



Desenvolvimento de linhas de orientação para um Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional enfrentar com sucesso a Indústria 4.0

Cátia Marlene Leite Pinto

UMinho | 2022

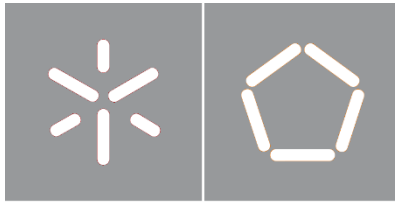


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Cátia Marlene Leite Pinto

Desenvolvimento de linhas de orientação para um Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional enfrentar com sucesso a Indústria 4.0

Janeiro 2022



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Cátia Marlene Leite Pinto

Desenvolvimento de linhas de orientação para um Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional enfrentar com sucesso a Indústria 4.0

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Humana

Trabalho realizado sob a orientação de

Professor Doutor José Pedro Teixeira Domingues

Professora Doutora Ana Sofia Pinho Colim

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não teria sido possível sem a ajuda preciosa de algumas pessoas, que desde já gostaria de lhes agradecer imenso pelo apoio, ajuda e confiança prestadas durante toda esta fase.

Agradeço assim a todos os professores que acrescentaram algo ao meu processo de aprendizagem e crescimento como pessoa culta e socialmente responsável. Entre os quais destaco os meus estimados orientadores, Professor Doutor Pedro Domingues e Professora Doutora Ana Colim, por toda a disponibilidade, sabedoria, atenção, apoio constante, empenho contínuo e orientação que me prestaram ao longo de toda a Dissertação de Mestrado. Um sincero MUITO OBRIGADA.

Agradeço a disponibilidade das empresas que participaram neste estudo, permitindo a recolha de informações de forma a se poder realizar o mesmo.

Por fim, mas jamais em último, resta agradecer às pessoas que traçaram desde início este caminho ao meu lado, a minha família como um todo, principalmente aos meus pais e irmão, que contribuíram com valores morais, materiais e amor desenhando parte da pessoa que sou hoje, e ao meu namorado, bem como a alguns amigos que tive a oportunidade de conhecer durante este trajeto, por todo o amor, apoio, força, ânimo e motivação que me transmitiram durante todo este percurso, ajudando-me no alcance das minhas metas, não me deixando desistir quando por vezes os dias eram mais complicados.

Desenvolvimento de linhas de orientação para um Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional enfrentar com sucesso a Indústria 4.0

Resumo

O termo Indústria 4.0 traça as alterações iminentes no cenário industrial, onde os produtos, as máquinas e as pessoas estão cada vez mais ligados em rede, com a disponibilização da informação em tempo real. Com esta revolução industrial surge a necessidade de renovar as estruturas que gerem os processos organizacionais, nomeadamente os sistemas de gestão integrados, e torná-las aptas a enfrentar todas as mudanças. As camadas jovens serão uma mais-valia nesta nova era industrial, pois é uma geração que já “nasceu” com a tecnologia incorporada. Logo, o estudo do comportamento das pessoas é imprescindível neste novo contexto industrial, sendo necessário investigar os novos riscos associados.

Com esta dissertação pretendeu-se estudar as dimensões que comportam cada uma das áreas em estudo, nomeadamente a Indústria 4.0 e a Segurança e Saúde do Trabalho, de forma a um sistema de gestão poder enfrentar com sucesso esta nova era industrial. Para tal foi realizada uma análise bibliográfica de forma a entender os principais conceitos aplicados em cada área em estudo. Optou-se por utilizar uma abordagem metodológica qualitativa, baseando-se em entrevistas semiestruturadas aplicadas a técnicos ativos na área de Segurança e Saúde do Trabalho.

Com a realização das entrevistas pretendeu-se entender quais são as maiores dificuldades sentidas pelos técnicos e se as empresas estão preparadas para enfrentar os desafios decorrentes da nova era industrial. Os conceitos chave centraram-se na realidade aumentada, nos robôs autónomos, na automatização industrial e na inteligência artificial, destacando-se seis pilares que são vistos como essenciais para uma empresa.

Foi possível apurar que as empresas não se encontram preparadas para enfrentar os desafios colocados pela Indústria 4.0 através de um Sistema de Gestão de Segurança e Saúde do Trabalho, uma vez que a ISO 45001:2018, ainda não contempla esta nova revolução industrial, tornando-se essencial haver uma adaptação da norma ao novo contexto do trabalho. As principais dificuldades destacadas pelas empresas que participaram neste estudo foram a legislação extensa que não acompanha a evolução industrial, o elevado capital necessário para o investimento inicial, o difícil acesso ao *know-how* e o impacto que tal refletirá na produção. Quanto aos principais riscos associados continuam a destacar-se as lesões musculoesqueléticas e as “peças” em movimento.

Palavras-chave: Indústria 4.0; ISO 45001; Segurança e Saúde do Trabalho; Sistemas de Gestão.

Development of guidelines for an Occupational Health and Safety Management System to successfully face Industry 4.0

Abstract

The term Industry 4.0 traces the imminent changes in the industrial scenario, where products, machines and people are increasingly connected in a network, with the availability of information in real time. With this industrial revolution comes the need to renew the structures that manage organizational processes, namely integrated management systems, and make them capable of facing all changes. Young people will be an asset in this new industrial age, as it is a generation that was already “born” with incorporated technology. Therefore, the study of people's behaviour is essential in this new industrial context, making it necessary to investigate the new associated risks.

This dissertation aimed to study the dimensions that comprise each of the areas under study, namely Industry 4.0 and Occupational Health and Safety, so that a management system can successfully face this new industrial era. For this, a bibliographical analysis was carried out in order to understand the main concepts applied in each area under study. We chose to use a qualitative methodological approach, based on semi-structured interviews applied to technicians active in the area of Occupational Health and Safety.

The interviews aimed to understand the greatest difficulties experienced by technicians and whether companies are prepared to face the challenges arising from the new industrial era. The key concepts focused on augmented reality, autonomous robots, industrial automation and artificial intelligence, highlighting six pillars that are seen as essential for a company.

It was possible to verify that companies are not prepared to face the challenges posed by Industry 4.0 through an Occupational Health and Safety Management System, since ISO 45001:2018 does not yet contemplate this new industrial revolution, making it if essential there is an adaptation of the standard to the new context of work. The main difficulties highlighted by the companies that participated in this study were the extensive legislation that does not follow the industrial evolution, the high capital required for the initial investment, the difficult access to know-how and the impact that this will reflect on production. As for the main associated risks, musculoskeletal injuries and moving “parts” continue to stand out.

Keywords: Industry 4.0; ISO 45001; Occupational Health and Safety; Management Systems.

Índice

| | |
|---|-----|
| AGRADECIMENTOS | ii |
| Resumo | iii |
| Abstract | iv |
| Índice..... | v |
| Índice de Figuras..... | ix |
| Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos | xi |
| 1. Introdução..... | 1 |
| 1.1. Enquadramento teórico e motivação..... | 1 |
| 1.2. Objetivos e resultados esperados..... | 2 |
| 1.3. Metodologia | 3 |
| 1.4. Estrutura do trabalho..... | 4 |
| 2. Revisão Bibliográfica..... | 6 |
| 2.1. Indústria 4.0 | 7 |
| 2.1.1. Principais mudanças impulsionadas pela I4.0..... | 10 |
| 2.2. Tecnologias da I4.0..... | 12 |
| 2.2.1. <i>Internet of Things</i> | 13 |
| 2.2.2. Sistema Cyber-Físico | 13 |
| 2.2.3. <i>Big Data</i> | 14 |
| 2.2.4. Linha de produção flexível | 15 |
| 2.2.5. <i>Cloud</i> | 15 |
| 2.2.6. Robótica..... | 16 |
| 2.2.7. Visão de máquina..... | 19 |
| 2.3. Vantagens e desafios..... | 20 |
| 2.4. Impacto da I4.0..... | 21 |

| | |
|---|----|
| 2.5. Iniciativa Portugal I4.0..... | 23 |
| 2.6. Benefícios e sustentabilidade na I4.0..... | 25 |
| 2.7. Desafios e obstáculos da I4.0..... | 26 |
| 2.8. Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional | 28 |
| 2.8.1. Sistemas de Gestão..... | 28 |
| 2.8.2. Segurança e Saúde do Trabalho | 29 |
| 2.8.2.1. Erro humano na causalidade de acidentes - uma visão geral..... | 29 |
| 2.8.2. Benefícios da implementação de um sistema de gestão de segurança e saúde do trabalho | 31 |
| 2.8.3. Norma ISO 45001..... | 32 |
| 2.8.4. Implicação do anexo SL..... | 33 |
| 2.8.5. Principais diferenças entre a ISO 45001:2018 e a OSHAS 18001:2007..... | 35 |
| 2.8.6. Ciclo PDCA na ISO 45001 | 35 |
| 2.8.7. Fator humano na indústria digital..... | 37 |
| 2.8.8. Desafios da I4.0 para a SST | 38 |
| 2.9. Influência da tecnologia na atuação do trabalhador | 40 |
| 2.9.1. Cuidar da SST na I4.0 | 41 |
| 2.9.2. Relação entre saúde e produtividade..... | 42 |
| 2.9.3. As melhores práticas para cuidar dos trabalhadores..... | 43 |
| 2.9.4. Condições de trabalho na I4.0 | 44 |
| 2.9.5. Riscos emergentes | 46 |
| 2.10. Indústria 5.0 | 47 |
| 2.10.1. Caracterização da I5.0 | 49 |
| 2.10.2. Principais descobertas..... | 51 |
| 2.10.3. Perceções I4.0 e I5.0 | 52 |
| 3. Metodologia | 53 |
| 3.1. Classificação e fases da investigação | 53 |

| | |
|---|----|
| 3.2. Revisão bibliográfica | 55 |
| 3.3. Inquérito por entrevista..... | 57 |
| 3.3.1. Amostragem..... | 59 |
| 4. Análise e discussão dos resultados | 61 |
| 4.1. Caracterização geral das empresas em estudo | 62 |
| 4.2. Contribuições sobre a I4.0..... | 64 |
| 4.2.1. Principais perceções sobre os conceitos e tecnologias da I4.0..... | 65 |
| 4.2.2. Tecnologias relevantes, impactantes e inovadoras adotadas pelas empresas | 65 |
| 4.2.3. Impactos esperados pela I4.0 na competitividade das empresas | 66 |
| 4.2.4. Dificuldades de implementação da I4.0 | 67 |
| 4.2.5. Perceção da diferença na implementação da I4.0 | 67 |
| 4.2.6. Avaliação do futuro da empregabilidade e do conteúdo do trabalho | 67 |
| 4.3. Higiene e Segurança no Trabalho | 68 |
| 4.3.1. Atividades desenvolvidas pela empresa no âmbito de SST | 68 |
| 4.3.2. Principais riscos verificados | 69 |
| 4.3.3. Meios de proteção necessários | 69 |
| 4.3.4. Não conformidades mais comuns no âmbito da SST | 70 |
| 4.3.5. Comportamentos inseguros mais comuns..... | 70 |
| 4.3.6. Vantagens e desvantagens da I4.0..... | 71 |
| 4.3.7. Novos riscos associados às novas tecnologias..... | 72 |
| 4.3.8. Alterações previstas na gestão da SST | 72 |
| 4.4. Análise dos principais resultados das entrevistas | 73 |
| 4.4.1. As dimensões da I3.0 | 76 |
| 4.4.2. As dimensões da I4.0..... | 77 |
| 4.4.3. As dimensões da SST | 78 |
| 4.4.4. Análise das dimensões I3.0 e I4.0 em relação à SST | 79 |

| | |
|--|-----|
| 5. Considerações finais..... | 83 |
| 5.1. Perspetivas futuras..... | 86 |
| Referências bibliográficas | 87 |
| Anexos | 101 |
| Anexo 1: Estrutura da entrevista | 101 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Evolução industrial..... | 8 |
| Figura 2: Nuvem de palavras associadas à I4.0. | 9 |
| Figura 3: Esquema da transformação da relação entre Empresas, Produtos e Clientes no centro do novo modelo industrial..... | 10 |
| Figura 4: Os quatro tópicos principais para a indústria de 2030. | 11 |
| Figura 5: Internet das coisas usada pela indústria. | 13 |
| Figura 6: Nuvem computacional. | 16 |
| Figura 7: Exemplo de um robô colaborativo..... | 17 |
| Figura 8: Iniciativas europeias da digitalização industrial. | 23 |
| Figura 9: Tripé da sustentabilidade. | 26 |
| Figura 10: Benefícios da implementação de um SGSST. | 32 |
| Figura 11: Modelo do sistema de gestão da SST (relação entre o ciclo PDCA e a estrutura da norma ISO 45001:2018). | 36 |
| Figura 12: Vantagens e desvantagens da I4.0 na SST. | 40 |
| Figura 13: Relação entre saúde e produtividade. | 43 |
| Figura 14: Cronologia da evolução industrial, contemplando a I5.0..... | 47 |
| Figura 15: Pilares da I5.0. | 51 |
| Figura 16: Esquema representativo das etapas do plano de investigação..... | 55 |
| Figura 17: Palavras-chave utilizadas para a revisão bibliográfica. | 56 |
| Figura 18: Caracterização da amostra segundo funções. | 63 |
| Figura 19: Programa mobilizador PRODUTECH SIF – Soluções para a Indústria de Futuro..... | 64 |
| Figura 20: Dimensões da I3.0..... | 76 |
| Figura 21: Dimensões da I4.0..... | 77 |
| Figura 22: Dimensões da SST..... | 79 |

Índice de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Principais diferenças entre a I4.0 e a I5.0..... | 52 |
| Tabela 2: Base para a construção da entrevista. | 58 |
| Tabela 3: Informação sobre os entrevistados e entrevistas realizadas. | 61 |
| Tabela 4: Impactos positivos e negativos esperados pela I4.0..... | 66 |
| Tabela 5: Atos inseguros mais comuns. | 71 |
| Tabela 6: Análise pormenorizada das respostas recolhidas nas entrevistas em comparação com as evidências resultantes da revisão bibliográfica realizada. | 74 |
| Tabela 7: Itens e estados aplicados a cada dimensão. | 81 |

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

CPS: *Cyber Physical Systems*

EPI: Equipamento de Proteção Individual

GEP: Gabinete de Estratégia e Planeamento

HUB: parte central de uma atividade, região ou rede. É utilizado para se referir a diferentes coisas que integram, conetam, distribuem, desde a aviação até equipamentos de informática.

IA: Inteligência Artificial

IoT: *Internet of Things*

ISO: *International Organization for Standardization*

I3.0: Indústria 3.0

I4.0: Indústria 4.0

I5.0: Indústria 5.0

M2M: *Machine-to-Machine*

OIT: Organização Internacional do Trabalho

OSHAS: *Occupational Health and Safety Assessments Series*

PDCA: *Plan, Do, Check and Act*

SGSSO: Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional

SGSST: Sistema de Gestão de Segurança e Saúde do Trabalho

SSO: Segurança e Saúde Ocupacional

SST: Segurança e Saúde do Trabalho

TIC: Tecnologia de Informação e Comunicação

1. Introdução

Neste capítulo será apresentado o enquadramento teórico e a motivação do tema abordado no presente projeto de dissertação, bem como os seus objetivos e resultados esperados. Também será descrita a metodologia utilizada bem como a síntese da estrutura inerente ao presente projeto.

