.

Através das *reels* - que são bobinas que contém microcomponentes eletrónicos organizados de forma contínua para serem utilizadas nas linhas de montagem -, é possível fazer a leitura do código de barras que consegue identificar quais os componentes presentes na *reel* e a que produto se destinam (Figura 4). Para além dessa informação, é também possível identificar o código de lote, data de fabrico e qual o fornecedor, para um melhor controlo de qualidade.

Figura 4 - Leitura de código de barras numa reel



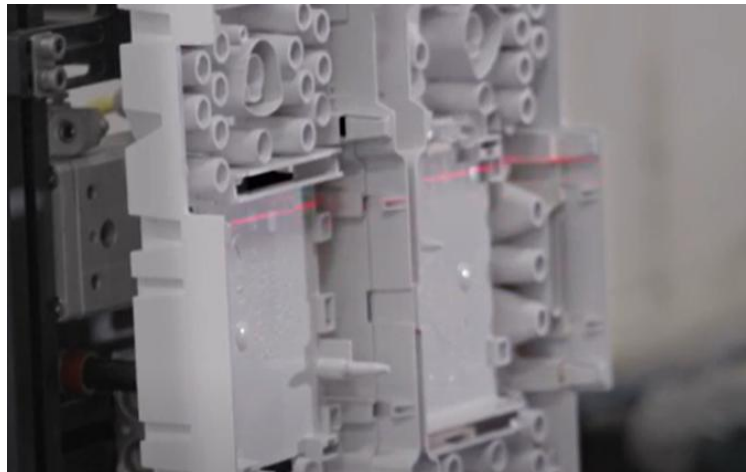
Fonte: A autoria própria, 2025

Além disso, a Visteon aplicou a inspeção automática de peças moldadas em plástico na produção em série com o processo de moldagem para aumentar a qualidade e a resposta

imediate às variações de desempenho. Tal processo pode ser visível na Figura 5, onde um *laser* vermelho inspeciona uma peça plástica. A inspeção automática de peças moldadas em plástico com laser vermelho é uma tecnologia usada para garantir a qualidade e a precisão dimensional das peças produzidas.

Conforme explica o Engenheiro de Processo entrevistado, “*A integração deste sistema de inspeção a laser permitiu-nos detetar variações dimensionais que antes só eram percebidas tardiamente, durante testes manuais ou mesmo na fase final do produto. Agora, conseguimos agir imediatamente, corrigindo a origem do problema no momento em que ele aparece. Isso representa um enorme ganho de tempo e qualidade.*”. Esta experiência prática demonstra de forma clara a relevância da detecção precoce de falhas, permitindo uma resposta imediata e evitando desperdícios associados a etapas posteriores da produção.

Figura 5 - Inspeção automática de peças moldadas em plástico



Fonte: Autoria própria, 2025

O sistema utiliza um laser vermelho, geralmente de baixa potência, para fazer *scan* à superfície das peças moldadas e identificar possíveis defeitos visuais ou estruturais. O *laser* permite medir com grande exatidão as dimensões da peça - a largura, a altura e a profundidade -, comparando-as com os valores de referência do projeto, sendo essencial para garantir a conformidade com as especificações técnicas. Estas inspeções são feitas em tempo real, sem necessidade de intervenção humana, aumentando assim a eficiência e a produtividade.

Este resultado vai ao encontro do que Korte et al. (2021), descrevem relativamente ao potencial da *Internet of Things* no controlo e monitorização, sublinhando a importância da recolha de dados em tempo real para a correção de desvios. Também Martins (2018), destaca

que a monitorização contínua melhora significativamente a qualidade do produto final, reduzindo falhas e aumentando a eficiência global do processo produtivo, o que converge diretamente com os ganhos de tempo e qualidade mencionados pelo entrevistado.

Além disso, a adoção de sensores integrados no processo produtivo confirma a tendência apontada por Boyes et al. (2018), no âmbito da *Industrial Internet of Things*, que visa precisamente a conexão de dispositivos e sistemas industriais para potenciar decisões operacionais mais rápidas e fundamentadas. Neste caso, o uso de inspeção a laser materializa essa lógica, permitindo não apenas a otimização da produção, mas também a criação de um ambiente industrial mais responsivo e competitivo.

A inspeção automática faz-se mostrar também quando falamos das *boards* - que são placas eletrónicas também conhecidas como *Printed Circuit Boards* (PCBs) que são a base do produto e são originadas através do processo de *Board Preparation* (BP) -, neste sentido, o sistema utilizado é a *Automated Optical Inspection* (AOI). Neste contexto, a AOI é uma etapa crucial no controle de qualidade industrial, permitindo identificar defeitos em PCBs de forma rápida e precisa, antes que estas sejam integradas em produtos finais.

No monitor apresentado na Figura 6 observa-se a palavra “*Good*” em destaque, indicando que a placa inspecionada passou nos critérios de qualidade estabelecidos pelo *software*. Ao redor do texto, pequenas marcas e padrões representam os pontos de verificação automática onde o sistema deteta defeitos potenciais, como soldas malfeitas, componentes ausentes, desalinhados ou com orientação incorreta. O algoritmo do AOI compara cada ponto da placa com um modelo ideal previamente definido, identificando discrepâncias com alta precisão.

Figura 6 - Resultado AOI



Fonte: Autoria própria, 2025

Neste contexto de crescente digitalização, destaca-se a importância da implementação de sistemas que possam corresponder às necessidades e expectativas, como o MES. O MES atua como uma ponte entre o planejamento da produção e a execução no chão de fábrica, permitindo a recolha, monitorização e análise de dados em tempo real.

Pelo próprio *Final Assembly (FA) Area Manager* associado à produção da Visteon, “O MES transforma completamente a forma como gerimos a produção. Temos uma visão global e em tempo real da fábrica, com rastreabilidade total dos materiais. Isso não só melhora a eficiência, mas também aumenta a nossa capacidade de resposta às exigências do cliente.”. Este testemunho reflete a centralidade que o sistema assume na coordenação da produção, garantindo transparência em cada etapa e permitindo uma resposta ágil às flutuações do mercado. Para além disso, realça a utilidade do sistema na deteção imediata de falhas ou quebras de desempenho, assegurando a manutenção dos indicadores de produtividade.

A literatura aponta precisamente para esta função central do MES na transformação digital das operações industriais, atuando como camada de integração entre os sistemas empresariais e o chão de fábrica (Dieguez et al., 2025). Ao permitir recolha, monitorização e análise em tempo real, o sistema torna-se essencial na eliminação de ineficiências e na melhoria contínua da qualidade (Liu & Li, 2023).

Na Visteon, a integração do MES permite não só o controlo rigoroso de cada etapa do processo produtivo, como também a rastreabilidade completa dos materiais e produtos, desde a entrada de componentes até à expedição final. Para isso, a Visteon adaptou o sistema para as suas necessidades e como tal dispõe atualmente do módulo CIM enquanto módulo principal que reúne todas as funcionalidades necessárias (Figura 7) tendo em conta a empresa:

- *Configuration*, que significa em português, configuração. Esta funcionalidade é dedicada à configuração estrutural da planta de produção onde são definidos os elementos que compõem o ambiente fabril, desde as áreas de produção, linhas de montagem, grupos de operação e operações específicas até às sequências de estações pelas quais o produto deve passar, a definição dos componentes e respetivos modelos e, por fim, pela configuração dos formatos de códigos de barras usados.

- *Options*, que se traduz para opções. Aqui a possibilidade existente é o *relabel*, que tem como função reimprimir etiquetas quando existe necessidade de substituição das primeiras *labels* que foram criadas, impressas e coladas aos produtos.