1.1. Enquadramento teórico e motivação

Um sistema de gestão pode ser definido como o conjunto de processos e procedimentos que uma Organização terá que seguir para atingir os objetivos desejados ou como o processo de padronização deve ser realizado (Nunhes *et al.*, 2016). A implementação de Sistemas de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional permite que as Organizações alcancem resultados eficientes na redução de riscos e aumentem a produtividade, proporcionando uma melhor compreensão de como os mesmos influenciam a gestão de risco nestas. O sucesso da integração da gestão de riscos em Saúde e Segurança Ocupacional (SSO) depende de aspetos técnicos e humanos (Ramos *et al.*, 2020).

De acordo com a informação disponível na página da Organização Internacional do Trabalho (OIT), todos os dias morrem pessoas devido a acidentes de trabalho ou a doenças relacionadas com o trabalho, havendo mais de 2,78 milhões de mortes por ano. Além disso, há cerca de 374 milhões de acidentes de trabalho não fatais a cada ano, resultando numa ausência do trabalho superior a 4 dias. O custo humano desta adversidade diária é enorme e o fardo económico de práticas desapropriadas de segurança e saúde ocupacional é estimado em 3,94% do Produto Interno Bruto global a cada ano (International Labour Organization, 2020).

O objetivo da OIT é criar consciência mundial sobre as dimensões e consequências dos acidentes, lesões e doenças relacionadas ao trabalho e colocar a saúde e a segurança de todos os trabalhadores na agenda internacional para estimular e apoiar ações práticas em todos os níveis. Daí a gestão de segurança e saúde ocupacional ser essencial para as Organizações (International Labour Organization, 2020).

Com o intuito de ajudar as Organizações a reduzir este fardo, disponibilizando um quadro de base para melhorar a segurança dos trabalhadores, reduzir os riscos no local de trabalho e criar melhores e mais seguras condições de trabalho, a nível mundial, surgiu em 2018 a norma ISO 45001 intitulada Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho – Requisitos.

A norma ISO 45001 foi desenvolvida por um grupo de especialistas em Segurança e Saúde do Trabalho (SST) e teve em consideração outras normas internacionais nesta área, como a OSHAS 18001 (norma com grande utilização a nível mundial), várias normas nacionais e as convenções e linhas de orientação da OIT em termos de segurança e saúde (Occupational Health and Safety, 2015). A primeira e, até ao momento, única versão da norma ISO 45001 foi publicada em março de 2018.

A norma pode ser utilizada quer no caso de pequenas operações de baixo risco (por exemplo, trabalho num escritório) quer em organizações complexas onde existem elevados riscos. A norma exige que os riscos de Segurança e Saúde do Trabalho sejam devidamente avaliados e controlados, mas também obriga a que o próprio Sistema de Gestão de Segurança e Saúde do Trabalho (SGSST) seja baseado numa abordagem de risco, para garantir que é eficaz e melhorado continuamente para acompanhar o contexto de mudança da Organização. Esta abordagem baseada no risco é consistente com a forma como as Organizações gerem os seus outros riscos do negócio, encorajando assim a integração de requisitos da norma nos processos gerais de gestão das mesmas (Occupational Health and Safety, 2015; Santos *et al.*, 2018).

Recentemente, sobre esta temática destacam-se os trabalhos de Abisourour *et al.* (2020) que propõe uma estrutura para fornecer um alinhamento adequado dos objetivos de um sistema de gestão e gestão estratégica, através da utilização do mapeamento de fluxo de valor e ferramentas de implementação de custos e Algheriani *et al.* (2019) que desenvolveu uma abordagem de risco integrado (Abisourour *et al.*, 2020; Algheriani *et al.*, 2019).

Atualmente não é claro como é que o conceito de Indústria 4.0 (I4.0) irá impactar na componente organizacional das empresas, nomeadamente a componente organizacional associada à SSO. Assim, com este trabalho pretende-se identificar as dimensões de um Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional (SGSSO) que deverão evoluir para um nível que lhes permita enfrentar com sucesso os desafios colocados pela I4.0.

1.2. Objetivos e resultados esperados

O objetivo principal é desenvolver linhas de orientação com o intuito de definir os requisitos e as externalidades da I4.0 na perspetiva do SGSSO. Para tal será realizada uma análise bibliográfica dos SGSSO, da I4.0 e da interceção de ambos os conceitos. Com a análise bibliográfica pretende-se mapear

conceitos, bem como atribuir diferentes níveis na caracterização dos conceitos e desenvolver as linhas de orientação.

Através da realização de inquéritos, pretende-se identificar, aplicar e validar as linhas de orientação desenvolvidas, de forma a serem melhoradas, tendo em consideração o conhecimento dos profissionais experientes sobre SGSSO.

Pelo exposto, os objetivos específicos centram-se em:

- Definir as dimensões que serão adotadas para caracterizar o SGSSO, tendo por base a revisão bibliográfica e a informação recolhida nas entrevistas;
- Definir as dimensões que serão adotadas para caracterizar a I4.0, tendo por base a revisão bibliográfica e a informação recolhida nas entrevistas;
- Definir e caracterizar os diferentes estados que cada dimensão poderá assumir;
- Analisar as dimensões definidas, quanto à alteração que se perspetiva para um SGSSO enfrentar os desafios colocados pelo conceito de I4.0.

Assim, com este trabalho pretende-se responder a questões como:

- Quais são as dimensões de um SGSSO que irão evoluir num contexto de I4.0?
- Como se perspetiva esta evolução?
- Qual é o estado de prontidão das empresas com SGSSO para enfrentar os desafios colocados pelo conceito da I4.0?

1.3. Metodologia

Este estudo é categorizado como exploratório, uma vez que se pretende recolher informações sobre o fenómeno, através da procura de novas perspetivas, questionando a perceção já existente, através da avaliação de fenómenos de um ponto de vista diferente. Este tipo de estudo envolve pesquisa da literatura, recurso a especialistas da área em estudo e entrevistas a grupos especializados. Neste trabalho será utilizada uma abordagem dedutiva.

A estratégia de investigação adotada será o estudo de caso. O estudo de caso não implica a recolha ou tratamento de um particular tipo de dados, ou seja, o estudo de caso não resulta obrigatoriamente de dados qualitativos (Yin, 1981). Normalmente, os estudos de caso utilizam uma combinação de métodos para a recolha de dados (como questionários, entrevistas ou observações) que resulta na obtenção de dados qualitativos, quantitativos ou ambos (Eisenhardt, 1989; Yin, 1981).

A recolha de dados qualitativos auxiliará na análise da perceção dos indivíduos perante o SGSSO na I4.0. Esta estratégia foi escolhida, uma vez que só com uma ligação com a realidade empírica é que será possível desenvolver uma teoria relevante e válida (Eisenhardt, 1989).

1.4. Estrutura do trabalho

Este trabalho é compreendido por cinco capítulos. No primeiro capítulo, intitulado Introdução, é desenvolvido o enquadramento do tema principal da dissertação, destacando a importância da I4.0 na SST. Segue-se a apresentação dos principais objetivos estipulados para a realização da dissertação bem como os resultados esperados, e o capítulo conclui-se com a apresentação da estrutura do trabalho.

O segundo capítulo, denominado Revisão Bibliográfica, visa aprofundar o tema da dissertação, com base na literatura existente, de forma que esta revisão sirva de suporte às decisões que, em contexto prático, precisam de ser tomadas. A revisão centra-se na exploração da I4.0 (sendo pormenorizado o seu conceito, as principais tecnologias associadas, o impacto, os benefícios e a sustentabilidade da mesma) e do SGSSO, sendo pormenorizado o seu conceito, os desafios quanto à I4.0 e a influência que a tecnologia terá na atuação do trabalhador. Também é realizada uma abordagem superficial à Indústria 5.0 (I5.0) que começa a surgir, fazendo-se a sua caracterização, mencionando as principais descobertas e qual o seu papel na SST.

No terceiro capítulo, designado Metodologia, é descrita a metodologia utilizada na realização da investigação que consistiu na recolha de dados através de entrevistas realizadas em cinco empresas distintas.

No quarto capítulo, denominado Análise e Discussão dos Resultados, é efetuada a caracterização geral das empresas em estudo, são mencionados os principais aspetos da I4.0 e da SST que foram recolhidos nas entrevistas, é realizada a avaliação dos dados recolhidos e a avaliação das dimensões da I3.0 e I4.0 em relação à SST, de forma a se ter um termo comparativo.

O trabalho é finalizado com o quinto capítulo, sendo que este capítulo é principiado com a descrição das conclusões retiradas do presente trabalho e finalizado com as perspectivas futuras propostas a serem estudadas.

2. Revisão Bibliográfica

O presente capítulo visa enquadrar o tema da dissertação com base na literatura, de forma que esta revisão sirva de suporte às decisões que em contexto prático requerem ser tomadas.

Com a Quarta Revolução Industrial, também denominada como I4.0, surge a necessidade de renovar as estruturas que gerem os processos organizacionais e torná-las aptas a enfrentar as mudanças. Zhou *et al.* (2016) proferem sobre o plano estratégico desenvolvido pela Alemanha para implementar uma transição otimizada da Indústria 3.0 (I3.0) para a I4.0 e em relação aos fatores essenciais a uma gestão eficiente divulgam que "sistemas grandes e complexos carecerão de ser geridos eficientemente através de um modelo didático construído para a otimização da gestão" (Zhou *et al.*, 2016).

Segundo o estudo de Algheriani *et al.* (2019), nos últimos anos, os fatores mais importantes que incentivam as Organizações a implementar os vários sistemas de gestão são a pressão empresarial, os regulamentos e as leis governamentais, a competitividade, as pressões públicas sobre a proteção ambiental devido à poluição e riscos da saúde e segurança dos trabalhadores e a satisfação do cliente. Tais fatores exigiam que as Organizações implementassem padrões internacionais a fim de limitá-los, como por exemplo, a implementação da ISO 45001 (Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional) que visa reduzir o risco dos acidentes de trabalho (Algheriani *et al.*, 2019).

Algheriani *et al.* (2019) desenvolveram um modelo de risco para o sistema de gestão integrado que possui várias características que ajudam as Organizações na sua aplicação através do uso das seguintes abordagens comuns: pensamento baseado no risco com a gestão de risco como um fator importante na identificação, avaliação e tratamento de riscos comuns em todos os sistemas padronizados. A abordagem por processos é usada para gerir e avaliar o desempenho de cada processo do modelo e o ciclo de Deming, *Plan, Do, Check and Act* (PDCA), opera como um ciclo de melhoria contínua, garantindo que os processos são adequadamente dotados de recursos bem geridos e que sejam determinadas oportunidades de melhoria. Este modelo pode ser implementado em qualquer Organização, independentemente do tipo, tamanho e produto, uma vez que integra os padrões internacionais mais comuns usados pela maioria das Organizações em todo o mundo (Algheriani *et al.*, 2019).

Segundo o estudo de Uhrenholdt Madsen *et al.* (2020), as cinco configurações de contexto-mecanismo-resultado desenvolvidas pelos autores explicam caminhos específicos para o sucesso no processo de certificação da ISO 45001 (International Organization for Standardization & Associação Brasileira de

Normas Técnicas, 2018), bem como algumas consequências negativas não intencionais da sua implementação (Madsen *et al.*, 2020).

Segundo o artigo de Ramos *et al.* (2020), o perigo no local de trabalho pode ser definido como qualquer elemento-chave (ferramenta de trabalho, ambiente de trabalho, atividade, ...) que tem potencial de causar danos aos funcionários, visitantes ou meio ambiente, enquanto que o risco é definido como uma possibilidade de que um perigo identificado pode causar danos aos funcionários, visitantes ou ao meio ambiente. Não há nenhum processo sem riscos residuais e a falha em realizar tal pode resultar em perdas. Consequentemente, a avaliação de risco deve garantir que uma linha realista seja traçada entre os custos e os benefícios, ou seja, uma empresa pode abandonar totalmente um método de trabalho, procedimento ou equipamento se a avaliação mostrar que os custos de redução ou eliminação de um risco identificado do método de trabalho, procedimento ou equipamento superam os seus benefícios (Ramos *et al.*, 2020).

2.1. Indústria 4.0

A quarta revolução industrial consiste na junção dos métodos de produção com os mais recentes desenvolvimentos na tecnologia de informação e comunicação. Este desenvolvimento é provocado pela tendência de digitalização da economia e da sociedade. A base tecnológica deste desenvolvimento é possível devido a sistemas cyber-físicos inteligentes e interligados que permitirão que pessoas, máquinas, equipamentos, sistemas logísticos e produtos comuniquem e colaborem diretamente uns com os outros. Na Europa, esta revolução é denominada de Indústria 4.0 (COTEC Portugal, 2020).

Até ao momento, as três revoluções industriais conduziram a mudanças de paradigma no domínio industrial: mecanização e força a vapor; produção em massa com linhas de montagem e automação através do uso da tecnologia da informação (Thoben *et al.*, 2017; Xu *et al.*, 2018). Contudo, nos últimos anos, em todo o mundo, os profissionais juntamente com os investigadores e formuladores de políticas, têm defendido cada vez mais uma contínua quarta revolução industrial mais conhecida como I4.0 (Rafael *et al.*, 2020). A Figura 1 retrata as quatro revoluções industriais, a evolução da indústria desde 1784 até ao momento (Piedade, 2019).

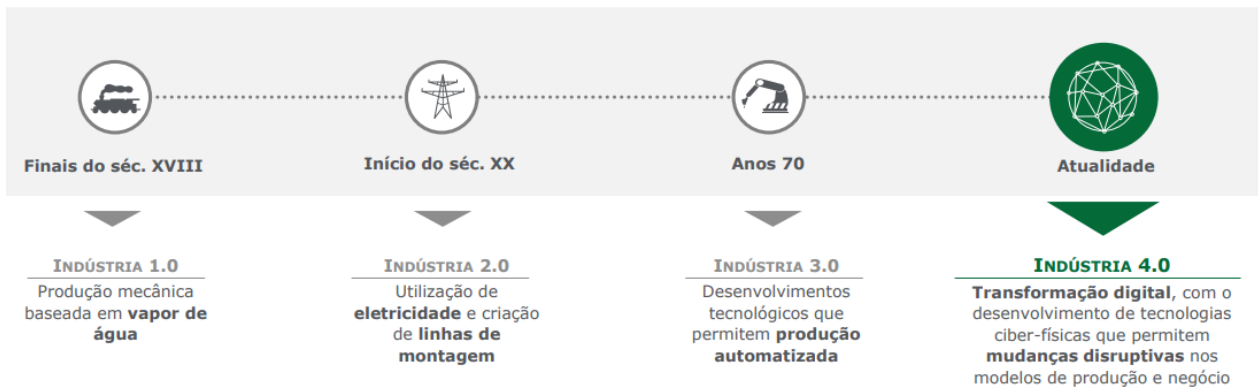


Figura 1: Evolução industrial.