- *Applications*, que diz respeito àquilo que são as aplicações. Esta funcionalidade divide-se entre operadores e linha, na medida em que, a primeira interface é uma visão simplificada

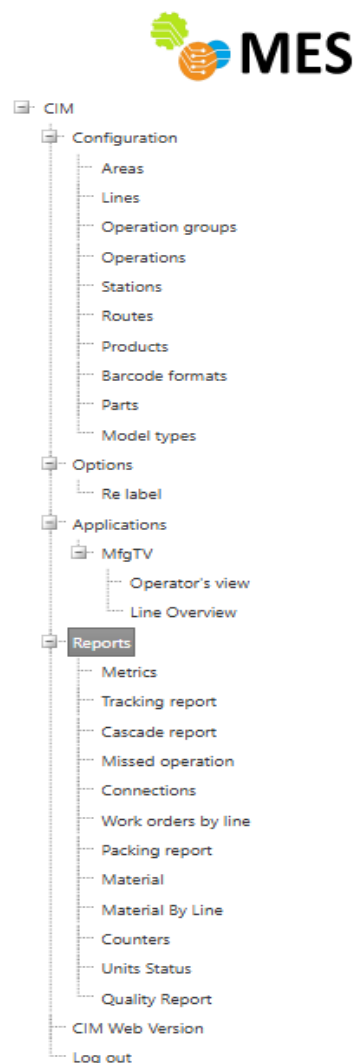
e interativa das tarefas a ser executadas pelos operadores e a segunda interface é uma visão geral do status da linha de produção, onde se podem observar os indicadores em tempo real.

- *Reports*, que permite extrair relatórios e análises importantes, desde *Key Performance Indicators* (KPI) até dados associados a qualidade.

- *CIM Web Version*, que permite aceder à versão Web para consultar os dados de forma remota.

- *Log out*, enquanto opção para sair do sistema com segurança.

Figura 7 - Funcionalidades do MES



Fonte: Autoria própria, 2025

A literatura recente também destaca que a integração entre MES e CIM proporciona ganhos tangíveis na produtividade e na redução de erros humanos, graças à automação e à

padronização dos processos (Sahoo & Lo, 2022). Esta dimensão é visível na experiência da empresa, que recorre ao CIM para garantir consistência operacional e ao mesmo tempo flexibilidade para ajustar rotas de produção ou gerir modelos distintos de produto, em linha com as tendências de customização e agilidade exigidas pelo setor automóvel.

Segundo o Engenheiro de Processo da Visteon, “*A visualização clara dos dados no módulo das aplicações ajuda-nos a tomar decisões técnicas quase em tempo real. Se há uma queda no desempenho ou uma falha de qualidade, o sistema mostra logo onde está o problema, e conseguimos intervir rapidamente. Isto tem sido fundamental para mantermos os nossos KPIs dentro do esperado.*”

Este sistema é então fundamental para garantir a consistência da produção, a conformidade com os padrões de qualidade e a capacidade de resposta rápida a qualquer desvio ou anomalia, consolidando assim a digitalização como um pilar estratégico da Indústria 4.0.

O papel do MES não se limita à digitalização, quando implementado de forma mais avançada, o MES também pode ser uma fonte rica de *Big Data*. Tal pode ser porque o sistema recolhe continuamente grandes volumes de dados provenientes de máquinas, sensores, operadores e sistemas de qualidade e estes dados incluem, por exemplo, tempos de ciclo, paragens de máquina, consumo de energia, taxas de defeitos, entre outros. Quando estes dados são armazenados, tratados e analisados com ferramentas analíticas ou de inteligência artificial, o MES passa a desempenhar também um papel no ecossistema de *Big Data* industrial.

Outro aspeto relevante é o papel do MES como fonte de dados para análise avançada. A recolha contínua de informação proveniente de máquinas, sensores e operadores abre caminho à aplicação de técnicas de *Big Data* e *Artificial Intelligence*, transformando o sistema numa plataforma de suporte à tomada de decisão preditiva (Amaral et al., 2020). A integração desta capacidade com os relatórios e indicadores disponibilizados em tempo real fortalece a capacidade analítica da gestão e contribui para uma resposta mais ágil a desvios internos ou variações de mercado (Nurdiyanto & Kindiasari, 2024).

Apesar da existência destas ferramentas, foi “(...) *necessário desenvolver competências técnicas e digitais (...)*” e para além disso, “*A formação contínua tornou-se uma prioridade estratégica*” – tal como partilha o *Final Assembly Area Manager*. Portanto, a adaptação interna do sistema e a necessidade de formação contínua, apontadas pelo *Final Assembly Area Manager*, remetem para os desafios identificados por Bianchini et al. (2024), segundo os quais a capacitação dos recursos humanos é decisiva para o sucesso da implementação de tecnologias digitais em contexto industrial. Assim, a experiência da Visteon confirma não

apenas os benefícios associados à monitorização inteligente e à rastreabilidade digital, mas também evidencia que o valor estratégico destas soluções depende do investimento paralelo em competências técnicas e na integração adequada aos fluxos de produção existentes.

O uso de *Big Data* está presente, a nível global, nas operações da Visteon, com o objetivo de otimizar a eficiência e apoiar a alocação de recursos. Para além disso, permite monitorizar, resolver e prevenir problemas, o que auxilia as equipas de manutenção a compreender e solucionar determinadas situações, ao proporcionar uma visão sobre o desempenho passado e o histórico de manutenção.

Durante o processo de produção em *Board Preparation*, a Visteon disponibiliza ecrãs em todas as linhas que permite monitorizar as mesmas através de uma das suas métricas, que é a métrica First Time Through (FTT). A métrica FTT % corresponde à percentagem de peças que passam sem erros no processo de produção. Esta métrica é segmentada em três fases distintas: *Top*, *Bottom* e *Test*.

- O *Top* corresponde à primeira etapa da linha de produção, onde são montados os componentes de menor dimensão na *board*.
- O *Bottom* refere-se à segunda fase, dedicada à inserção dos componentes de maior dimensão na *board*.
- O *Test* representa a fase final, na qual são realizados os testes funcionais à *board* antes desta avançar para o processo seguinte de montagem de *Final Assembly*.

De acordo com o Engenheiro de Processo, “*A segmentação da métrica FTT nas três fases do processo é essencial para o nosso trabalho. Com os dados atualizados hora a hora, conseguimos perceber exatamente onde está a ocorrer uma queda de eficiência e intervir quase de imediato. Isto não só reduz o tempo de paragem como melhora significativamente a qualidade final do produto.*”. Esta prática corrobora a ideia de que o valor da *Big Data* reside na sua capacidade de gerar informação acionável a partir de fluxos massivos de dados, transformando-os em conhecimento estratégico (Freund et al., 2019).

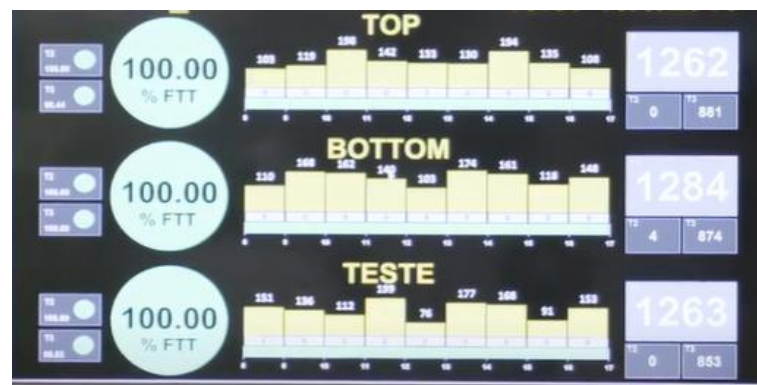
Os resultados obtidos na Visteon evidenciam benefícios tangíveis: aumento da produtividade, redução de desperdícios e maior capacidade de resposta a problemas operacionais, aspetos que coincidem com o que a literatura descreve como vantagens da integração de *Big Data* na Indústria 4.0 (Munhoz et al., 2024). A monitorização contínua do FTT, segmentada por fases, é um exemplo concreto da aplicação prática das dimensões velocidade e veracidade da *Big Data*, permitindo análises fiáveis e imediatas (Jahani et al., 2023).

Esta divisão em três partes permite um controlo mais rigoroso do processo, facilitando a identificação de falhas e a localização precisa da etapa que necessita de intervenção, especialmente quando os valores de FTT estão abaixo dos 100%. Um valor de 100% indica que todas as peças produzidas nesse intervalo passaram sem erros.

A análise é feita hora a hora, o que permite uma monitorização minuciosa e uma resposta rápida a qualquer anomalia. Cada coluna no ecrã representa um intervalo horário, indicando o número de peças produzidas nessa hora, enquanto o total acumulado é apresentado a azul no lado direito do ecrã, visível através da Figura 8.

“As melhorias mais visíveis foram o aumento da produtividade, a redução de desperdícios e a melhoria da qualidade. A capacidade de resposta a problemas operacionais também melhorou, graças à visibilidade em tempo real dos dados de produção.” – tal como explica o *Final Assembly Area Manager*.

Figura 8 - Ecrã com métrica FTT



Fonte: Autoria própria, 2025

Alguns desenvolvimentos futuros neste campo incluirão alertas para um determinado grupo de pessoas, consideradas essenciais ou as chamadas *key persons*, para quando um equipamento estiver fora daquilo que é a sua tolerância otimizada. Para além do alerta, serão fornecidos dados sobre o desempenho do equipamento e ainda recomendações de diagnóstico de forma que seja mais fácil de apurar a causa do problema. Estes desenvolvimentos são essenciais para que a Visteon continue no caminho de melhorar a qualidade dos seus produtos e aponta para um avanço no sentido da manutenção preditiva, destacada como uma das principais aplicações no contexto industrial moderno (Schiavon et al., 2019).

A Indústria 4.0 é evolutiva e utiliza processos de fabricação autónomos, automação inteligente e conectividade para otimizar o ambiente de fábrica onde são produzidos os

produtos, como tal, para além do que foi mencionado, a visão da Visteon passa por incorporar o uso de Big Data naquilo que é o controlo de temperatura, humidade e iluminação.

A robotização e a automação avançada das linhas tem sido também algo central nas operações desenvolvidas, presentes na produção sequencial, na deteção automática, na análise automática, no ajuste automático e na rejeição, permitindo assim que os processos evoluam e se desenvolvam continuamente na Visteon.

Segundo a Operadora da Linha, *“Com os braços robóticos conseguimos manter uma qualidade constante nas soldaduras de CHIP, mesmo nas tarefas mais minuciosas. Qualquer desvio pode comprometer o produto por isso o apoio da máquina faz a diferença, e nós aqui na linha conseguimos focar-nos noutras etapas do processo com mais confiança e segurança.”*

Nesta empresa, os braços robóticos da ABB fazem parte do processo e possibilitam a execução de tarefas de alta precisão e repetibilidade, como os processos que envolvem CHIP na fase de BP (Figura 9), reduzindo significativamente a incidência de erros humanos.

Apesar das mais valias com o uso destes braços robóticos, existiu *“(...) alguma resistência, principalmente por medo de não conseguir acompanhar as mudanças mas também havia robots a substituir pessoas e criou-se o medo de perder o emprego (...)”* de acordo com aquilo que partilha a Operadora da Linha. Essa perceção encontra eco na literatura, onde são sublinhadas as implicações éticas e laborais da *Artificial Intelligence*, sobretudo no impacto sobre a empregabilidade e na necessidade de desenvolver competências que permitam aos trabalhadores coexistirem com sistemas inteligentes (Khoei et al., 2023).

Figura 9 - Braços robóticos para processos com CHIP



Fonte: Autoria própria, 2025

A importância destes *robots* em processos produtivos torna-se ainda mais evidente quando consideramos os microcomponentes envolvidos, o que exige um nível de precisão e controlo que nenhum processo manual ou analógico conseguiria alcançar com a mesma eficiência e confiabilidade.

De acordo com o Engenheiro de Processo, “*Quando se trabalha com componentes tão pequenos e sensíveis, qualquer desvio, por mínimo que seja, pode comprometer toda a montagem. Os braços robóticos oferecem uma repetibilidade que simplesmente não é possível alcançar com intervenção manual. Desde que foram integrados, a taxa de rejeição caiu significativamente.*”. Esta abordagem está em consonância com o papel atribuído à *Artificial Intelligence* e ao *Machine Learning*, que permitem que sistemas automatizados não apenas executem tarefas com rigor, mas também ajustem os seus parâmetros continuamente com base na experiência acumulada (Sachini et al., 2022).

A qualidade é uma diretiva constante da Visteon e por isso, a presença destes robots faz a diferença, permitindo que os operadores de linha se possam “(...) *focar noutras etapas do processo com mais confiança e segurança* (...)” – consoante partilha a Operadora de Linha.

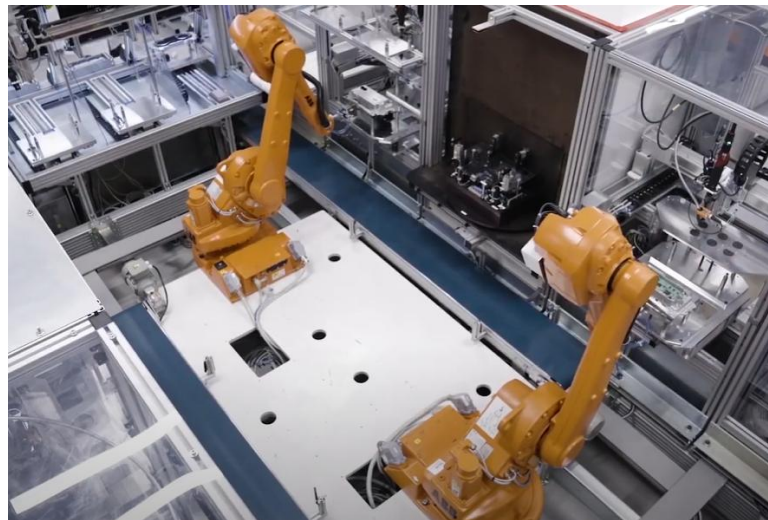
Para além dos braços robóticos que manuseiam os microcomponentes, na Visteon, os braços robóticos estão presentes noutras estações das linhas de montagem, para manuseio de placas eletrónicas PCBs (Figura 10). Estes *robots* são utilizados para transportar as placas entre diferentes estações de produção - como máquinas de soldadura, inspeção ótica e testes funcionais - com alta precisão e repetibilidade. Ao substituir tarefas manuais repetitivas, os *robots* garantem maior eficiência, consistência e segurança no processo produtivo.

Um aspeto diferenciador encontra-se na integração destes sistemas ao MES, o que possibilita a rastreabilidade completa de cada operação e o acesso a dados em tempo real sobre a movimentação e o desempenho dos equipamentos. Essa articulação entre robótica e sistemas digitais ilustra a evolução para um modelo de produção em que a *Artificial Intelligence* desempenha um papel mediador, permitindo não apenas a execução de tarefas físicas, mas também a análise, a deteção de padrões e a adaptação contínua (Pinto, 2020). À medida que mais dados são recolhidos e processados, os sistemas tornam-se capazes de otimizar trajetórias, reduzir microparagens e antecipar necessidades de manutenção, refletindo a natureza adaptativa que caracteriza os algoritmos de aprendizagem automática (Khoei et al., 2023).

Contudo, o avanço destas soluções também levanta desafios relacionados com a qualidade dos dados que alimentam os modelos, com a infraestrutura tecnológica necessária ao seu funcionamento e com os debates éticos sobre a automação e a substituição de funções

humanas. Assim, a experiência da Visteon demonstra que a incorporação da AI e da robótica deve ser entendida como parte de um processo mais amplo, que exige tanto inovação tecnológica como políticas organizacionais que assegurem uma transição equilibrada no papel desempenhado pelos trabalhadores (Sachini et al., 2022).

Figura 10 - Braços robóticos para manuseamento de placas



Fonte: Autoria própria, 2025

Além dos braços robóticos utilizados nas estações de montagem, a Visteon recorre também a sistemas autónomos de transporte interno, como os AGVs. Enquanto os braços robóticos automatizam operações fixas em células produtivas, os *Automated Guided Vehicles* são responsáveis pela movimentação inteligente de materiais entre diferentes áreas da fábrica, conetando postos de trabalho e assegurando o fluxo contínuo de produção.

De acordo com a Operadora de Linha, os *Automated Guided Vehicles* são uma ajuda ao seu trabalho na medida em que *“Antes perdíamos muito tempo à espera de material, especialmente durante os turnos mais movimentados. Agora, com os AGVs a fazerem o transporte automático, o material chega sempre a tempo, e eu consigo manter o ritmo sem interrupções. Facilitou muito o nosso dia a dia.”*

O modelo da Figura 11 apresenta características típicas de *Automated Guided Vehicles* modernos como o *design* compacto, navegação inteligente por sensores e câmaras, painel de controlo digital e tem integração com sistemas de gestão como o MES.