Fonte: COTEC Portugal (2020).

O termo “Indústria 4.0” é aplicado a um conjunto de rápidas transformações de *design*, fabricação, operação e serviço de sistemas industriais e produtos. A designação 4.0 significa que esta é a quarta revolução industrial do mundo, a sucessora de três grandes revoluções industriais que causaram saltos quânticos na produtividade e mudaram a vida das pessoas em todo o mundo (Davies, 2015). Por outras palavras, a I4.0 é a transformação que abrange toda a esfera da produção industrial através da fusão da tecnologia digital e da internet com a indústria convencional.

As empresas aderem cada vez mais aos avanços tecnológicos, integração de recursos de computação, infraestruturas de tecnologia de informação e novas tecnologias de aquisição e gestão de dados. Essas novas tecnologias de medição e controlo dos processos permitem atender os requisitos dos consumidores atuais. É um conceito abrangente que se refere ao sistema digital resultante da integração bem-sucedida nos processos de produção, tecnologias de informação e técnicas específicas. A I4.0 é uma plataforma projetada para a integração tecnológica que gera um novo paradigma na melhoria dos processos, proporcionando um retorno maior sobre os futuros investimentos. As tecnologias associadas à I4.0 têm como potencial o auxílio na obtenção de melhorias específicas do desempenho como a redução dos custos, melhoria da qualidade do produto, maior capacidade de resposta, maior flexibilidade e colaboração com a sustentabilidade ambiental e segurança do trabalhador (Chiarini *et al.*, 2020; Santos & Martins, 2020).

Para Silva *et al.* (2020), a I4.0 descreve a quarta revolução industrial, que leva a uma produção inteligente, conectada e descentralizada, representando um novo nível de organização e regulação de toda a cadeia de valor de um produto ao longo do seu ciclo de vida. Na realidade, os avanços no armazenamento de dados e novos recursos de computação, juntamente com os desenvolvimentos em tecnologias como inteligência

computacional, automação e robótica, indústria aditiva e interação Homem-máquina, estão desencadeando inovações que mudam a natureza e o conteúdo da própria fabricação. Os líderes da indústria e os investigadores concordam que as tecnologias da indústria digital transformarão todos os aspetos dos sistemas das indústrias das cadeias de valor (Silva *et al.*, 2020).

Com a implementação da I4.0 espera-se apresentar benefícios como a partilha de informação em tempo real, a redução de defeitos, o aumento da velocidade na entrega de um determinado produto e/ou serviço. A implementação de tecnologias de última geração incentivam as Organizações a usar menos recursos escassos disponíveis (Khanzode *et al.*, 2021). Em suma, as principais palavras associadas à I4.0 estão representadas na Figura 2 (Silva *et al.*, 2020).



Figura 2: Nuvem de palavras associadas à I4.0.

Atualmente, o cliente final é mais informado e consegue ter rápido acesso a uma vasta oferta global e tal é possível devido à digitalização da sociedade e da indústria. Este fenómeno cria um ambiente mais competitivo, mas as oportunidades só serão alcançadas pelas empresas que estiverem mais bem preparadas. O recurso às tecnologias disponíveis e uma abordagem focada no cliente determinam o sucesso do tecido empresarial na adaptação aos desafios dos mercados atuais. Segundo o publicado pela COTEC Portugal (2020), estudos recentes indicam que em 2020, 50% das empresas lançaram iniciativas de transformação e 67% dos CEOs centrarão a sua estratégia nessa transformação. O novo ambiente industrial irá caracterizar-se pela aposta na inovação colaborativa, em meios de produção conectados e

flexíveis, em cadeias logísticas integradas e canais de distribuição e serviço ao cliente digitais (COTEC Portugal, 2020).

A Figura 3 retrata o esquema da transformação da relação entre as empresas, os produtos e os clientes evidenciando que esta se encontra no centro do novo modelo industrial.



Figura 3: Esquema da transformação da relação entre Empresas, Produtos e Clientes no centro do novo modelo industrial.

Fonte: COTEC Portugal (2020).

2.1.1. Principais mudanças impulsionadas pela I4.0

Na indústria do futuro, os humanos e as máquinas poderão trabalhar em conjunto. Para uma tarefa específica, os indivíduos poderão ser rapidamente direcionados para a ferramenta certa que automaticamente saberá o próximo passo da tarefa e definirá a calibração correta para a parte específica que o indivíduo pretende. As ferramentas inteligentes também poderão registar a operação, para garantir o controlo de qualidade e eliminar o login manual (Davies, 2015).

Segundo Westkämper (2014), os quatro maiores tópicos para o desenvolvimento da Indústria, ilustrados na Figura 4, são a indústria no ambiente urbano, a indústria na cadeia de valor, a indústria na era do conhecimento tecnológico e da comunicação e a indústria verde (Westkämper, 2014).

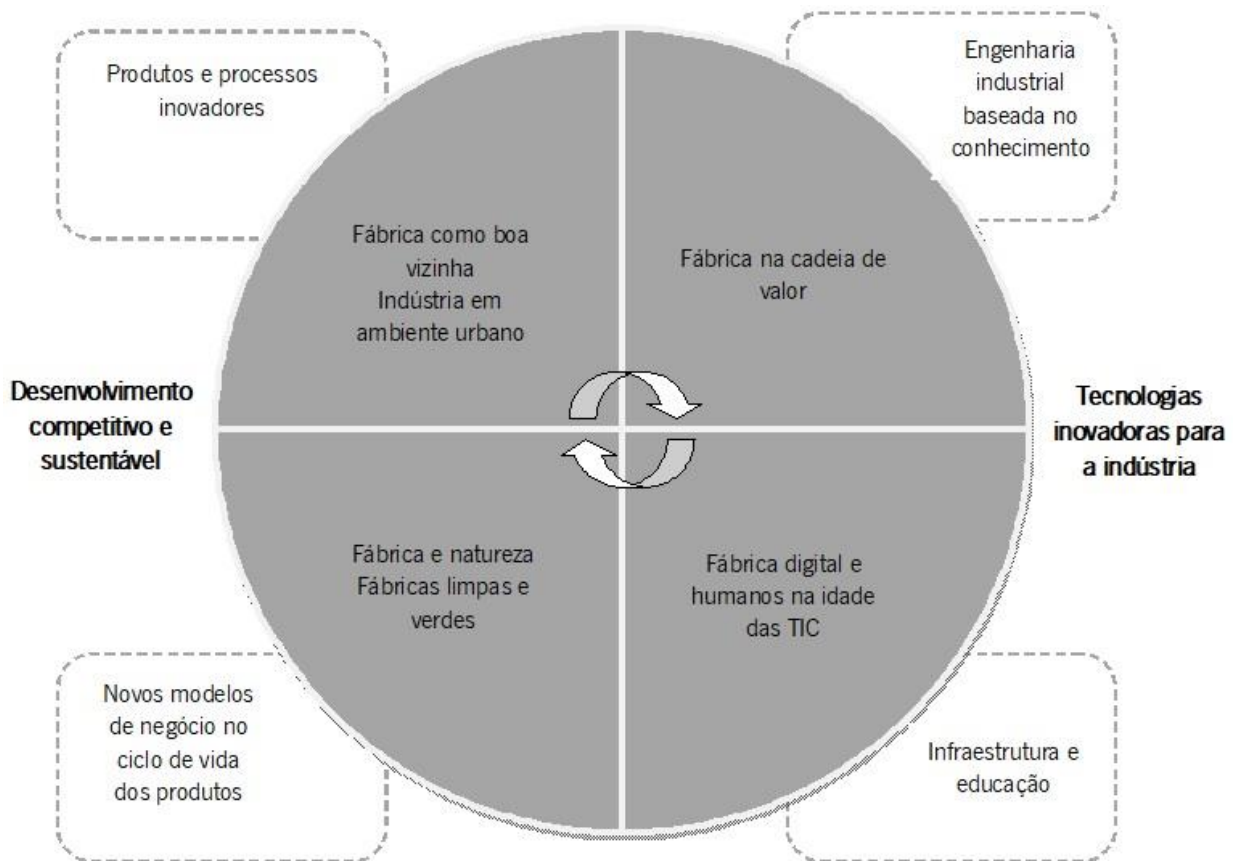


Figura 4: Os quatro tópicos principais para a indústria de 2030.

Fonte: Adaptado Westkämper (2014).

A interação Homem-máquina não é algo novo, pois tal já acontece diariamente através de diversas ações praticadas, porém esta interação será aprofundada e expandida em massa, principalmente no trabalho. O Sistema Cyber-Físico (CPS) permitirá que o ser humano e a máquina falem a “mesma língua”, através de equipamentos eletrônicos portáteis inteligentes. Romero *et al.* (2016) defendem que o novo trabalhador será inteligente e competente por saber lidar com todas as funcionalidades dessa interação e a automação será o complemento das suas capacidades (Romero *et al.*, 2016).

As categorias de interações levantadas por Lorenz *et al.* (2015) dão-nos a ideia do potencial desse cenário. A produção assistida por robôs fará com que os efeitos desgastantes dos trabalhos repetitivos sejam minimizados nos trabalhadores, fazendo com que os trabalhadores com capacidade física debilitada possam continuar a trabalhar, bem como as pessoas mais velhas. Esta também evitará acidentes em ambientes perigosos para humanos, uma vez que haverá a possibilidade de controlar remotamente o robô. A manutenção preditiva remota fará com que a manutenção realizada periodicamente possa ocorrer remotamente, sendo o seu tempo diminuído por causa desta interação. O controlo operacional será simplificado pelo tutorial incorporado no próprio equipamento, aumentando a capacidade tecnológica do

trabalhador e diminuindo o tempo de formação para uma máquina específica. Esta interação dará a possibilidade do trabalhador ser responsável por mais máquinas. Posto isto, a colaboração Homem-máquina é considerada primordial para o sucesso de empresas com alta produtividade exigida pela concorrência, através da utilização dos princípios da I4.0 (Lorenz *et al.*, 2015).

2.2. Tecnologias da I4.0

As tecnologias da I4.0 e as camadas tecnológicas associadas transformam a produção de células isoladas numa produção totalmente integrada, automatizada e com fluxo otimizado. Tal resulta num aumento da eficiência e numa mudança nas relações tradicionais de produção entre os fornecedores, os produtores e os clientes, assim como entre o ser humano e as máquinas (Rüßmann *et al.*, 2015; Vaidya *et al.*, 2018).

As novas conquistas nas tecnologias de informação e comunicação estão a influenciar os vários setores industriais, como o avanço da internet, a obtenção de dados em tempo real e as informações abrangentes estão a mudar os padrões industriais. No entanto, esta rápida evolução requer uma compreensão e definição adequadas por parte dos seus utilizadores com o intuito de aprimorar a prática e a propagação do conhecimento (Santos *et al.*, 2017).

As tecnologias de comunicação apoiam os sistemas de produção em rede, envolvendo sistemas interoperáveis, intercâmbio de informações, controlo descentralizado e tomada de decisões. Espera-se que a Indústria 4.0 tenha um impacto em cinco áreas essenciais: transportes; energia; bem-estar; indústria e infraestrutura. A diversidade de tecnologias e a sua integração é um atributo do conceito de I4.0 (Lee *et al.*, 2015).

As tecnologias estão a ser introduzidas na fabricação e a auxiliar como condescendentes da indústria para enfrentar os desafios atuais, utilizando requisitos cada vez mais personalizados, com maior qualidade e em menos tempo. Além disso, permitem deter e partilhar dados da produção em tempo real, que podem ser usados para a tomada de decisões (Zheng *et al.*, 2018).

2.2.1. Internet of Things

A Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) é a ligação em rede de objetos físicos, ambientes, veículos e máquinas através de dispositivos eletrônicos proporcionando a recolha e troca de dados. Os sistemas que operam com o suporte da IoT são designados de CPS e são a base da I4.0 (Ribeiro, 2017).

A IoT é patenteada por uma rede mundial de objetos expedidos, interligados e uniformes que comunicam através de protocolos padronizados. A internet das coisas é conhecida como a Internet de tudo, a qual é composta pela Internet de Serviços, pela Internet de Indústria e pela IoT, formando um sistema integrado da TIC (Hozdić, 2015).

O contexto, a omnipresença e a otimização são as principais características da IoT. O contexto refere-se à possibilidade de interação dos objetos com um ambiente real e com resposta imediata, caso ocorra alguma alteração. A omnipresença disponibiliza as informações de localização, as condições físicas ou atmosféricas de um objeto, e por fim a otimização é a ligação à rede de operadores humanos na interface Homem-máquina (Witkowski, 2017).

A Figura 5 apresenta como a IoT pode ser utilizada em toda a indústria, demonstrando a sua envolvimento em todos os setores.



Figura 5: Internet das coisas usada pela indústria.

Fonte: Adaptado Hill (2016).

2.2.2. Sistema Cyber-Físico

A transformação da atual indústria para a I4.0, inteligente e auto organizável, procurará profundas adaptações nas estruturas de produção e logística, com especial foco nos CPS, uma vez que estes são a tecnologia mais consistente para aplicações industriais e a base para a obtenção de sistemas

automatizados e inteligentes. Eles conseguem suportar as tecnologias aplicadas, a integração entre máquinas, a inteligência artificial, as tecnologias de operação remota e as tecnologias de aprendizagem adaptativa (Schumacher *et al.*, 2016).

Estudos de várias abordagens da indústria inteligente incutem uma forte correlação entre a consolidação dos CPS e outras tecnologias como a IoT, a computação em nuvem e o *Big Data* (Kang *et al.*, 2016).

A comunicação máquina-máquina (*Machine to Machine*), conceito relevante relacionado com os CPS, refere-se a dispositivos inteligentes, como computadores, equipamentos com software integrado, sensores inteligentes e dispositivos móveis, que se comunicam através de uma rede. A M2M e a IoT viabilizam novos modelos de negócio e visam a integração de dados ao fornecerem serviços inteligentes aos consumidores, de forma a aumentar a eficiência, a providenciar a automação e sistemas de custo reduzido no âmbito do comércio eletrónico. A perspetiva dos CPS visa aumentar a segurança, a produtividade e a eficiência, ao interligar as tecnologias de produção com os sistemas embutidos, para suportar fluxos de produção muito flexíveis, além de novas formas de colaboração (Gunes *et al.*, 2014).

A forte ligação entre o mundo físico, os serviços e o mundo digital pode melhorar a qualidade das informações necessárias para o planeamento, a otimização e a operação dos sistemas de produção. A descentralização e o comportamento autónomo do processo de produção são algumas das principais características dos CPS (Landherr *et al.*, 2016).

Segundo Pontes (2017), os CPS são definidos como a integração entre a computação e os processos físicos (Pontes, 2017). Para Jazdi (2014), os CPS são sistemas automatizados que permitem a ligação das operações da realidade física com as infraestruturas computacionais e comunicacionais. Estes compreendem as tecnologias transformativas para orientar os sistemas interligados, uma vez que o uso gradual de sensores e de máquinas interligadas resultam na criação contínua de um elevado volume de dados, *Big Data* (Jazdi, 2014).

2.2.3. *Big Data*

A análise baseada num grande conjunto de dados surgiu recentemente no mundo industrial, onde otimiza a qualidade da produção, a poupança de energia e melhora o serviço do equipamento. No contexto da I4.0, a recolha e a ampla avaliação dos dados de muitas fontes, equipamentos e sistemas de produção

diferentes bem como sistemas de gestão empresarial e de clientes, tornar-se-ão num modelo para sustentar a tomada de decisões em tempo real (Rüßmann *et al.*, 2015).

Num determinado sistema de produção, os dados podem ser recolhidos através de fontes variadas e a partir de níveis diferenciados de sistemas de produção. Essas fontes incluem vários tipos de recursos, como sensores e controladores, bem como sistemas de gestão de informação, como o *Manufacturing Execution Systems* e o *Enterprise Resource Planning*. Aqui o desafio é garantir que os utilizadores consigam o maior valor dos dados, de forma a ampliar a probabilidade de tomar as decisões certas (Ma *et al.*, 2017).

Para Rüßmann *et al.* (2015), o objetivo fundamental do *Big Data* consiste em ajudar as empresas a tomar as decisões e as medidas assertivas nas horas adequadas. O CPS pode ser desenvolvido para gerir o *Big Data* e estimular a interligação das máquinas de forma a conseguir alcançar os objetivos do “desenvolvimento” de máquinas inteligentes, flexíveis e auto adaptáveis (Rüßmann *et al.*, 2015).

2.2.4. Linha de produção flexível

Com a globalização dos mercados e a necessidade de atender todos os requisitos dos clientes é necessário que os equipamentos e os métodos de produção sejam capazes de se ajustar, de forma ágil e flexível a aplicar a novos produtos e a variantes de produtos com o intuito de se obter competitividade. Com o uso de robôs haverá um incremento na variedade de produtos, que poderão ser produzidos na mesma empresa, permitindo a produção de pequenos lotes devido à capacidade de configuração das máquinas de acordo com os requisitos do consumidor. Esta flexibilidade permitirá inovar, visto que os protótipos ou os novos produtos podem ser produzidos rapidamente sem necessidade de novas linhas de produção (Freitas *et al.*, 2016).

2.2.5. Cloud

Com o aumento da partilha de informação em rede surge a necessidade da partilha de dados para além dos servidores da Organização. O recurso à “nuvem”, que é um espaço virtual onde os serviços são oferecidos tendo a internet como ambiente de trabalho, fornece uma diminuição de tempo conseguindo-se informação ao milissegundo com proveitos na eficiência e na redução de custos. Assim, os dados das

empresas não devem ser guardados e processados apenas nos servidores locais, mas também no uso de serviços exclusivos em armazenamento e processamento de dados na nuvem (Obitko & Jirkovský, 2015).

A Figura 6 apresenta os itens que compõem a nuvem computacional.

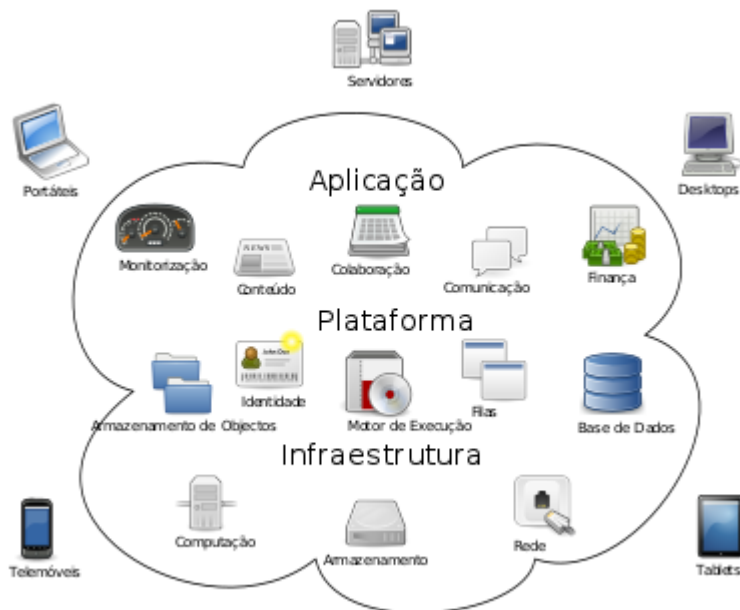


Figura 6: Nuvem computacional.

Fonte: Johnston (2013).

Segundo o mencionado em Silva (2018), o *National Institute of Standards and Technology* dos Estados Unidos vulgarizou um documento onde são definidos alguns conceitos referentes à *Cloud*, disponibilizando o serviço sob procura do consumidor sem a necessidade da intervenção de um operador humano; os recursos de armazenamento, processamento e memória devem ser agrupados de forma a assistir diversos consumidores; possui aplicações que podem ser acedidas a qualquer momento através de mecanismos padrão de acesso à rede; os serviços devem ter flexibilidade podendo ser modificados pelo consumidor, de forma a atender as suas necessidades, transportando a sensação de que os serviços têm uma capacidade infinda; o uso de recursos deve ser controlado pelo fornecedor para que os serviços sejam partilhados de forma a atender os consumidores de forma real (Silva, 2018).

2.2.6. Robótica

As fábricas inteligentes são um dos pilares da 4ª Revolução Industrial e delas fazem parte as soluções robóticas de forma a auxiliar a interface Homem-máquina, destacando-se os robôs colaborativos que são

um subtipo de robôs especialmente adaptados para trabalhar próximos de humanos ou em interação com outros robôs. Com a introdução destes, há uma interação mais próxima entre a máquina e o operador, que permite cenários colaborativos com uma precisão contínua, onde a velocidade e a repetitividade típicas dos robôs podem ser combinadas com a inata adaptabilidade, destreza, percepção e inteligência distinta dos humanos. Esta relação mutualista leva a uma forte estrutura colaborativa que irá ter um impacto positivo na produtividade, e criará novos empregos, em vez de substituir trabalhadores (Bogataj *et al.*, 2019; Cherubini *et al.*, 2016; Colim *et al.*, 2020; Tsarouchi *et al.*, 2016; Villani *et al.*, 2017; Zaatari *et al.*, 2019).

Na Figura 7 é apresentado um exemplo de um robô colaborativo.

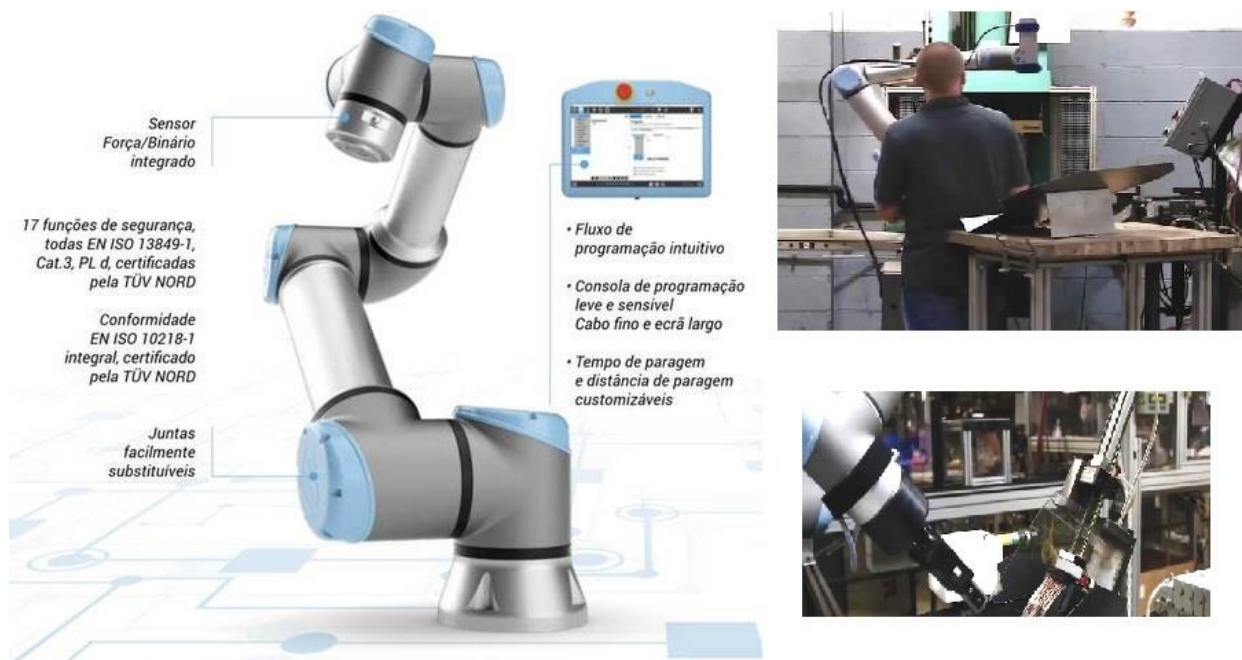


Figura 7: Exemplo de um robô colaborativo.

Fonte: GrowSkills (n.d.).

O ano de 2020 foi revolucionário para a automatização inteligente, uma vez que as empresas procurarão, cada vez mais, incorporar tecnologias analíticas e de inteligência artificial mais avançadas como parte das suas soluções. A análise dos dados da pesquisa realizada pelos autores revela que as Organizações que adotam a automatização inteligente em escala possuem algumas características distintas, como: uma estratégia de automatização inteligente para toda a empresa ajuda a criar maiores retornos a nível de capacidade da força de trabalho, da redução de custos e das receitas; a combinação da automatização dos processos robóticos com a inteligência artificial leva a um aumento médio da receita em 9%; a definição de processos e padrões produzem um aumento médio da capacidade da força de trabalho de *back-office* de 19% em comparação com 12% entre as Organizações que não o fazem; a compreensão clara de como

capturar valor leva a uma redução do custo médio em 21% contra 15% em empresas com menos percepção; e a simplificação radical impulsionada pela necessidade da redução de custos está presente em 73% das Organizações em expansão contra apenas 61% nas Organizações piloto (Heath & Micallef, 2021).

Os robôs ajudam a enfrentar o desafio da produção de curto prazo e a reduzir a lacuna existente entre as linhas de produção manuais e as linhas de produção completamente automatizadas. Ribeiro (2017) menciona que a progressão da robótica possibilitou que os trabalhos ocorressem sem a supervisão humana, sendo os robôs utilizados na realização de tarefas mais complexas, desenvolvendo e coordenando uma série de atividades logísticas e de produção (Ribeiro, 2017).

O trabalho de Rübmann *et al.* (2015) menciona uma empresa europeia que produz equipamentos robóticos resultando em robôs autônomos que interagem uns com os outros. Esses robôs estão interligados para que possam trabalhar em conjunto e ajustar automaticamente as suas ações, de forma a se adaptarem ao produto inacabado que ainda esteja em linha. Os sensores e as unidades de controlo possibilitam uma colaboração com os humanos (Rübmann *et al.*, 2015).

Segundo a investigação de Colim *et al.* (2020), foi desenvolvida uma avaliação ergonómica numa indústria de mobiliário onde há vários fatores de risco de lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho. Para o desenvolvimento deste estudo, os autores introduziram um robô colaborativo num determinado posto de trabalho (embalagem) e a avaliação ergonómica do seu impacto foi realizada através do método *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). Com esta intervenção, os investigadores concluíram que houve uma melhoria da postura dos trabalhadores, reduzindo o risco de lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho. De notar que os trabalhadores foram envolvidos em toda a investigação, estando as suas percepções em consonância com a avaliação ergonómica, o que leva a um destaque da importância da ergonomia participativa durante as intervenções no respetivo posto de trabalho (Colim *et al.*, 2020).

No futuro, as equipas de trabalho serão compostas por robôs e humanos de forma a suportar a diversidade demográfica dos trabalhadores, bem como as suas limitações físicas, onde os robôs ajudam e/ou assumem as tarefas físicas mais exigentes (Colim *et al.*, 2020).

Segundo o estudo de Colim *et al.* (2021), um dos principais objetivos deste trabalho consistiu em avaliar a aceitabilidade e o bem-estar dos trabalhadores relativamente ao novo posto de trabalho colaborativo, sendo uma contribuição significativa para este campo de investigação. Segundo os autores, os trabalhadores estiveram envolvidos durante toda a investigação e mostraram uma enorme motivação e satisfação com o novo design de trabalho. As suas percepções foram bastante positivas, destacando-se a importância da

ergonomia participativa durante este tipo de intervenção no posto de trabalho. De uma forma geral, os resultados demonstraram que a integração do *Lean Manufacturing* juntamente com a Ergonomia e Fatores Humanos num posto de trabalho, com a colaboração humano-robótica, potencializa a implementação bem-sucedida desta tecnologia bem como a melhoria contínua dos processos de fabrico. Com isto, esta abordagem pode ser usada no desenvolvimento e na implementação de ambientes I4.0, sendo o fator humano o ponto central (Colim *et al.*, 2021).

2.2.7. Visão de máquina

O termo “visão de máquina” é utilizado para descrever a tecnologia e as metodologias utilizadas na indústria, de forma a prover a inspeção e a análise autónoma baseada em imagem. O principal objetivo desta tecnologia desenvolvida consiste em encontrar novos métodos de combinar a tecnologia já existente e aplicá-la sobre problemas reais (Javaid *et al.*, 2022; Javaid & Haleem, 2020; Louw & Droomer, 2019; Silva *et al.*, 2018).

Esta tecnologia já é utilizada na inspeção de materiais, no reconhecimento de objetos, na análise de componentes eletrónicos, no reconhecimento de assinaturas, no reconhecimento ótico de caracteres e no reconhecimento do dinheiro. Ou seja, a visão de máquina aplica-se basicamente a tecnologias baseadas em imagens, incluindo o reconhecimento, a inspeção, a classificação e a medição (Louw & Droomer, 2019; Silva *et al.*, 2018).

A visão de máquina permite uma intervenção rápida e eficiente na I4.0 pois deteta, identifica e assinala a mercadoria com defeito, sendo essencial para uma produção eficiente em escala através do uso de dispositivos que garantam a qualidade, a fiscalização e a gestão de stock. A visão de máquina é capaz de ver, comunicar e trabalhar com mais precisão do que o ser humano, permitindo assim que os robôs compreendam e ajudem as pessoas em sistemas dinâmicos, pois a probabilidade de se obter um erro é reduzida com a remoção do erro humano. No futuro, com a adaptação das linhas de produção automatizadas, a visão da máquina terá um papel importante de forma a otimizar a produtividade, o desempenho e o lucro (Javaid *et al.*, 2022).

Destaque para a indústria automóvel que já implementou a visão de máquina para processos de gestão e montagem de produtos totalmente integrados como parte da transformação da I4.0, onde o sistema de visão do computador controla com precisão o processo de montagem e obtém imagens de diferentes ângulos para fornecer uma representação 3D conforme os elementos passam pela planta de produção. O

programa é controlado por um computador que compila toda a informação obtida através das câmaras e analisa as fontes de dados, identifica as falhas e fornece a proporção de desvios com base nas especificações de qualidade predefinidas (Javaid *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2018).