Figura 11 - Abastecimento de Reels por AGV



Fonte: Autoria própria, 2025

Este tipo de *robot* móvel navega com base em mapas digitais da planta industrial, utilizando câmaras 3D e sensores de proximidade que permite que ele se mova de forma segura e eficiente entre estações, desviando-se automaticamente de obstáculos e interagindo com outros equipamentos ou operadores na Visteon.

Entre os principais benefícios da utilização deste AGV, destaca-se a redução significativa dos tempos de transporte entre estações e áreas de armazenamento, que era feito por operadores e empilhadores, o que contribui diretamente para a eficiência global da linha de produção. Além disso, a eliminação de erros humanos em tarefas logísticas repetitivas assegura maior fiabilidade e consistência no abastecimento de materiais.

Conforme confirma o Final Assembly Area Manager “A introdução dos AGVs permitiu-nos otimizar o fluxo logístico interno e reduzir desperdícios operacionais. Além de melhorar a eficiência, conseguimos também aumentar a segurança na fábrica e garantir um abastecimento mais fiável e sincronizado com as necessidades da produção.”

Estes resultados encontram sustentação no enquadramento da *Artificial Intelligence*, uma vez que os *Automated Guided Vehicles* operam com base em algoritmos que analisam dados em tempo real, identificam padrões no ambiente e ajustam autonomamente as suas decisões de navegação (Pinto, 2020). Trata-se de sistemas concebidos para executar funções específicas - neste caso, a logística interna - que, com o apoio do *Machine Learning*, conseguem melhorar o seu desempenho de forma contínua à medida que processam e interpretam novos dados (Sachini et al., 2022).

Estes veículos operam de forma contínua, 24 horas por dia, sem interrupções ou fadiga, permitindo o abastecimento sincronizado com o ritmo da produção e evitando paragens não planeadas. A sua flexibilidade operacional é outro fator relevante, já que permite a rápida

reconfiguração das rotas em função de alterações nos *layouts* da planta fabril, adaptando-se com facilidade às dinâmicas da fábrica. Acrescenta-se a capacidade de rastreabilidade e integração total com o sistema MES, registando em tempo real todas as entregas, recolhas e deslocações, o que reforça o controlo e a transparência do processo logístico.

Este tipo de automação contribui não só para uma logística mais eficiente, como também para um ambiente de produção mais limpo, seguro e organizado, reduzindo a necessidade de empilhadores manuais ou de movimentações humanas frequentes em áreas críticas.

É também possível encontrar outros modelos AGV a operar pela Visteon, como é visível através da Figura 12. Este diferencia-se dos modelos compactos e autónomos de pequena escala por ser um AGV de reboque ou com capacidade de tração de carrinhos.

Este tipo de veículo é projetado para transportar grandes volumes de materiais em carrinhos acoplados, como se observa na imagem, onde o *Automated Guided Vehicle* está a rebocar um carrinho metálico com múltiplas caixas de transporte que, neste caso, contém o produto final pronto para ser armazenado.

Este *Automated Guided Vehicle* é particularmente vantajoso para operações de abastecimento em massa de várias linhas de produção, otimizando o fluxo interno e reduzindo o número de viagens necessárias. Em vez de vários operadores transportarem manualmente pequenas cargas entre o armazém e as células de montagem, o AGV realiza o percurso de forma automática, segura e eficiente, com rotas pré-definidas ou dinâmicas adaptadas em tempo real, muitas vezes guiado por sensores, visão artificial ou marcações no chão - visíveis na imagem como linhas amarelas.

Figura 12 - AGV com reboque



Fonte: Autoria própria, 2025

Na Visteon, este tipo de *Automated Guided Vehicle* permite integrar o sistema de abastecimento com o MES, garantindo que cada carrinho transporta os materiais certos, no momento certo e para a estação correta, com registo digital de entregas, rastreabilidade e controlo de inventário em tempo real. Além disso, melhora a ergonomia dos operadores – uma vez que esta tarefa deixa de ser desempenhada por eles e agora têm apenas de carregar os próprios carrinhos -, reduz o tráfego manual no chão de fábrica e minimiza erros logísticos.

A utilização de sensores, visão artificial e rotas dinâmicas reforça o carácter inteligente destes veículos, que já não se limitam a executar instruções fixas, mas são capazes de reconhecer padrões no ambiente, ajustar percursos e tomar decisões operacionais de forma autónoma (Pinto, 2020). Estes aspetos aproximam o seu funcionamento do que a literatura descreve como sistemas de AI orientados para tarefas específicas, que, quando combinados com o *Machine Learning*, conseguem melhorar progressivamente o desempenho à medida que processam mais dados (Khoei et al., 2023).

Em conjunto com os braços robóticos, os AGVs consolidam o ecossistema de automação da Visteon, assegurando que os materiais certos chegam ao destino exato no momento oportuno, com reduzida intervenção humana - condição essencial para a concretização do conceito de fábrica inteligente. A integração destes sistemas evidencia uma abordagem orientada para a eficiência, a sincronização dos fluxos produtivos e a redução de falhas operacionais, aspetos que a literatura sobre Indústria 4.0 destaca como determinantes para a criação de ambientes produtivos inteligentes e resilientes (Pinto, 2020).

Contudo, a adoção destas tecnologias não ocorreu sem obstáculos. De acordo com o *Final Assembly Area Manager*, “os principais desafios enfrentados foram a gestão da mudança cultural, a necessidade de investimento inicial elevado e a adaptação dos processos existentes às novas tecnologias. A escassez de talento técnico também foi um fator limitador, que exigiu uma estratégia de formação interna robusta.”. Esta perspetiva encontra eco na revisão teórica, onde é reiterado que a implementação da Indústria 4.0 não se limita ao investimento em equipamentos, mas implica igualmente profundas mudanças culturais e organizacionais (Sachini et al., 2022).

As contribuições do Engenheiro de Processo e da Operadora de Linha acrescentam uma dimensão prática a este enquadramento, ao sublinharem preocupações constantes com a cibersegurança e com a escassez de profissionais qualificados. Tal constatação vai ao encontro do que a literatura identifica como entraves recorrentes na transformação digital: a vulnerabilidade a ataques cibernéticos, a necessidade de dados de qualidade para treinar sistemas inteligentes e a carência de competências técnicas adequadas (Pinto, 2020). Face

a estas limitações, reforça-se a relevância de programas contínuos de capacitação e da promoção de uma cultura organizacional adaptativa, capaz de acompanhar o ritmo acelerado da inovação tecnológica.

Assim, a experiência da Visteon evidencia que a Indústria 4.0 não se restringe à adoção de ferramentas digitais, mas exige igualmente a transformação das práticas de gestão, o desenvolvimento de novas competências nos colaboradores e uma mentalidade organizacional aberta à mudança - fatores que a literatura aponta como indispensáveis para a competitividade sustentável na era digital (Khoei et al., 2023). Compreendendo a Indústria 4.0 como um processo que ultrapassa a dimensão tecnológica e abrange aspetos humanos, organizacionais e estratégicos, torna-se pertinente recorrer a uma análise SWOT (*Strengths Weaknesses Oportunities Threats*) para sintetizar o impacto global desta transformação na Visteon. Esta ferramenta permite identificar as forças (*strengths*) e fraquezas (*weaknesses*) internas, bem como as oportunidades (*oportunities*) e ameaças (*threats*) externas associadas à implementação das tecnologias digitais, oferecendo uma visão integrada sobre o grau de maturidade e os desafios da empresa na era digital (*Tabela 2*).

Tabela 2 - Análise SWOT

Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> • Integração avançada de sistemas digitais que asseguram rastreabilidade e controlo em tempo real; • Automação e robotização que aumentam a precisão, reduzem erros e otimizam a eficiência produtiva; • Gestão de dados e análise <i>Big Data</i> que suportam decisões rápidas e baseadas em evidências. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistência inicial à mudança e receio de substituição tecnológica por parte dos colaboradores; • Escassez de profissionais com competências digitais especializadas. • Elevados custos iniciais de investimento em tecnologias e infraestrutura; • Necessidade contínua de atualização tecnológica e de formação interna.
Oportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> • Expansão das práticas de Indústria 4.0 para outras áreas produtivas; • Reforço da competitividade e da reputação como fábrica digital de referência; • Maior eficiência energética e sustentabilidade através da automação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do risco de cibersegurança devido à elevada conectividade; • Obsolescência rápida de equipamentos e sistemas digitais; • Pressão por retorno financeiro rápido que pode limitar novos investimentos.

Fonte: Autoria própria, 2025

Conclusões

A presente investigação teve como objetivo central analisar os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos, a partir da perspectiva interna da Visteon Corporation, uma empresa de referência no setor automóvel que se encontra na vanguarda da transformação digital. Num contexto marcado pela convergência entre o mundo físico e digital, a Indústria 4.0 representa uma revolução paradigmática nos sistemas de produção, caracterizada pela integração de tecnologias emergentes como a *Internet of Things*, *Big Data*, *Artificial Intelligence*, sistemas de execução de manufatura (MES), automação avançada, robótica colaborativa e veículos autónomos. Esta nova era industrial redefine não apenas os métodos de produção, mas também os modelos de gestão, as competências exigidas aos trabalhadores e as dinâmicas organizacionais.

A escolha da Visteon como estudo de caso foi fundamentada na sua forte orientação para a inovação, na sua presença global e na sua atuação estratégica como fornecedora de soluções eletrónicas para o setor automóvel. A empresa apresenta um ambiente propício à implementação das tecnologias da Indústria 4.0, com fábricas inteligentes, sistemas ciberfísicos, sensores interconetados e algoritmos de *Machine Learning* que operam de forma integrada para otimizar a produção, prever falhas e reduzir desperdícios. A investigação adotou uma abordagem qualitativa, sustentada por entrevistas semiestruturadas, observação direta, anotações de campo e registo fotográfico, permitindo uma análise holística e contextualizada da realidade produtiva da empresa.

Atendendo aos objetivos específicos da investigação e para dar resposta ao objetivo de analisar o estado atual da adoção de tecnologias resultantes da Indústria 4.0 nos processos produtivos, pode-se concluir que os resultados obtidos revelam que a Indústria 4.0 tem provocado uma transformação profunda e multifacetada nos processos produtivos da Visteon, com impactos significativos em áreas diferentes. A digitalização, alicerçada na IoT, permitiu à empresa implementar um sistema de rastreabilidade rigoroso e em tempo real, através da leitura de códigos de barras em *reels* e componentes, garantindo o controlo de lote, origem, data de fabrico e fornecedor. Esta prática assegura elevados padrões de qualidade, facilita a identificação de falhas e permite uma tomada de decisão imediata e baseada em dados concretos. A inspeção automática de peças moldadas em plástico, com recurso a *laser* vermelho, representa um avanço tecnológico que permite medições precisas e correções instantâneas, contribuindo para a melhoria contínua da qualidade.

A robotização e automação avançada está presente em diversas fases da produção, com destaque para os braços robóticos utilizados na soldadura de CHIP e no manuseamento de

placas eletrônicas (PCBs). Estes equipamentos garantem precisão, repetibilidade e redução de erros humanos, sendo especialmente eficazes na manipulação de microcomponentes. A integração dos *robots* com o sistema MES permite uma rastreabilidade total das operações, reforçando a consistência e a segurança do processo produtivo. A presença dos *Automated Guided Vehicles* na logística interna representa uma inovação significativa, permitindo o transporte autónomo de materiais entre diferentes áreas da fábrica, com navegação inteligente, integração com o MES e registo digital de entregas. Estes veículos contribuem para a fluidez dos fluxos logísticos, a redução de tempos de espera e a eliminação de tarefas repetitivas, melhorando a ergonomia dos operadores e aumentando a eficiência global da produção. Os resultados descritos permitem atender ao objetivo específico de identificar os benefícios percebidos pela implementação da Indústria 4.0.

Atendendo ao objetivo de avaliar o impacto da Indústria 4.0 na tomada de decisões, é possível afirmar que a gestão de dados, através do MES e do módulo CIM, revelou-se um dos pilares da transformação digital na Visteon. O sistema permite configurar a planta de produção, monitorizar em tempo real o desempenho das linhas, extrair relatórios de KPI e aceder remotamente aos dados. A métrica FTT, segmentada em *Top*, *Bottom* e *Test*, é utilizada para avaliar a eficiência da produção hora a hora, permitindo intervenções rápidas e precisas. Esta abordagem baseada em dados tem contribuído para a melhoria da qualidade, a redução de desperdícios e o aumento da produtividade. A recolha e análise de grandes volumes de dados - *Big Data* - têm permitido à empresa antecipar falhas, ajustar processos e tomar decisões estratégicas com base em evidências concretas, reforçando a capacidade analítica e a agilidade operacional.

Para sustentar o objetivo de explorar os desafios e barreiras na implementação das ferramentas associadas à Indústria 4.0, é possível concluir que apesar dos benefícios evidenciados, a investigação também identificou desafios significativos que acompanham a implementação da Indústria 4.0. A resistência à mudança por parte dos colaboradores, motivada pelo receio da substituição por máquinas e pela dificuldade em acompanhar a evolução tecnológica, constitui um obstáculo relevante. A escassez de profissionais com competências técnicas específicas exigiu à empresa a implementação de estratégias de formação interna robustas, com foco na capacitação digital e na adaptação às novas ferramentas. A cibersegurança surgiu como uma preocupação constante, dada a interconetividade dos sistemas e o risco de ataques virtuais que podem comprometer dados industriais, segredos comerciais e a operação da fábrica. Os elevados custos iniciais de investimento também foram apontados como barreiras à implementação plena das tecnologias da Indústria 4.0, exigindo uma gestão financeira estratégica e uma visão de longo prazo.

Do ponto de vista acadêmico, esta investigação contribui para o aprofundamento do conhecimento sobre a Indústria 4.0, ao articular teoria e prática e ao evidenciar os impactos reais da digitalização nos processos produtivos. A experiência da Visteon demonstra que a transformação digital não é apenas uma questão tecnológica, mas sim uma mudança multidimensional que envolve aspectos organizacionais, humanos, culturais e estratégicos. A investigação reforça a importância da adaptação tecnológica como fator crítico de competitividade, sustentabilidade e inovação no setor industrial.

Enquanto limitações desta investigação, aponta-se que o mesmo foi conduzido tendo como base apenas uma empresa - o que restringe a diversidade de contextos analisados – e as entrevistas realizadas contam com apenas três participantes, número reduzido intencionalmente para não interferir no funcionamento do meio fabril – o que reduz a representatividade – tornando a generalização de resultados difícil para outras organizações, sendo importante referir que estas conclusões refletem o caso específico estudado.

Para futuras investigações, sugere-se a realização de estudos comparativos entre empresas de diferentes setores e geografias, com vista à identificação de padrões e especificidades na adoção das tecnologias da Indústria 4.0. A análise longitudinal dos impactos da digitalização, acompanhando a evolução dos processos ao longo do tempo, poderá oferecer *insights* valiosos sobre a sustentabilidade das mudanças implementadas. A investigação sobre os efeitos da automação no bem-estar dos trabalhadores, bem como o papel da liderança na gestão da inovação, constituem também áreas promissoras para aprofundamento.

A Visteon tem adotado uma abordagem estratégica ao implementar *Machine Learning* e *Artificial Intelligence* na validação automável, evidenciando como essas tecnologias transformam processos críticos de qualidade e eficiência. Do ponto de vista da empresa, a AI não é apenas uma ferramenta de automatização, mas um pilar para a inovação e a tomada de decisão baseada em dados, permitindo resultados mais precisos, consistentes e confiáveis.

Os sistemas de *Machine Learning* aplicados pela Visteon permitem otimizar os ciclos de validação, identificar padrões e detetar anomalias de forma mais eficiente do que os métodos tradicionais. A tecnologia facilita a inspeção de componentes complexos e a análise de grandes volumes de dados, garantindo maior precisão, rastreabilidade e segurança no processo produtivo.