Os robôs já fazem parte da indústria de produção há algum tempo e são controlados através da IA e das tecnologias de visão computacional, conseguindo tirar fotografias a todas as máquinas. Esta informação é toda recolhida e enviada para a nuvem de forma a se poderem analisar e classificar os dados obtidos, permitindo que os produtores adquiram informações importantes sobre o mau funcionamento ou não deste dispositivo específico (Javaid *et al.*, 2022).

Em matéria de SST, a visão de máquina permite uma maior taxa de automação e sistemas de visão melhorados, que permitem aos robôs ocupar uma parte significativa do trabalho industrial, podendo os sistemas de manutenção preditiva ser acionados por evidência visual. Estes sistemas dependerão de sensores, como por exemplo detetores de calor e vibração (Javaid *et al.*, 2022).

2.3. Vantagens e desafios

A agregação de melhores práticas e novas estratégias de inovação estimulam o desenvolvimento industrial de uma determinada área e geram uma vantagem competitiva perante as demais. Como vantagens da integração de novas tecnologias no contexto da I4.0 destacam-se: a personalização em massa que visa aumentar a flexibilidade na produção, a rápida prototipagem e a criação de novos produtos; o incremento da velocidade de produção, o que possibilita a entrada mais rápida destes produtos no mercado; os modelos de negócio que apostam no design personalizado e na qualidade dos produtos; o controlo dos processos de forma a identificar e colmatar os erros durante a produção, resultando um aumento da qualidade dos produtos devido à diminuição dos erros; a deslocação da indústria para os centros urbanos de forma a ficar mais próxima dos consumidores, reduzindo ou eliminando o custo de transporte (Ribeiro, 2017).

De acordo com o autor, o conceito de produção para a I4.0 caracteriza-se por produções pequenas, descentradas e digitalizadas, que permite um controlo maior de todas as operações e, se necessário, a realização de alterações nos processos (Ribeiro, 2017).

A questão do investimento e o correspondente retorno financeiro apresentam um desafio no cenário da I4.0, devendo as decisões ser adaptadas às possibilidades e para tal deverá fazer-se uma análise do que

deverá ser investido, tendo em vista um crescimento progressivo e plausivelmente planejado. Para implementar os novos sistemas produtivos nas empresas é fundamental um investimento inicial muito elevado, o que levará as Pequenas e Médias Empresas (PME) a enfrentar um desafio maior, e a necessidade de criar conhecimento, ligar o conhecimento individual com o sistema de conhecimento organizacional (Ribeiro, 2017; Romero et al., 2016).

O maior desafio e também o mais complicado está relacionado com as pessoas, uma vez que estas são elementos-chave neste processo, sendo necessário uma gestão do conhecimento (processo de gestão que começa com a identificação dos objetivos estratégicos da Organização, passando pelas práticas para identificar, desenvolver, capturar e dispersar o conhecimento útil). A segurança é outro desafio significativo que surge no panorama da implementação da I4.0, no que diz respeito à partilha de informações, à segurança de informações e comunicações, à operabilidade e à proteção da propriedade intelectual. As combinações relacionadas com a segurança de dados agravam-se devido ao aumento da partilha de informações conexas à rede. Neste novo contexto é essencial garantir a proteção de dados, de forma a assegurar a privacidade dos clientes e dos trabalhadores (processamento de dados pessoais) e confidencialidade (processamento de dados sigilos comerciais). As empresas poderão ser confrontadas com processos judiciais e com multas elevadas, caso os dados não estejam devidamente protegidos, e a transgressão de dados pode levar à perda e/ou diminuição da confiança dos consumidores (Barreto *et al.*, 2017; Dalkir, 2017).

2.4. Impacto da I4.0

A origem de todas as revoluções industriais deve-se ao aumento da produtividade associado ao aumento do volume e da redução dos custos, e inovações em produtos e processos. As revoluções industriais anteriores tiveram um grande impacto a nível de produtividade, porém o impacto esperado pela quarta revolução industrial é mais amplo e afeta outros processos de negócio além da produção, como por exemplo a engenharia de produtos e o relacionamento das Organizações com a sua cadeia de abastecimento e com os clientes. O conceito de I4.0 mostra que o potencial aumento de produtividade está baseado na intensificação das atividades criativas, dos novos conhecimentos e também pelo processo de tomada de decisão. Devido à grande disseminação das tecnologias de informação e comunicação, a colaboração em todos os níveis de atividade pode ajudar a acelerar este processo (Schuh *et al.*, 2014).

Com a I4.0, os trabalhadores terão que adquirir novas competências e muitas funções rotineiras serão substituídas por CPS, logo os trabalhadores serão requisitados para realizar funções que exigem mais criatividade e adicionam mais valor baseado no conhecimento. Com relação aos impactos económicos e sociais derivados da Indústria 4.0, os mesmos podem ser positivos, com oportunidades de criação de novos negócios, novas profissões e espaço para o aparecimento de pequenas e médias empresas, em consequência da informatização e da servitização dos produtos ou sistema produto-serviço (movimento das empresas para agregar valor aos seus produtos, para oferecer serviços relacionados com eles, ou seja, a empresa passa a fornecer soluções produto-serviço em vez de vender exclusivamente aquele produto). Esta estratégia é compatível com a percepção de que o mundo entrou na época pós-industrial e que as economias desenvolvidas criarão mais valor com a produção e comercialização do conhecimento e dos serviços. Este sistema produto-serviço contempla a existência de infraestruturas e redes de suporte ao cliente, e é projetado para satisfazer as necessidades dos consumidores, sendo ao mesmo tempo mais competitivo do que nos modelos de negócios com orientação apenas para o produto (Lee *et al.*, 2014; Sousa, 2019).

Mas esta relação (impactos económicos e sociais derivados da I4.0) também pode produzir consequências negativas, como a concentração de riqueza nos países que desenvolvem a tecnologia e o aumento do desemprego, principalmente nos países subdesenvolvidos. Tendo em consideração as alterações demográficas, com o aumento da idade média da população em diversos países, uma consequência será a carreira alongada dos trabalhadores (Kagermann *et al.*, 2013).

Para Rüßmann *et al.* (2015), a modernização passa pela introdução de sistemas tecnológicos e pela digitalização dos negócios, uma vez que o novo conceito de indústria tem como base a aposta na inovação colaborativa, nos meios de produção interligados e flexíveis em toda a cadeia de distribuição e no serviço digitalizado. Esperam-se desenvolvimentos capazes de fomentar o setor industrial a vários níveis, destacando-se os equipamentos, o fator humano, os processos e os produtos. Em relação aos equipamentos, as máquinas e as ferramentas automatizadas serão munidas de capacidade para se ajustarem a alterações durante os processos e, em consequência da automatização, haverá a tendência para diminuir o número de trabalhadores, como força de trabalho, sendo substituídos por trabalhadores com conhecimentos técnicos (fator humano). O uso da impressora 3D nos processos de criação diminuirá bastante os custos e haverá uma maior personalização dos produtos, de forma a responder às necessidades específicas dos consumidores (Rüßmann *et al.*, 2015).

O impacto da I4.0 obtido pela implementação dos avanços tecnológicos na generalidade da indústria pode ser avaliado em áreas como a produtividade, o crescimento do rendimento, o emprego e o investimento. A tendência indica que, num curto espaço de tempo, o setor produtivo irá adotar os conceitos da I4.0, aumentando a produtividade e haverá um crescimento do rendimento pois a produção será orientada para consumidores específicos, ou seja, haverá uma personalização dos produtos. A digitalização implica o aumento do uso de softwares, interligações e dados em rede logo, a procura de técnicos com qualificações nas áreas de tecnologias de informação tende a aumentar, sendo necessário haver um investimento para adaptar a indústria às tecnologias da I4.0 (Rüßmann *et al.*, 2015).

2.5. Iniciativa Portugal I4.0

A Comissão Europeia criou em 2017 o Programa *European Platform of National Initiatives* que engloba quinze iniciativas para a digitalização industrial, incluindo a iniciativa portuguesa I4.0, conforme se pode observar na Figura 8. Esta iniciativa pretende que todas as empresas da Europa, independentemente do setor de atividade, local e tamanho, possam aproveitar todos os benefícios provenientes da inovação digital (ISQ & TICE.PT, 2019).



Figura 8: Iniciativas europeias da digitalização industrial.

Fonte: Tasigiorgou (2017).

No início de 2017, o Governo português lançou um plano estratégico para despertar a I4.0 em Portugal. O plano Indústria 4.0 - integrado na Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia - reflete um conjunto de medidas de iniciativa pública e privada que pretende promover a modernização das empresas e fomentar as competências digitais a vários níveis. Este plano estabelece três objetivos fundamentais: acelerar a adoção da I4.0 pelo tecido empresarial português, promover os fornecedores tecnológicos portugueses e tornar Portugal um núcleo atrativo para o investimento em I4.0 (ISQ & TICE.PT, 2019).

Para acelerar a adoção da I4.0 pelo tecido empresarial português pretende-se munir o tecido empresarial com conhecimento e informação, promover um conjunto de ferramentas para a transformação empresarial e habilitar e readaptar a força de trabalho nacional. Para promover os fornecedores tecnológicos portugueses pretende-se capitalizar o ecossistema científico e tecnológico, criar um contexto favorável ao desenvolvimento de *start-ups* I4.0 e promover soluções tecnológicas nacionais em contexto internacional. Para tornar Portugal um núcleo atrativo para o investimento em I4.0 pretende-se comunicar o país enquanto HUB de partilha de experiências e know-how para atração de recursos e criar condições favoráveis (legais e fiscais) para o investimento direcionado à I4.0 (ISQ & TICE.PT, 2019).

Com este plano é expectável um impacto em mais de 50 mil empresas com operação em Portugal e para tal foram definidas seis medidas para serem implementadas nos eixos considerados de atuação prioritária: capacitação dos recursos humanos, cooperação tecnológica, start-up I4.0, financiamento e apoio ao investimento; internacionalização; e adaptação legal e normativa (ISQ & TICE.PT, 2019).

A capacitação dos recursos humanos adequará os conteúdos formativos do sistema de ensino nacional às novas tecnologias e promoverá medidas de requalificação e formação de profissionais. A cooperação tecnológica irá promover a cooperação para o desenvolvimento e subsequente implementação de soluções e tecnologias inovadoras no quadro da 4ª revolução industrial. A start-up I4.0 reconhecerá o papel das start-ups na inovação tecnológica e desenvolverá um conjunto de medidas direcionadas à I4.0 em linha com a Estratégia Nacional para o Empreendedorismo da Start-up Portugal. Com o financiamento e apoio ao investimento pretende-se desenvolver um conjunto de mecanismos de financiamento destinados a projetos de âmbito I4.0, de forma a acelerar os investimentos e incentivar a adoção por parte do tecido empresarial português. A internacionalização irá promover a tecnologia portuguesa para o mercado externo, incentivando assim a internacionalização das empresas e a atração de investimento no país. Com a adaptação legal e normativa pretende-se garantir a adaptabilidade legal e a normalização técnica face aos desafios da nova revolução industrial, criando um ambiente propício ao desenvolvimento e investimento tecnológico (ISQ & TICE.PT, 2019).

Foram definidas cerca de 64 medidas, contemplando todos eixos prioritários de ação, a serem exercidas por diferentes responsáveis (órgãos governamentais, empresas públicas e privadas, instituições de ensino e pesquisa, associações), com objetivo de implementá-las e monitorarem o alcance dos objetivos. Uma das medidas é a criação de um modelo de avaliação de maturidade, que coincide com o foco deste trabalho, justificando a sua relevância. O desenvolvimento da iniciativa Portugal i4.0 pressupõe a criação de uma plataforma digital, que será o principal instrumento para a comunicação e a interação entre os vários intervenientes, funcionando como interface em futuras atividades desenvolvidas no âmbito da estratégia para a Indústria 4.0 no país (ISQ & TICE.PT, 2019).

2.6. Benefícios e sustentabilidade na I4.0

Com a introdução dos princípios intrínsecos da I4.0, os benefícios vão incidir sobretudo na melhoria dos prazos de entrega, na melhoria da qualidade dos produtos e no crescimento da capacidade de comunicação/interação (Ribeiro, 2017).

Com o aumento do fluxo de informação e dados, surge a necessidade das empresas fazerem uma análise meticulosa, para tornar bem-sucedido o processo de transformação digital. O setor industrial português, no que diz respeito à análise de dados, ainda tem uma maturidade digital muito baixa, pelo que se torna necessário o desenvolvimento de estruturas de forma a possibilitar essa análise (COTEC Portugal, 2020; Ribeiro, 2017; Santos *et al.*, 2018).

No plano de sustentabilidade, as novas ferramentas tecnológicas viabilizam a transformação das operações em toda a cadeia de valor, aumentando a eficiência no recurso a materiais, produtos e energia baseando-se na interseção de dados obtidos no processo criativo para a obtenção do produto (Ribeiro, 2017).

As empresas ao adotarem o conceito I4.0 adotam intrinsecamente o tripé da sustentabilidade, ilustrado na Figura 9.



Figura 9: Tripé da sustentabilidade.

Fonte: Catapan (2019).

Um dos principais benefícios da I4.0 no âmbito econômico é produzir mais, com melhor qualidade, aperfeiçoando desta forma a utilização dos recursos produtivos. Quanto ao âmbito social haverá uma transformação na vida das pessoas para além do trabalho, o que irá possibilitar uma maior qualidade de vida através do desenvolvimento de produtos inteligentes aplicados aos serviços (por exemplo, o desenvolvimento de máquinas automáticas para realizar pedidos, tal como já se verifica na restauração) e os que exigem esforço físico passarão a ser realizados com a cooperação dos robôs colaborativos. No âmbito ambiental, a melhor utilização dos recursos, o melhor uso da informação e a diminuição de produtos obsoletos ajudarão a diminuir o impacto ambiental das empresas (Catapan, 2019).

2.7. Desafios e obstáculos da I4.0

O desafio em lidar com o grande volume de dados, que obstam uma rápida tomada de decisão, será um dos grandes desafios a ser ultrapassado no atual ambiente de competitividade nos negócios. Tal evidencia-se pois os sistemas não estão prontos para gerir esses dados devido à carência de ferramentas inteligentes de análise e resposta (Lee *et al.*, 2015).

A maior barreira para a investigação das tecnologias dos CPS continua a ser a indústria conservadora que detém margens apertadas, não permitindo adotar maiores riscos estratégicos. Os autores mencionam que os CPS precisam de encontrar tecnologias de transição, através das quais as ideias verdadeiramente

inovadoras consigam ser introduzidas gradualmente no chão de fábrica, sem implicar grandes investimentos (Wang *et al.*, 2015).

Alguns dos atuais e futuros desafios da indústria são o aumento da complexidade dos produtos e processos, a volatilidade dos mercados e a diminuição do ciclo dos produtos, das tecnologias e da inovação (Rennung *et al.*, 2016).