A empresa integra diferentes técnicas de *Artificial Intelligence*, incluindo algoritmos de visão computacional e métodos avançados de análise de dados, para apoiar decisões operacionais e melhorar continuamente os processos. Esta abordagem permite antecipar

problemas antes que afetem a produção, fortalecendo a eficiência e a qualidade em toda a linha de produção

Para a Visteon, a AI é vista como uma ferramenta complementar ao trabalho humano, fornecendo informações acionáveis e suporte à decisão, em vez de substituir operadores. Isso permite que os colaboradores se concentrem em tarefas estratégicas, no aperfeiçoamento dos processos e na inovação contínua.

A integração da *Artificial Intelligence* com sistemas de produção, como MES e AGVs, cria um ecossistema de fábrica inteligente, coordenado e adaptativo. Deste modo, a perspectiva da Visteon evidencia que a AI é um facilitador da eficiência, qualidade e inovação, que promove operações industriais mais confiáveis e preparadas para responder rapidamente às exigências do mercado.

Em suma, esta investigação reforça a ideia de que a Indústria 4.0 representa uma oportunidade estratégica para as empresas que pretendem manter-se competitivas num mercado globalizado e exigente. A experiência da Visteon evidencia que, com visão, investimento e envolvimento das pessoas, é possível transformar os desafios da digitalização em vantagens operacionais, organizacionais e sociais, contribuindo para uma indústria mais inteligente, eficiente, resiliente e sustentável. Mostra ainda que a robotização não deve ser entendida apenas como uma ferramenta de eficiência, mas também como um catalisador de transformação organizacional. A aceitação dos sistemas depende tanto do seu desempenho técnico como da forma como a empresa consegue gerir a adaptação dos recursos humanos, investindo em formação e em novas formas de colaboração entre pessoas e máquinas.

Referências bibliográficas

- Alexandros Bousdekis, Katerina Lepenioti, Dimitris Apostolou, & Gregoris Mentzas. (2022). Data analytics in quality 4.0: literature review and future research directions. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 678–701.
- Almada-Lobo, F. (2015). The industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). *Journal of Innovation Management*, pp. 16-21.
- Amaral, Í. R., Shwarzer, E., & Cleto, M. G. (2020). Gêmeos Digitais e Indústria 4.0: uma síntese de estudos de caso. *CONBREPRO*, 1-12.
- Avdibasic, E., Toksanovna, A. S., & Durakovic, B. (2022). Cybersecurity challenges in Industry 4.0: A state of the art review. *ARDA*, 32-49.
- Bagnoli, C., Albarelli, A., Biazzo, S., Biotto, G., Marseglia, G. R., Massaro, M., . . . Troiano, L. (2022). *Digital Business Models for Industry 4.0*. Springer International Publishing.
- Bardin, L. (1977). *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Barros, E. d. (2021). *Estudo de Vulnerabilidade em Dispositivos IoT TCP/IP*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Bazigu, A., & Mwebaze, J. (2025). *A Framework for IoT-Enabled Smart Manufacturing for Energy and Resource Optimization*. Uganda: Faculty of Science and Technology.
- Benfriha, K., El-Zant, C., Charrier, Q., Bouzid, A.-H., Wardle, P., Belaidi, I., . . . Aoussat, A. (2021). Development of an advanced MES for the simulation and optimization of industry 4.0 process. *Edp sciences*, 1-13.
- Bianchini, B. M., Silv, E. F., & Dia, J. C. (2024). Proteção da privacidade em dispositivos IOT de acordo com a LGPD: Um estudo abrangente. *Processando o Saber*, 1-13.
- Boeckl, K., Fagan, M., Fisher, W., Lefkovitz, N., Megas, K., Nadeau, E., & Piccarreta, B. (2019). *Considerações para Gerenciar Riscos de Privacidade e Segurança Cibernética na Internet das Coisas (IoT)*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.
- Bonaparte, M. E. (2019). *A indústria automóvel e o caminho para a sustentabilidade*. Setúbal: IPS - Instituto Politécnico de Setúbal.
- Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2018). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in Industry*, 1-12.
- Camara, M. A., Lins, G. H., Oliveira, F. H., & Medeiros, N. R. (2021). Internet das Coisas e blockchain no Sistema Único de Saúde: a proteção dos dados sensíveis diante da Lei Geral de Proteção de Dados. *Cadernos Ibero-Americanos de Direito Sanitário*, 93-112.
- Cara, M. H. (2019). *Quarta Revolução Industrial: Um Estudo Bibliográfico da Indústria 4.0 e Suas Principais Tecnologias Inseridas*. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora.
- Creswell, J. W. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2018). *The SAGE Handbook of Qualitative Research*. Los Angeles: Sage Publications.
- Dieguez, T., Malheiro, M. T., Leal, N., & Machado, J. (2025). *Innovations in Industrial Engineering IV*. Springer.

- Dominguez, D. R., Abreu, M. B., & Parv, A. L. (2024). Main Trend Topics on Industry 4.0 in the Manufacturing Sector: A Bibliometric Review. *Applied Sciences*.
- Elgazzar, K., Khalil, H., Alghamdi, T., Badr, A., Abdelkader, G., Elewah, A., & Buyya, R. (2022). Revisiting the internet of things: New trends, opportunities and grand challenges. *Frontiers in the Internet of Things*.
- Fan, Q., Yu, H., & Zhao, H. (2023). *Blockchain technology research and application: a systematic literature review and future trends*. IEEE.
- Freund, G. P., Fagundes, P. B., Macedo, D. D., & Dutra, M. L. (2019). Mecanismos tecnológicos de segurança da informação no tratamento da veracidade dos dados em ambientes Big Data. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 124 - 142.
- Jahani, H., Jain, R., & Ivanov, . D. (11 de July de 2023). *Data science and big data analytics: a systematic review of methodologies used in the supply chain and logistics research*. Springer.
- Jeanne, D. M., Xu, M., & Suk, K. H. (2018). The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges. *International Journal of Financial Research*, 90-95.
- Joe, T. (2023). Cloud computing and information systems: enabling scalability and flexibility. *Business Studies Journal*, 1-3.
- Júnior, G. S., & Neto, A. P. (2024). *Revisão Bibliográfica sobre o Impacto da Automação*. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semiárido.
- Khoei, T. T., Slimane, H. O., & Kaabouch, N. (2023). Deep learning: systematic review, models, challenges, and research directions. *Springer*, 23103–23124.
- Korte, A., Tiberius, V., & Brem, A. (2021). Internet of Things (IoT) Technology Research in Business and Management Literature: Results from a Co-Citation Analysis. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 2073-2090.
- Lego, L. L., & de Mattos, C. A. (2020). *O papel da Internet das Coisas (IoT) nas práticas de manufatura ágil: uma análise da interação do modelo conceitual de manufatura ágil com as categorias de aplicativos da IOT*. Paraná: ENEGEP.
- Lima, P. G. (2016). *Evolução Recente da Indústria Automotiva*. Brasília: Câmara dos Deputados.
- Liu, Y., & Li, Z. (2023). *Research on MES-based production process control system for discrete manufacturing enterprises*. Fuxin: Liaoning Technical University.
- Loh, S. (2019). *Volume, velocidade, variedade, veracidade e valor: como os 5 Vs do big data estão impactando as organizações e a sociedade*. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais.
- Martins, N. F. (2018). *Estudo das vantagens da aplicação de metodologias, indústria 4.0, no contexto industrial*. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Mashayekhy, Y., Babaei, A., Yuan, X.-M., & Xue, A. (2022). *Impact of Internet of Things (IoT) on Inventory Management: A Literature Survey*. MDPI.
- Meyer, L. A., Romero, S., Bertoli, G., Burt, T., Weinert, A., & Ferres, J. L. (2023). *How effective is multifactor authentication at deterring cyberattacks?* Nova Iorque: Cornell University.
- Moosavi, J., Bakhshi, J., & Maretk, I. (2021). The application of industry 4.0 technologies in pandemic management: Literature review and case study. *Journal of Manufacturing Processes*, 1-13.
- Munhoz, S., Perin, V. P., & Ribeiro, M. S. (2024). *Big Data: Modos de fazer, comparar e governar*. Rio de Janeiro: Revista Mana.

- Neto, V. J., Bonacelli, M. B., & Pacheco, C. A. (2020). O Sistema Tecnológico Digital: inteligência artificial, computação em nuvem e Big Data. *Revista Brasileira de Inovação*, 1-31.
- Nurdiyanto, H., & Kindiasari, A. (2024). Critical Role of Manufacturing Execution Systems in Digital Transformation of Manufacturing Industry. *Journal of Electrical Systems*, 2432-2436.
- Oks, S. J., Jalowski, M., Lechner, M., Mirschberger, S., Merklein, M., & Vogel-Heuser, B. (2022). Advanced Automation and Cyber-Physical Systems in Industry 4.0: Enhancing Efficiency and Customization. *Springer*, 1731-1772.
- Oliveira, B. V., Carvalho, E. V., Mendes, I. G., & Brandão, J. D. (2024). Desafios e Soluções em Segurança de IoT: Conscientização e Prevenção de Ataques. *Revista Contemporânea*, 1-19.
- Paiva, I. R. (2019). *O Uso da Internet das Coisas na Indústria Automobilística Brasileira*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia.
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Piccarozzi, M., Aquilani, B., & Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review. *MDPI*, 1-24.
- Pilloni, V. (2018). How Data Will Transform Industrial Processes: Crowdsensing. *Future Internet*, 1-14.
- Pinto, H. A. (2020). A utilização da inteligência artificial no processo de tomada de decisões: por uma necessária accountability. *Revista de Informação Legislativa*, 43-60.
- Rahman, M. H., & Shafae, M. (2022). Physics-based detection of cyber-attacks in manufacturing systems: A machining case study. *Journal of Manufacturing Systems*, 676-683.
- Sachini, E., Sioumalas-Christodoulou, K., Christopoulos, S., & Karampekios, N. (16 de October de 2022). AI for AI: Using AI methods for classifying AI science documents. *Quantitative Science*, pp. 1119-1132.
- Sahoo, S., & Lo, C.-Y. (2022). Smart manufacturing powered by recent technological advancements: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 236-250.
- Santos, S., & Dores, V. (2018). *A Indústria Automóvel na Economia Portuguesa*. Lisboa: Gabinete de Estratégia e Estudos : Ministério da Economia.
- Schiavon, G. L., Fabiane Florencio de Souza, & Pagani, R. N. (2019). *Big Data na Indústria 4.0: Tecnologias, Desafios e Oportunidades*. Ponta Grossa: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO).
- Shahsavari, Y., Zhang, K., & Talhi, C. (2022). Toward quantifying decentralization of blockchain networks with relay nodes. *Frontiers in Blockchain*, 1-11.
- Silva, J. O. (2023). *Análise e testes de intrusão em dispositivos IoT*. Minas Gerais: Universidade Federal de Ouro Preto.
- Singh, S. S. (2023). Industry 4.0: A Comprehensive Review and Future Perspectives. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 1945-1947.
- Tapscott, D., & Vargas, R. V. (2019). How Blockchain Will Change Construction. *Harvard Business Review*.
- Visteon. (2025). Obtido de <https://visteon.com/>
- Witczak, D., & Szymoniak, S. (2024). Review of Monitoring and Control Systems Based on Internet. *Applied Sciences*, 1-27.

Wu, H., Jiang, S., & Cao, J. (2023). High-efficiency blockchain-based supply chain traceability. *IEEE*, 3748-3758.

Apêndices

Apêndice 1 – Guião de entrevista

GUIÃO DA ENTREVISTA

Participante

Idade: _____ Sexo: _____ Escolaridade: _____

Vínculo Contratual: _____ Categoria profissional: _____

Departamento: _____ Antiguidade na empresa: _____

Tema: Os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos: ótica de uma empresa automóvel

Perguntas base, elaboradas a todos os diferentes colaboradores entrevistados:

1. Quais tecnologias da Indústria 4.0 estão atualmente implementadas?
2. Como foi o processo de transição para essas tecnologias?
3. Houve resistência por parte dos colaboradores? Como foi gerida?
4. Quais foram as melhorias mais significativas que ocorreram nos processos produtivos após a adoção dessas tecnologias?
5. Como a automação afetou o tempo de produção e o controle de qualidade?
6. Quais novas competências passaram a ser exigidas dos trabalhadores?
7. A empresa ofereceu treinamentos ou programas de capacitação?
8. Quais foram os principais desafios enfrentados na implementação da Indústria 4.0?

As demais perguntas que se incluem nas entrevistas após as acima referidas, foram elaboradas tendo como base a área de atuação dos entrevistados, sendo que são específicas para a área onde estes operam e as suas funções na Visteon.

Apêndice 2 – Entrevista com o Participante 1

ENTREVISTA

Participante 1

Idade: 55-60 Sexo: Feminino Escolaridade: Ensino Básico

Vínculo Contratual: Sem termo (efetivo) Categoria profissional: Operador de linha

Departamento: Manufatura Antiguidade na empresa: Mais de 15 anos

Tema: Os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos: ótica de uma empresa automóvel

1. Quais tecnologias da Indústria 4.0 estão atualmente implementadas?

Na linha onde trabalho temos sensores inteligentes, robots e o MES. Também usamos ecrãs para acompanhar os indicadores de desempenho e instruções de trabalho.

2. Como foi o processo de transição para essas tecnologias?

Foi gradual. Primeiro começaram por inserir os robots para algumas tarefas repetitivas. Depois vieram os sensores. No início foi estranho, mas houve reuniões e explicações sobre o que ia mudar. A empresa foi introduzindo as tecnologias por fases, o que ajudou a adaptar-nos.

3. Houve resistência por parte dos colaboradores? Como foi gerida?

Sim, houve alguma resistência, principalmente por medo de não conseguir acompanhar as mudanças mas também havia robots a substituir pessoas e criou-se o medo de perder o emprego. Para ajudar a gerir isto houve colegas mais experientes que ajudaram os outros a adaptar-se.

4. Quais foram as melhorias mais significativas que ocorreram nos processos produtivos após a adoção dessas tecnologias?

A produtividade aumentou. Por exemplo, conseguimos produzir mais peças por hora e com menos erros. A qualidade também melhorou porque os sensores detetam falhas logo no início do processo se assim existirem.

5. Como a automação afetou o tempo de produção e o controle de qualidade?

O tempo de produção ficou mais curto porque os robôs fazem tarefas mais rápido e sem pausas. O controlo de qualidade ficou mais rigoroso, porque agora temos sensores que verificam medidas e defeitos automaticamente, sem depender só da inspeção visual.

6. Quais novas competências passaram a ser exigidas dos trabalhadores?

Tivemos de aprender a trabalhar com os sistemas e a interpretar os ecrãs e até fazer pequenas configurações por vezes. Também passou a ser ainda mais importante comunicar com os técnicos de manutenção e entender melhor o funcionamento das máquinas.

7. A empresa ofereceu treinamentos ou programas de capacitação?

Sim, houve formações internas e até mesmo sobre segurança com os novos equipamentos.

8. Quais foram os principais desafios enfrentados na implementação da Indústria 4.0?

O maior desafio foi mesmo a adaptação das pessoas. Nem todos têm facilidade com tecnologia. Também houve problemas técnicos no início, como falhas de comunicação entre sistemas.

9. O que é que acha dos braços robóticos nas soldaduras de CHIP?

Com os braços robóticos conseguimos manter uma qualidade constante nas soldaduras de CHIP, mesmo nas tarefas mais minuciosas. Qualquer desvio pode comprometer o produto por isso o apoio da máquina faz a diferença, e nós aqui na linha conseguimos focar-nos noutras etapas do processo com mais confiança e segurança.

10. De que forma é que os AGVs vos ajudam na linha?

Antes perdíamos muito tempo à espera de material, especialmente durante os turnos mais movimentados. Agora, com os AGVs a fazerem o transporte automático, o material chega sempre a tempo, e eu consigo manter o ritmo sem interrupções. Facilitou muito o nosso dia a dia

Apêndice 3 – Entrevista com o Participante 2

ENTREVISTA

Participante 2

Idade: 35-40 anos Sexo: Masculino Escolaridade: Ensino Superior (Mestrado)

Vínculo Contratual: Sem termo (efetivo) Categoria profissional: Engenheiro de processo

Departamento: Manufatura Antiguidade na empresa: Mais de 5 anos

Tema: Os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos: ótica de uma empresa automóvel

1. Quais tecnologias da Indústria 4.0 estão atualmente implementadas?

Atualmente, temos várias tecnologias da Indústria 4.0 em funcionamento, como sensores inteligentes conectados via IoT, sistemas MES integrados com o ERP, robôs colaborativos (cobots), e plataformas de análise de dados em tempo real. Também utilizamos gêmeos digitais para simulação de processos e realidade aumentada para apoio à manutenção e formação.