Carolis *et al.* (2017) apresentam uma análise das lacunas encontradas para a transformação da atual indústria 3.0 para a I4.0, listando 11 gaps: incertezas dos benefícios do retorno sobre os investimentos e dos custos não conhecidos, além da falta de indicadores de performance adequados para esta medição; problemas de comunicação entre produtos inteligentes e fábricas antigas; complexidade versus usabilidade; proteção de dados e privacidade; integração e interoperabilidade; dificuldades na transformação das fábricas atuais em fábricas baseadas nos CPS; incertezas na confiabilidade do desempenho dos sistemas; segurança e limites de proteção nas linhas de produção; migração das tecnologias antigas para os CPS; regulações sobre a Organização do Trabalho; gestão da complexidade (Carolis *et al.*, 2017).

Lichtblau *et al.* (2015) apresentam os principais obstáculos identificados pelas empresas investigadas para que alcancem o sucesso no percurso da implementação da I4.0, destacando-se: a falta de transparência sobre os benefícios económicos; a falta de conhecimento ou mão-de-obra qualificada; a falta de normalização e padrões; a falta de confiança na segurança dos dados; as questões legais não resolvidas; a falta de cultura corporativa para os conceitos da I4.0; a falta de informação sobre a necessidade do mercado; a inadequada infraestrutura de rede da internet; a falta de recursos financeiros para realizar os investimentos; as burocracias internas e questões regulamentares; a falta de abertura da força de trabalho para a digitalização (Lichtblau *et al.*, 2015).

Com o objetivo de superar os obstáculos mencionados, a investigação dos autores sugere algumas ações a serem tomadas pelas empresas que querem seguir o caminho da transformação da I4.0 como: criar a conscientização para a I4.0 dentro da Organização; estabelecer a I4.0 na estratégia e na cultura corporativa; utilizar indicadores para controlar a implementação da estratégia; aumentar a capacidade da análise de dados; procurar a total digitalização dos processos; assegurar a proteção dos dados; entre outras (Lichtblau *et al.*, 2015).

Atualmente estamos muito focados na I4.0 como a transferência das tecnologias para a indústria, contudo já se perspectiva uma evolução deste conceito para a I5.0, como sendo uma indústria centrada nos fatores humanos (Kumar *et al.*, 2021). Este novo tema é abordado no Subcapítulo 2.10.

2.8. Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional

As atividades de segurança e saúde ocupacional têm sido incitadas de forma reativa até que os padrões sejam estabelecidos, levando a encargos financeiros devido aos acidentes, às doenças ocupacionais e às ações corretivas estipuladas. A plataforma internacional teve a necessidade de criar as próprias regulamentações, tendo em vista abordagens proativas, como a melhoria do desempenho de segurança e saúde ocupacional de forma permanente, o cumprimento de requisitos legais e outros e a implementação dos objetivos de segurança e saúde ocupacional (Çalış & Büyükakinci, 2019).

2.8.1. Sistemas de Gestão

Com a Quarta Revolução Industrial, também denominada como I4.0, surge a necessidade de renovar as estruturas que gerem os processos organizacionais e torná-las aptas a enfrentar mudanças. A adoção de sistemas certificados de gestão da qualidade, meio ambiente, saúde e segurança tem o potencial de ser a chave que suporta as Organizações durante a evolução e ser uma abordagem bem-sucedida rumo ao desenvolvimento sustentável.

De acordo com a norma ISO 9001, a implementação do Sistema de Gestão fornece orientações para a melhoria do desempenho global e proporciona uma estrutura para o desenvolvimento sustentável quando implementada com outras normas ISO. Posto isto, a norma ISO 9001 estabelece que se considere a adoção de outras formas de melhoria para além das medidas de correção e da melhoria contínua, tais como inovação e adaptação. A tecnologia implica uma evolução constante, portanto os modelos de negócio e de gestão devem ser renovados, repensados e recriados em sintonia com a evolução da economia digital (International Organization for Standardization, 2019).

Zhou *et al.* (2016) proferem sobre o plano estratégico desenvolvido pela Alemanha para implementar uma transição otimizada da Indústria 3.0 para a Indústria 4.0 e em relação aos fatores essenciais a uma gestão eficiente divulgam que sistemas grandes e complexos carecerão de ser geridos eficientemente através de um modelo didático construído para a otimização da gestão (Zhou *et al.*, 2016).

2.8.2. Segurança e Saúde do Trabalho

O termo Segurança e Saúde do Trabalho (SST) está ligado ao ser humano e demonstra a necessidade deste se sentir protegido contra o que possa colocar em risco o seu bem-estar, a sua saúde e a sua vida. A Segurança e Saúde nos locais de trabalho deve agregar uma preocupação constante das Organizações, pois a maior parte do tempo de ser humano é passado lá (onde normalmente desenvolvem a atividade profissional). Esta preocupação deve ser vista, não só na perspetiva de cumprimento de requisitos legais e regulamentares, mas também em termos de Responsabilidade Social (Santos *et al.*, 2018).

De forma a cumprir um conjunto de regras e princípios, é fundamental sensibilizar as pessoas sobre a necessidade de alterarem alguns comportamentos a fim de se prevenir os riscos profissionais. Para tal é importante optar-se por uma atitude proativa em relação à segurança e dar formação às pessoas, de forma a se incutir o pensamento e a prática em segurança. Com esta base poderão agir, aceitar os processos e os procedimentos da segurança, bem como aplicar as práticas e os métodos da implementação efetiva da Gestão da Segurança e Saúde, principalmente entre os resistentes, os indecisos e no exterior da Organização (Santos *et al.*, 2018).

Segundo Santos *et al.* (2018), devido à complexidade da Gestão da Segurança e Saúde nas Organizações, a forma mais eficaz para se ter um controlo sobre os processos, os produtos e as atividades que têm impacto no ambiente de trabalho, é através da formalização de um Sistema de Gestão de Segurança e Saúde do Trabalho, pois deverá ter-se sempre presente que as pessoas são a maior riqueza de qualquer Organização, isto é, o seu verdadeiro capital humano em termos de potencial e valor (Santos *et al.*, 2018).

2.8.2.1. Erro humano na causalidade de acidentes - uma visão geral

A segurança dos locais de trabalho foi a primeira preocupação social que impulsionou a criação da legislação laboral (Miguel, 2014). De acordo com o n.º 1 do artigo 8.º da Lei n.º 98/2009, de 4 de setembro, entende-se por acidente de trabalho aquele que ocorre no local e horário de trabalho e causa direta ou indiretamente lesões corporais, distúrbios funcionais ou doença de que resulte uma redução na capacidade de trabalho ou morte (Assembleia da República, 2009).

Apesar da segurança continuar a ser vista como sinónimo de prevenção de acidentes, ela evoluiu e engloba um número cada vez maior de fatores e atividades, desde as primeiras ações de reparação de

danos (como lesões) a um conceito mais amplo, onde procuramos a prevenção de todas as situações que criam efeitos indesejáveis no trabalho (Miguel, 2014).

A perspectiva de zero acidentes está longe de se alcançar, apesar de ter havido uma diminuição dos mesmos, segundo a última análise disponibilizada sobre os acidentes de trabalho ocorridos em 2018. De acordo com a análise realizada pelo Gabinete de Estratégia e Planeamento (2018), houve uma redução dos principais indicadores (percentagem total de acidentes de trabalho e percentagem total de acidentes de trabalho com consequência fatal). No que diz respeito à atividade económica, 25,5% do total dos acidentes de trabalho ocorreram na indústria de transformação e 25,2% dos acidentes fatais ocorreram na construção. Tendo em vista a população exposta ao risco, o setor onde a sinistralidade teve maior impacto foi a construção com 8390,9 acidentes por 100000 trabalhadores e, no caso de acidentes com consequências fatais, esta taxa foi maior nas indústrias extrativas com 35,1 acidentes por 100000 trabalhadores. Considerando o tamanho da empresa, tanto o número total de acidentes como os acidentes com consequências fatais concentraram-se nas micro (47,2%) e pequenas empresas (58,6%). Dentro das Organizações ocorreram 75,8% do total de acidentes e 41,7% dos acidentes com consequências fatais. Das vítimas que se sabia a idade à data do acidente, 51,1% tinham entre os 35 e os 54 anos, sendo a faixa etária mais afetada a dos 35 aos 44 anos. As lesões que causaram mais dias de ausência foram as amputações e os esmagamentos, em relação à parte mais afetada foram as de Corpo Inteiro (GEP, 2018).

Um acidente é um evento não planeado e, portanto, indesejado, que resulta em danos físicos e/ou materiais, ou seja, um acidente é o resultado de uma sequência de atos e eventos que causam lesões a pessoas ou perdas de materiais para a empresa (Vilela *et al.*, 2020).

A classificação das causas dos acidentes de trabalho divide-se em falhas latentes e falhas ativas. As falhas latentes incluem o local de trabalho, o ambiente de trabalho, o ambiente externo à empresa, a organização e o espaço de trabalho. As falhas ativas incluem falhas técnicas, humanas e indefinidas (Costa, 2019).

Os acidentes de trabalho resultam de duas causas principais: atos inseguros e condições inseguras. Os atos inseguros são definidos como as causas dos acidentes de trabalho que residem exclusivamente no fator humano, ou seja, aqueles que resultam do desempenho de tarefas de forma contrária às regras de segurança (violação de um procedimento seguro que pode levar à ocorrência de um acidente). Exemplos de atos inseguros: agir sem permissão; brincar no local de trabalho; danificar dispositivos de segurança; não usar equipamentos de proteção individual; não cumprir as regras de segurança estipuladas. As condições inseguras são aquelas que, quando presentes no ambiente de trabalho, comprometem a segurança do trabalhador e a segurança das instalações e equipamentos. Exemplos de condições

inseguras: falta de ordem e limpeza; falha no processo e/ou método de trabalho; ruído e vibrações excessivas; pisos escorregadios; iluminação inadequada; ventilação inadequada; entre outros. Infelizmente, a maioria dos acidentes de trabalho continua a resultar de atos inseguros (Costa, 2019).

2.8.2. Benefícios da implementação de um sistema de gestão de segurança e saúde do trabalho

Um sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional possibilita a gestão sistemática dos riscos relacionados com a saúde e segurança ocupacional, identifica e organiza os processos e os procedimentos, e garante a implementação, revisão e continuidade do estabelecido. Com um sistema de gestão de SST, as Organizações melhoram o seu desempenho e para tal é necessário: definir, desenvolver e implementar objetivos e uma política de SST; criar processos sistemáticos que considerem o seu contexto e que contemplem os riscos e as oportunidades, as exigências legais e os demais requisitos com que a Organização se compromete; determinar os perigos e os riscos de SST relacionados com as suas atividades e tentar eliminá-los ou estabelecer mecanismos de controlo para diminuir os seus efeitos; estabelecer mecanismos de controlo operacionais para gerir os riscos de SST, os requisitos legais e os demais requisitos com que a Organização está responsabilizada; aumentar a consciencialização sobre os riscos de SST; avaliar o desempenho de SST e procurar melhorá-lo através de ações apropriadas; garantir que os trabalhadores adotam um papel ativo em matéria de SST, através do seu envolvimento (Çalış & Büyükkıncı, 2019; Occupational Health and Safety, 2015).

Com estas medidas, a Organização será vista como um local seguro para trabalhar e tal poderá trazer benefícios como melhorar a capacidade de resposta no que se refere a questões de conformidade legal, reduzir os custos gerais com os incidentes, reduzir os acidentes de trabalho, garantir a segurança dos trabalhadores, reduzir o tempo de inatividade e os custos de interrupção das operações, reduzir o custo dos prémios de seguro, reduzir o absentismo e a rotatividade dos trabalhadores da Organização e atingir um ponto de referência internacional, que por sua vez pode influenciar uma carteira de clientes que estejam preocupados com as responsabilidades sociais (Çalış & Büyükkıncı, 2019; Occupational Health and Safety, 2015).

Alguns dos benefícios da implementação de um SGSST estão expostos na Figura 10.



Figura 10: Benefícios da implementação de um SGSST.

Fonte: Senac-RS (n.d.).

2.8.3. Norma ISO 45001

A norma ISO 45001 é uma norma internacional que especifica os requisitos para um sistema de gestão de SST e fornece orientação para a sua devida utilização, de forma a permitir a uma Organização proporcionar locais de trabalho seguros e saudáveis, prevenindo lesões e problemas de saúde relacionados ao trabalho, bem como melhorar proactivamente o seu desempenho de SST (ABNT, 2018).

Esta norma é aplicável a qualquer Organização (independentemente do seu tamanho, tipo e natureza) que deseje estabelecer, implementar e manter um SGSST para melhorar a segurança e a saúde ocupacional, eliminar perigos e minimizar riscos, tirar proveito das oportunidades e resolver as não conformidades do sistema de gestão (ABNT, 2018).

A ISO 45001 permite que uma Organização agregue outros aspetos de segurança e saúde, como o bem-estar do trabalhador, através do sistema de gestão da SST. De notar que a Organização também é obrigada a cumprir os requisitos legais aplicáveis para resolver essas questões (Santos *et al.*, 2018).

O sistema de gestão da SST de uma Organização deve ser específico de forma a atender as suas próprias necessidades no que respeita à prevenção de acidentes e doenças profissionais, pelo que naturalmente

uma pequena empresa com baixos riscos precisará de implementar um sistema relativamente simples, ao passo que uma grande empresa com altos níveis de risco precisará de algo muito mais complexo. Qualquer tipo de sistema pode estar em conformidade com os requisitos da norma, desde que seja demonstrado que o mesmo é apropriado e eficaz para a Organização (Occupational Health and Safety, 2015; Santos *et al.*, 2018).

Esta norma não aborda especificamente questões como a segurança do produto, danos materiais ou impactos ambientais, e uma Organização não é obrigada a ter em consideração estas questões, a não ser que as mesmas representem um risco para os seus trabalhadores e outras partes interessadas relevantes (ABNT, 2018).

A ISO 45001 não se destina a ser um documento juridicamente vinculativo, trata-se de uma ferramenta de gestão para o uso voluntário por parte de todas as Organizações, sejam elas de pequena, média ou grande dimensão, organismos governamentais, entre outros, desde que tenham como objetivo eliminar ou minimizar o risco de acidentes e doenças profissionais (Occupational Health and Safety, 2015).

2.8.4. Implicação do anexo SL

Conforme aplicado a outras normas ISO de sistemas de gestão, as versões de 2015 das normas ISO 9001 para a qualidade e ISO 14001 para o ambiente, bem como a ISO 45001:2018, já adotam o Anexo SL, ou seja, seguem uma abordagem de estrutura de alto nível. Todas as normas ISO de sistemas de gestão que sejam revistas ou redigidas de agora em diante também seguirão este documento. Para quem adotar a norma é importante que os seus requisitos sejam consistentes com outras normas, o que permitirá uma migração relativamente fácil quando se utiliza uma outra norma existente do sistema de gestão de SST para se passar a usar a ISO 45001 e também permitirá o alinhamento e a integração com os requisitos de outras normas ISO de sistemas de gestão nos processos gerais de gestão da Organização (Occupational Health and Safety, 2015; Segurado, 2015).