2. Como foi o processo de transição para essas tecnologias?

Foi um processo progressivo, iniciado com projetos-piloto em áreas críticas. A transição exigiu reengenharia de processos, integração de sistemas e formação técnica. A colaboração entre engenharia, IT e produção foi essencial para garantir uma implementação eficaz.

3. Houve resistência por parte dos colaboradores? Como foi gerida?

Sim, houve alguma resistência, sobretudo por receio da substituição de funções. A gestão apostou em comunicação clara, envolvimento dos operadores nas fases iniciais e formação contínua, o que ajudou a reduzir a ansiedade e a promover o compromisso com a mudança.

4. Quais foram as melhorias mais significativas que ocorreram nos processos produtivos após a adoção dessas tecnologias?

Verificámos uma melhoria significativa na produtividade, com redução do tempo de ciclo e aumento da eficiência. A qualidade também melhorou, com menos defeitos e maior rastreabilidade. A manutenção preditiva reduziu paragens inesperadas, o que teve impacto direto na eficiência global.

5. Como a automação afetou o tempo de produção e o controle de qualidade?

A automação reduziu o tempo de produção ao eliminar tarefas manuais repetitivas. O controle de qualidade tornou-se mais rigoroso e em tempo real, com sistemas de visão artificial e sensores que detetam desvios imediatamente.

6. Quais novas competências passaram a ser exigidas dos trabalhadores?

Os trabalhadores passaram a precisar de competências digitais, como interpretação de dados, operação de interfaces HMI e conhecimentos básicos de manutenção de sistemas automatizados. A capacidade de adaptação e resolução de problemas também se tornou mais valorizada.

7. A empresa ofereceu treinamentos ou programas de capacitação?

Sim, foram oferecidos vários programas de formação, tanto internos como em parceria com entidades externas. As formações abrangeram desde o uso de novas tecnologias até à segurança e manutenção preventiva.

8. Quais foram os principais desafios enfrentados na implementação da Indústria 4.0?

Os maiores desafios foram a integração de sistemas antigos com novas tecnologias, a resistência à mudança e a escassez de profissionais com competências técnicas específicas. A cibersegurança também é uma preocupação constante.

9. Passando a falar um pouco daquilo que encontramos ao longo de todo o processo de produção, considera a inspeção automática de peças moldadas em plástico na produção em série uma mais valia ao processo? Se sim, em que sentido?

Sim completamente. A integração deste sistema de inspeção a laser permitiu-nos detetar variações dimensionais que antes só eram percebidas tardiamente, durante testes manuais ou mesmo na fase final do produto. Agora, conseguimos agir imediatamente, corrigindo a origem do problema no momento em que ele aparece. Isso representa um enorme ganho de tempo e qualidade.

10. De que forma é que usa o módulo CMI, integrado no sistema MÉS? Como é que este módulo é útil?

Existem diferentes formas de usufruir da ajuda deste módulo, mas uma das funcionalidades mais usadas é sem dúvida as aplicações.

A visualização dos dados no módulo das aplicações ajuda-nos a tomar decisões técnicas quase em tempo real. Se há uma queda no desempenho ou uma falha de qualidade, o sistema mostra logo onde está o problema, e conseguimos intervir rapidamente. Isto tem sido fundamental para mantermos os nossos KPIs dentro do esperado.

11. A nível de processos, qual o impacto da métrica FTT naquilo que é a produção?

A visualização clara dos dados no módulo aplicações ajuda-nos a tomar decisões técnicas quase em tempo real. Se há uma queda no desempenho ou uma falha de qualidade, o sistema mostra logo onde está o problema, e conseguimos intervir rapidamente. Isto tem sido fundamental para mantermos os nossos KPIs dentro do esperado.

12. De que forma é que os braços robóticos nos processos de CHIP são úteis para a Visteon?

Quando se trabalha com componentes tão pequenos e sensíveis, qualquer desvio, por mínimo que seja, pode comprometer toda a montagem. Os braços robóticos oferecem uma repetibilidade que simplesmente não é possível alcançar com intervenção manual. Desde que foram integrados, a taxa de rejeição caiu significativamente.

Apêndice 4 – Entrevista com o Participante 3

ENTREVISTA

Participante 3

Idade: 40-45 anos Sexo: Masculino Escolaridade: Ensino Superior (Licenciatura)

Vínculo Contratual: Sem termo (efetivo) Categoria profissional: Final Assembly Area Manager

Departamento: Manufatura Antiguidade na empresa: Mais de 5 anos anos

Tema: Os efeitos da Indústria 4.0 nos processos produtivos: ótica de uma empresa automóvel

1. Quais tecnologias da Indústria 4.0 estão atualmente implementadas?

Do ponto de vista da gestão da produção, temos implementado tecnologias como sistemas MES para monitorização em tempo real, automação avançada com robótica colaborativa, sensores IoT para controlo de processos, e *dashboards* analíticos que nos permitem tomar decisões baseadas em dados.

2. Como foi o processo de transição para essas tecnologias?

A transição foi planeada estrategicamente, com foco em garantir continuidade operacional. Foi necessário alinhar os objetivos tecnológicos com os objetivos de produção, o que implicou uma forte coordenação entre departamentos e uma gestão eficaz da mudança.

3. Houve resistência por parte dos colaboradores? Como foi gerida?

Sim, houve resistência, especialmente no início. A gestão apostou numa abordagem transparente, explicando os benefícios da mudança e garantindo que os postos de trabalho seriam valorizados, não eliminados. A formação e o envolvimento direto dos colaboradores foram fundamentais.

4. Quais foram as melhorias mais significativas que ocorreram nos processos produtivos após a adoção dessas tecnologias?

As melhorias mais visíveis foram o aumento da produtividade, a redução de desperdícios e a melhoria da qualidade. A capacidade de resposta a problemas operacionais também melhorou, graças à visibilidade em tempo real dos dados de produção.

5. Como a automação afetou o tempo de produção e o controlo de qualidade?

A automação permitiu reduzir tempos de ciclo e aumentar a consistência dos processos. O controlo de qualidade tornou-se mais eficiente, com menos necessidade de inspeções manuais e maior capacidade de deteção precoce de falhas.

6. Quais novas competências passaram a ser exigidas dos trabalhadores?

Foi necessário desenvolver competências técnicas e digitais, mas também competências comportamentais como flexibilidade, trabalho em equipa e capacidade de adaptação. A formação contínua tornou-se uma prioridade estratégica.

7. A empresa ofereceu treinamentos ou programas de capacitação?

Sim, a empresa investiu em programas de capacitação alinhados com os objetivos da Indústria 4.0. Estes programas foram adaptados a diferentes perfis profissionais e incluíram formação técnica, digital e comportamental.

8. Quais foram os principais desafios enfrentados na implementação da Indústria 4.0?

Os principais desafios foram a gestão da mudança cultural, a necessidade de investimento inicial elevado e a adaptação dos processos existentes às novas tecnologias. A escassez de talento técnico também foi um fator limitador, que exigiu uma estratégia de formação interna robusta.

9. O MES é o sistema que usam dedicado a atuar na área da produção, a seu ver o que é que este sistema proporciona na realidade?

O MES transforma completamente a forma como gerimos a produção. Temos uma visão global e em tempo real da fábrica, com rastreabilidade total dos materiais. Isso não só melhora a eficiência, como também aumenta a nossa capacidade de resposta às exigências do cliente.

10. De que forma é que os AGVs vos ajudam na linha de produção?

A introdução dos AGVs permitiu-nos otimizar o fluxo logístico interno e reduzir desperdícios operacionais. Além de melhorar a eficiência, conseguimos também aumentar a segurança na fábrica e garantir um abastecimento mais fiável e sincronizado com as necessidades da produção.