Todas as normas ISO do sistema de gestão têm elementos comuns e adotam o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check and Act*) de melhoria contínua. Contudo, muitas normas definiam requisitos semelhantes de modo diferente, ou colocavam requisitos iguais em secções diferentes, o que causava confusão aos utilizadores de várias normas. Nesse sentido, a ISO desenvolveu o chamado Anexo SL (publicado em 2012) que serve de base a todas as normas de sistemas de gestão, simplificando a sua leitura e interpretação pelos utilizadores e a integração de sistemas de gestão nas Organizações (Santos *et al.*, 2018).

O documento é composto por várias partes, sendo o Apêndice 2 o mais relevante para todos os utilizadores das normas, encontrando-se dividido em três níveis: estrutura de alto nível; texto base idêntico; termos e definições comuns (Segurado, 2015).

A estrutura de alto nível distribui os requisitos em dez secções, alinhadas com a abordagem PDCA, de modo a dar uma sequência lógica aos requisitos dos sistemas de gestão e propõe um texto comum para requisitos muito estáveis dos sistemas de gestão, como a informação documentada, ações corretivas, auditorias internas, revisão pela gestão, entre outros. As secções são as seguintes (Santos *et al.*, 2018; Segurado, 2015):

1. Âmbito;
2. Referências normativas;
3. Termos e definições;
4. Contexto da Organização;
5. Liderança;
6. Planeamento;
7. Suporte;
8. Operação;
9. Avaliação de desempenho;
10. Melhoria.

Estes termos comuns serão usados para cada secção, mas as secções serão adaptadas às especificidades de cada norma, por exemplo Qualidade no caso da ISO 9001, Ambiente no caso da ISO 14001 ou Segurança e Saúde no caso da ISO 45001. As secções apresentam 84 requisitos “deve/devem”, porém a norma ISO 45001 contém no total 94 (Santos *et al.*, 2018; Segurado, 2015).

Um novo termo que surge é “informação documentada” (ISO 45001) que substitui termos como “documentos e registos” (OSHAS 18001), abrindo-se assim o caminho para sistemas de comunicação contemporâneos, especialmente a informação em suporte digital. Não é obrigatório haver instruções de trabalho ou procedimentos documentados, o que coloca novos desafios aos auditores na avaliação das informações documentadas (Constantine, 2018; Santos *et al.*, 2018).

2.8.5. Principais diferenças entre a ISO 45001:2018 e a OSHAS 18001:2007

A introdução da ISO 45001, substituindo a OSHAS 18001, apresenta várias melhorias e diferenças tanto na sua estrutura como na sua abordagem a outros sistemas de gestão. O objetivo desta norma é conceber uma estrutura para gerir a prevenção de acidentes fatais, doenças profissionais e lesões dos trabalhadores, através do uso do ciclo PDCA. Os principais aspetos inovadores da norma ISO 45001 em relação à norma OSHAS 18001 são a incorporação da estrutura do anexo SL, o compromisso da gestão, o envolvimento dos trabalhadores, o enfoque mais baseado no risco e a não contém uma secção sobre ações preventivas (Constantine, 2018; Oliveira, 2020; Santos *et al.*, 2018).

A ISO 45001 é baseada no anexo SL, estrutura dos outros sistemas de gestão ISO, tornando a sua implementação mais clara e eficiente. Com esta nova base consegue-se a integração de vários sistemas de gestão ISO (por exemplo, muito comum, SST, qualidade e ambiente) e a redução dos custos associados (Oliveira, 2020; Severo, 2018).

A ISO 45001 exige a integração da saúde e segurança no sistema de gestão da Organização, impondo que a gestão assuma um papel forte de liderança. Quanto ao envolvimento dos trabalhadores, esta norma exige a informação e a formação dos trabalhadores para identificar os riscos e viabilizar o sucesso de um programa de saúde, possibilitando uma participação mais vasta dos trabalhadores. Os resultados das auditorias internas e avaliações de risco devem ser partilhadas e permitir que os trabalhadores possam fazer a sua apreciação (Oliveira, 2020; Severo, 2018).

Ao contrário da OSHAS 18001 que destaca o controlo de perigos, a ISO 45001 segue um processo preventivo precisando que os perigos e os riscos sejam avaliados e corrigidos antes de causarem acidentes e lesões. Conforme se pode verificar na descrição do ponto 3 da norma (3. Temos e definições), a ISO 45001 mudou a designação de alguns conceitos assim como a definição de novos termos (Oliveira, 2020).

2.8.6. Ciclo PDCA na ISO 45001

A norma ISO 45001 baseia-se nos elementos comuns encontrados em todas as normas ISO de sistemas de gestão, garantindo um alto nível de compatibilidade com as novas versões da ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade) e ISO 14001 (Sistemas de Gestão Ambiental). A norma usa um modelo simples PDCA, que fornece uma base para as Organizações planearem o que precisam para colocar em prática,

com a finalidade de minimizar o risco. As medidas devem ter em consideração as preocupações que podem levar a problemas de saúde a longo prazo e a ausências no trabalho, bem como aqueles que dão origem a acidentes (Santos *et al.*, 2018).

O ciclo PDCA é um processo repetitivo e é utilizado pelas Organizações para adquirir a melhoria contínua, podendo ser aplicado a um sistema de gestão e a cada um dos seus elementos individuais (ABNT, 2018):

1. Planear (P): determinar e avaliar os riscos e as oportunidades de SSO, outros riscos e outras oportunidades, estabelecer os objetivos e os processos de SSO necessários para assegurar resultados de acordo com a política de SSO da Organização;
2. Executar (D): implementar os processos conforme o planeado na fase anterior;
3. Verificar (C): monitorar e medir as atividades e os processos em relação à política e aos objetivos de SSO e descrever os resultados;
4. Atuar (A): tomar medidas para a melhoria contínua do desempenho de SSO, para alcançar os resultados pretendidos.

A norma ISO 45001 incorpora o conceito PDCA numa nova estrutura, conforme ilustrado na Figura 11.

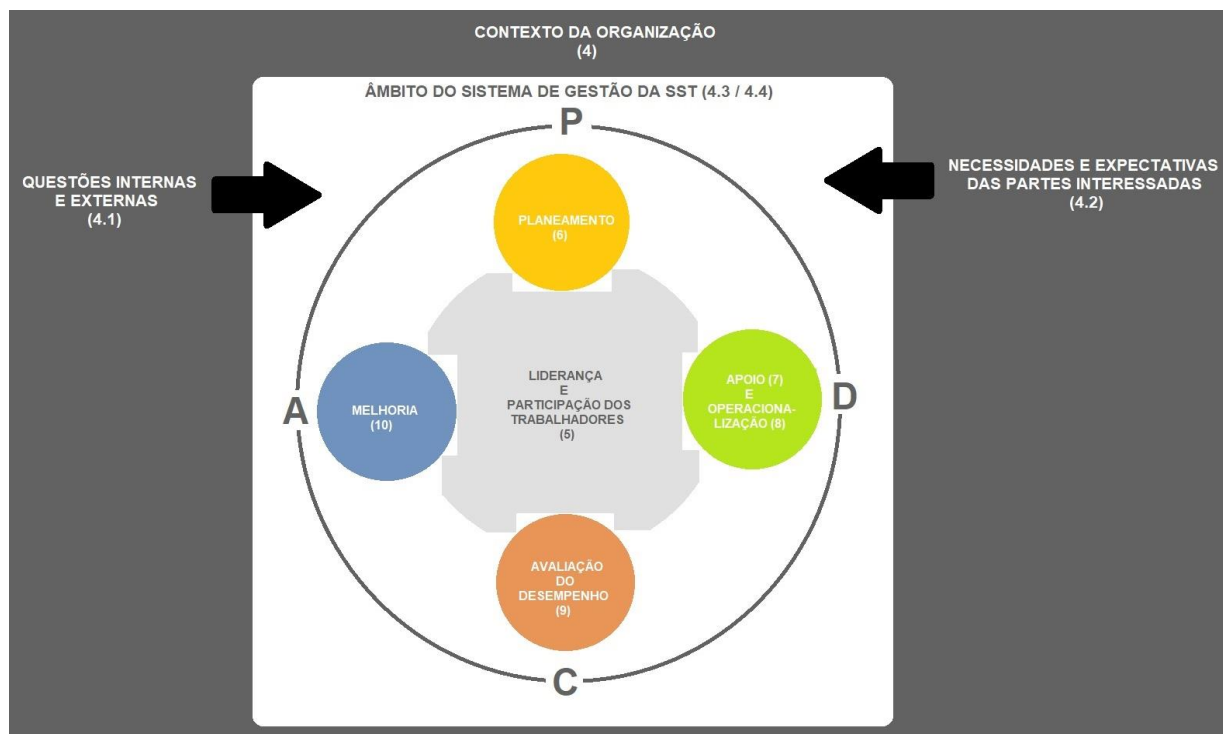


Figura 11: Modelo do sistema de gestão da SST (relação entre o ciclo PDCA e a estrutura da norma ISO 45001:2018).

Fonte: Adaptado ABNT (2018).

A implementação de um SGSST consistente ajuda as Organizações a: diminuir acidentes e doenças de trabalho, evitar processos judiciais penosos, diminuir os custos dos seguros, criar uma cultura positiva na Organização quando os trabalhadores notam que as suas necessidades estão a ser atendidas/correspondidas (Santos *et al.*, 2018).

2.8.7. Fator humano na indústria digital

A introdução de maquinaria moderna, em combinação com sistemas digitais, visa a evolução da indústria através do conceito da I4.0, implicando mudanças na Organização e nas atividades dos trabalhadores. Nos processos produtivos destacam-se mudanças como o aumento da complexidade dos processos produtivos, o impacto nas funções dos trabalhadores e a avaliação das capacidades de adaptação dos trabalhadores (Ribeiro, 2017).

A produção em grande escala deve-se ao ajustamento dos processos produtivos com as tecnologias e os métodos, uma vez que ao implementar novas tecnologias e métodos em contexto da I4.0, as produções são mais flexíveis e variadas. Com a inserção de métodos e técnicas sustentadas em sistemas informáticos é possível realizar a produção de lotes mais pequenos e prazos de entrega mais reduzidos (Ribeiro, 2017).

A implementação dos sistemas digitais incentiva as alterações nos processos, nas estruturas de trabalho e nas tarefas desenvolvidas pelos trabalhadores. Devido a todas estas alterações e com o aumento da digitalização e da automatização, os trabalhadores deverão possuir um nível de qualificação (Ribeiro, 2017).

Com a introdução da cultura digital é importante que todos os trabalhadores estejam alinhados no processo, adaptando a sua forma de pensar e de agir às novas tecnologias, uma vez que as tarefas irão passar a centrar-se no plano construtivo e comunicativo. A digitalização dos processos envolve o domínio dos conceitos básicos das tecnologias utilizadas e para tal, os trabalhadores terão que desenvolver as suas capacidades para perceber os processos, examinar os fluxos de informação, avaliar situações e propor soluções (Ribeiro, 2017).

O papel do trabalhador continua a ser importante no processo produtivo, agora direcionado para novas modalidades principalmente a coordenação (o trabalho que exigia esforço físico passa a ser realizado por máquinas); ou seja, as tarefas físicas passam a ser menos importantes nos processos, dando maior

destaque à especialização e ao domínio das novas tecnologias nas áreas de planeamento, execução, tomada de decisão, controlo da programação e correção de falhas (Gabriel & Pessl, 2016).

Segundo Neumann *et al.* (2021), o principal objetivo do seu estudo visou identificar quais foram os fatores humanos considerados até ao ponto da literatura científica sobre a I4.0 e fornecer uma abordagem sistemática que apoie o desenvolvimento do sistema corporativo I4.0. Segundo os autores, todas as pesquisas realizadas, até ao momento da escrita do artigo, sobre tecnologias e implementação da I4.0 ignoraram imenso os humanos no sistema I4.0. A consideração sistemática e a atenção aos fatores humanos na transformação digital do trabalho podem evitar consequências negativas para os trabalhadores, Organizações e sociedade como um todo. Com esta contribuição, os autores mencionam que tanto os investigadores quanto os praticantes deverão ter uma abordagem sistemática para incorporar os fatores humanos na transformação industrial que já está em curso, de forma a garantir que os seus investimentos na I4.0 não caiam na denominada armadilha da inovação (Neumann *et al.*, 2021).

2.8.8. Desafios da I4.0 para a SST

A SST evoluiu com as revoluções industriais e os trabalhadores conquistaram os seus direitos de forma a garantir a sua segurança e integridade física. Atualmente é obrigatório haver um plano de segurança, elaborado por especialistas da área de SST, de forma a garantir um ambiente seguro, adequado e ergonómico para os trabalhadores (AMBRA: Segurança do Trabalho, n.d.).

A I4.0 poderá tornar o trabalho mais seguro através de uma análise de risco contínua através da monitorização de alguns indicadores de saúde/bem-estar do trabalhador, como a frequência cardíaca, a tensão arterial, a temperatura, a sudação, entre outros. Tal criará alertas em tempo real que possibilitam interromper o trabalho e adaptar as medidas de prevenção, restabelecer os procedimentos de segurança e evitar lesões. Todavia os trabalhadores podem sentir que a sua privacidade está a ser “invadida” devido ao uso de monitores e sensores, o que poderá originar uma maior pressão psicológica por considerarem que poderá haver um controlo sobre a sua produtividade, pausas e tempos de trabalho (Leso *et al.*, 2018; Ramos, 2019).

A disponibilidade dos robôs colaborativos para realizar tarefas onde se pode utilizar mais força, persistência e precisão, fomenta o aumento da qualidade do produto e/ou serviço final bem como a produtividade do processo, diminuindo as lesões musculoesqueléticas e as lesões traumáticas dos trabalhadores (Bonekamp & Sure, 2015; Leso *et al.*, 2018).

Mesmo com o auxílio dos robôs colaborativos, os acidentes de trabalho podem surgir por não haver formação de como os utilizar. Estes equipamentos são máquinas de trabalho e deverão ser avaliados segundo o Decreto-Lei n.º 50/2005. Apesar de serem considerados equipamentos autónomos podem gerar riscos elétricos, térmicos, ruído, vibração e/ou radiações. O erro humano também deverá ser considerado na programação dos robôs colaborativos, uma vez que podem conduzir a acidentes de trabalho (Badri *et al.*, 2018; Bonekamp & Sure, 2015; Leso *et al.*, 2018).

Neste novo contexto de indústria estima-se que a carga psicológica irá ser maior do que a carga física, uma vez que se espera que os trabalhadores procedam por iniciativa própria, tenham uma excelente capacidade de organização do respetivo trabalho e mais responsabilidades. Haverá uma maior procura de trabalhadores novos e formados devido à necessidade de lidar com o mundo digital, que geralmente é mais simples para as gerações mais novas, conduzindo a uma alteração demográfica nas indústrias, o que não é recomendado numa perspetiva ocupacional inclusiva. Esta situação, juntamente com a troca dos postos de trabalho de Homem para máquinas, poderá levar ao desemprego na faixa etária mais envelhecida da força de trabalho, ansiedade e stress, contribuindo para os fatores de risco psicossociais (Badri *et al.*, 2018; Bonekamp & Sure, 2015; Leso *et al.*, 2018).

Com a obtenção da devida consideração (desenho organizacional, direito dos trabalhadores e oportunidade de formação) e com uma produção mais flexível, os trabalhadores poderão ter um equilíbrio realista entre a vida profissional e pessoal. Ao criar um valor industrial sustentável, a I4.0 deve ponderar os prós e os contras para a SST. Para enfrentar os riscos emergentes e gerir o impacto ético da inovação industrial 4.0, será necessário introduzir medidas práticas, preventivas e de proteção focados no constante desenvolvimento profissional e formação em saúde e segurança ocupacional. A Figura 12 patenteia as vantagens e as desvantagens da I4.0 na SST nomeadas pelo autor (Ramos, 2019).

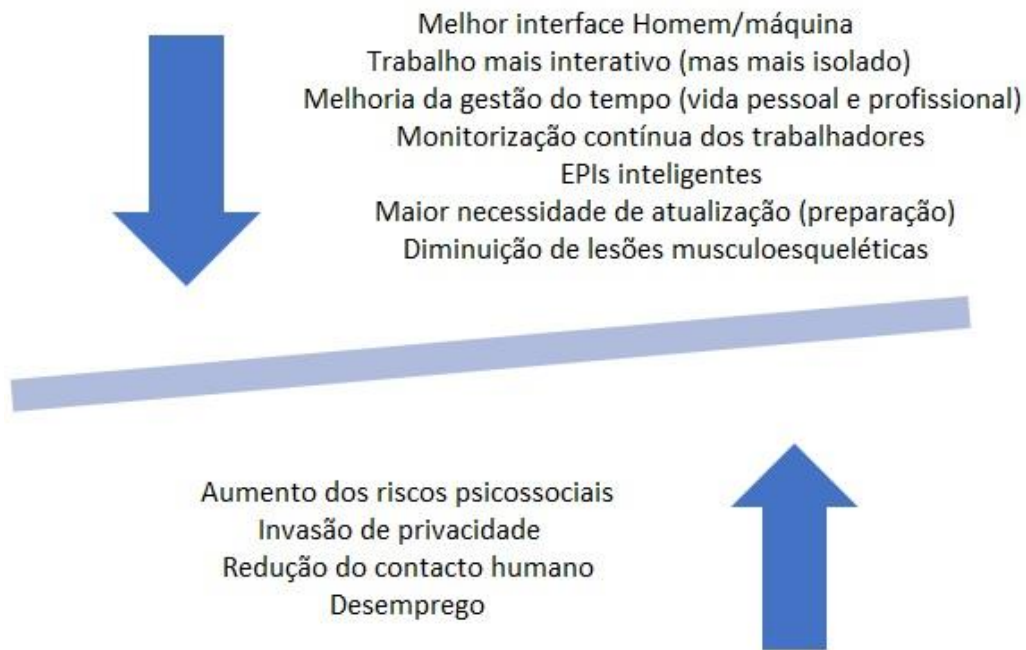


Figura 12: Vantagens e desvantagens da I4.0 na SST.

Fonte: Ramos (2019).

A perceção da maioria dos investigadores é que a I4.0 tem um forte foco nas tecnologias ou soluções tecnológicas, sendo visível em alguns dos primeiros manifestos políticos e nas primeiras publicações de investigação deste tema. Entretanto, a I4.0 não pode ser considerada alheia à centralidade humana, sustentabilidade e resiliência, apesar da eficiência dos recursos e das necessidades sociais serem encontradas em algumas das principais publicações (Kagermann et al., 2013; Xu et al., 2021). Por exemplo, o projeto Factory2Fit pretendeu habilitar e envolver os trabalhadores num ambiente industrial mais tecnológico/digital.

2.9. Influência da tecnologia na atuação do trabalhador

Para uma boa gestão da SST é essencial perceber quais são os impactos da nova revolução industrial para os trabalhadores, sobretudo no que se refere aos riscos a que eles estão expostos. A partir disso podem ser tomadas as medidas necessárias para prevenir e minimizar esses riscos (Xavier, 2019).

As novas tecnologias estão cada vez mais presentes na indústria e inovações como drones, robôs e inteligência artificial, trazem uma série de vantagens que não devem ser desconsideradas. É normal que surjam receios por parte dos trabalhadores uma vez que pensam que podem ser substituídos, no entanto,

a realidade é que a mão-de-obra humana não se vai tornar dispensável. No contexto da I4.0, a forma como a mão-de-obra humana atua é que muda, sendo necessário que os trabalhadores se adaptem às inovações para trabalhar em conjunto com elas (DJP Automação, 2020; Xavier, 2019).

Estas adaptações têm de acontecer nas empresas que desejem manter-se atualizadas, havendo uma alteração da lista de riscos aos quais os trabalhadores serão expostos. Apesar do uso das novas tecnologias terem o potencial de facilitar certas funções, contribuindo para a saúde do trabalhador, elas também podem ser a causa de alguns problemas. Os fatores psicossociais são um dos principais motivos de afastamento do trabalho na I4.0 porque os profissionais que já estão no mercado há vários anos, têm mais dificuldade em se adaptar à nova forma de exercer as suas funções, o que resulta num conflito Homem-máquina (Xavier, 2019).

Todos estes fatores provocarão mudanças no comportamento dos trabalhadores, o que levará a uma procura de profissionais especializados, esperando-se conhecimento e aptidão no trato com o mundo digital, bem como a capacidade de análise e atualização contínua. Na I4.0 os trabalhadores devem agir mais por iniciativa própria, uma vez que os trabalhos repetitivos e perigosos ficarão a cargo dos robôs. Nesse sentido, a capacidade analítica é fundamental para identificar ameaças e oportunidades no chão de fábrica e da mesma forma saber interpretar os muitos dados que serão produzidos pelos sensores, inclusive com fins de segurança (DJP Automação, 2020).

A implementação dos novos recursos da I4.0 carece de ser acompanhada por um plano de ação de forma a reduzir os riscos à saúde e à segurança do trabalhador.

2.9.1. Cuidar da SST na I4.0

Primeiramente, as Organizações têm de capacitar e consciencializar o trabalhador pois este deve ser preparado, através de formação, para lidar com as tecnologias no ambiente de trabalho. Com as orientações necessárias, é possível evitar o impacto negativo no aspeto emocional, reduzindo o nível de stress e contornando um dos maiores desafios da SST na I4.0 (Xavier, 2019).

Outra medida essencial é precaver os acidentes de trabalho, sendo a tecnologia uma aliada relevante. Por exemplo, o uso de sensores pode ser disseminado para controlar o acesso de pessoas a áreas de risco, havendo a possibilidade de supervisionar o ambiente de forma mais eficaz, prevenindo e reduzindo os riscos. Portanto, é óbvio a importância de realizar uma boa gestão da SST na I4.0, sobretudo enquanto a

Organização atravessa o período de mudança com a implementação de novas tecnologias. Assim, a segurança e a saúde dos trabalhadores serão conservadas para que todos, tanto os trabalhadores quanto a Organização, sejam beneficiados (Xavier, 2019).

Quando se fala da saúde do trabalhador associa-se de imediato a exames periódicos e a medidas mais tradicionais de segurança no trabalho, entretanto há um outro lado do cuidado com os trabalhadores que deve ser alvo de atenção dos gestores, como por exemplo, as diferentes medidas de cuidado com a saúde que afetam diretamente a produtividade e a satisfação dos trabalhadores em relação à Organização onde trabalham (Dias, 2019; Xavier, 2019).

2.9.2. Relação entre saúde e produtividade

O capital humano é o bem mais precioso das empresas e as empresas começam a valorizar isso. O conceito de que as empresas colocam os seus trabalhadores em primeiro lugar tem adquirido destaque no mercado corporativo e tem sido motivado por gestores em oferecer melhores condições de trabalho. Tal está a acontecer porque eles perceberam que incrementar estratégias de cuidado com a saúde física e psicológica dos trabalhadores, tem um grande impacto na sua produtividade e nos resultados da empresa (Dias, 2019).

Esse impacto é positivo e tem diversas motivações: os trabalhadores sentem que a Organização se preocupa com eles e que valoriza o seu trabalho notando-se assim mais satisfação e envolvimento; os trabalhadores sentem-se mais confortáveis para produzir, colaborar e inovar em ambientes organizacionais mais saudáveis. Este impacto positivo na Organização cria um lucro maior, retém os profissionais talentosos e fortalece a cultura empresarial (Dias, 2019). A Figura 13 evidencia a relação entre a saúde e a produtividade.

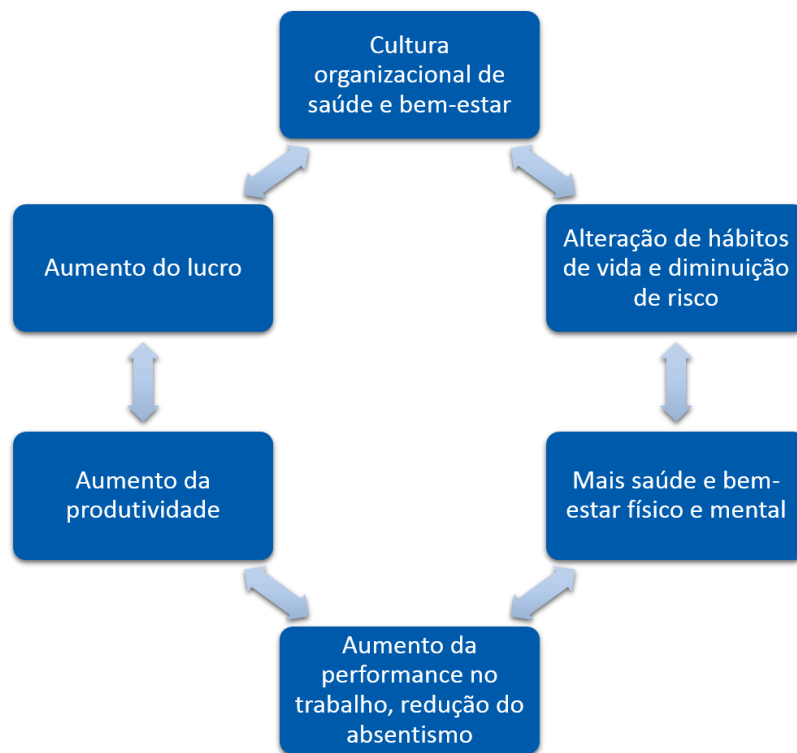


Figura 13: Relação entre saúde e produtividade.

Fonte: Rodrigues (2018).

2.9.3. As melhores práticas para cuidar dos trabalhadores

Atualmente, pensar em cuidados com a saúde do trabalhador não se limita a exames periódicos nem a cumprir com as normas obrigatórias de segurança do trabalho. Cada vez mais, as Organizações devem ter em atenção as lesões musculoesqueléticas e o bem-estar psicológico do trabalhador, devendo dar-se mais atenção à sua postura corporal, aos bons relacionamentos, à boa comunicação e à disponibilização de espaços confortáveis, ferramentas adequadas, locais seguros e acessíveis (Dias, 2019).

Quanto à melhoria da postura corporal, o bem-estar com o próprio corpo é fundamental para a produtividade (trabalhar com dores e/ou desconforto pode afetar a rotina das tarefas). Tendo em conta que atualmente grande parte dos trabalhadores está muitas horas sentados em frente aos computadores, é pertinente ficar-se atento à postura correta, tanto para sentar como para manipular equipamentos como o rato e o teclado. Atualmente já há muitas empresas que dão formação aos trabalhadores neste sentido, havendo quem dê momentos de alongamento (IGAS, 2018).

O impacto dos relacionamentos interpessoais na produtividade é um dos fatores que poucos têm em consideração ao pensarem na saúde do trabalhador. O ritmo do mercado corporativo transformou muitas

equipas em verdadeiros campos de guerra, com rivalidades, pressão e preconceitos, resultando pessoas stressadas, desanimadas e até mesmo deprimidas. Ver o lado psicológico das pessoas é imprescindível e tal pode ser concretizado com o cultivo de ambientes mais leves e saudáveis e estimulando o trabalho em equipa, parceria e desenvolvimento recíproco (Dias, 2019).

Os gestores podem observar resultados incríveis se investirem numa comunicação clara. Os trabalhadores devem ser ouvidos pois só desta forma é que os gestores compreenderão o que eles pensam, como veem a empresa e os processos e o que sugerem como melhorias. A criatividade e a inovação são constantes em Organizações que cultivam uma cultura de feedback e uma comunicação mais horizontal, levando ao crescimento e ao sucesso de muitas empresas em todo o mundo (Paes, 2011).

O aspeto físico da Organização também é importante para a saúde do trabalhador, havendo outros fatores que podem persuadir o conforto do espaço, como por exemplo, a dimensão da área em relação à quantidade de pessoas, as cadeiras e as mesas utilizadas. Uma forma de acrescentar valor à experiência do trabalhador é conceder-lhe espaços agradáveis, tendo em consideração o tempo que este passa na empresa (JLL, 2019).

As ferramentas usadas pelos trabalhadores também estão relacionadas ao conforto, à satisfação e à produtividade. Por isso, deverá haver um investimento em equipamentos e ferramentas que atendam os requisitos para se ter um serviço eficaz, de forma a evitar um serviço lento e pouco otimizado, que possa despertar o stress nos trabalhadores e a perceção de desvalorização por parte da empresa (UGT, 2020a).

A segurança e o acesso nos locais de trabalho devem ser prioritários para as empresas, uma vez que estas são diretamente responsáveis pela vida dos seus trabalhadores e das suas famílias. Independentemente do seu tamanho ou segmento, é obrigatório que qualquer empresa cumpra com todas as normas de segurança. É preciso considerar ambientes diversificados que envolvam pessoas com limitações físicas, garantindo a sua acessibilidade e o seu conforto (Costa, 2017).

A preocupação com a saúde do trabalhador faz com que uma Organização se distinga das outras.

2.9.4. Condições de trabalho na I4.0

Todo o ambiente industrial está sujeito a riscos e zonas com materiais explosivos, redes elétricas de alta tensão ou produtos químicos exigem sempre um cuidado acrescido. Todavia têm-se destacado outras causas que resultam em acidentes de trabalho, não contemplando apenas o ambiente em si. É neste

ponto que a I4.0 pode impactar positivamente na criação de um ambiente mais seguro, destacando-se o cansaço e o esforço repetitivo, os materiais perigosos, o trabalho em altura, o stress e os escorregamentos (Sigga Technologies, 2019).

Nas causas dos acidentes de trabalho surge, em primeiro lugar, o cansaço e a realização de tarefas repetitivas. O cansaço físico adicionado ao stress psicológico pode causar sérios problemas, por isso é fundamental identificar quais são as atividades da Organização que estão diretamente relacionadas com estes fatores (Conect, 2017).

O transporte e o armazenamento de materiais perigosos requerem de ser pensados com cuidado, de forma a evitar-se situações em que os trabalhadores sejam colocados em contacto com substâncias prejudiciais à saúde. Mesmo que o trabalhador seja competente e experiente, lidar com materiais perigosos traz sempre alguns riscos (UGT, 2020b).

Na indústria, a variedade de tarefas realizadas em altura é vasta. Por mais que a Organização invista em EPIs e políticas de segurança, até mesmo a falha humana costuma aumentar as possibilidades de acidente (Conect, 2017).

Muitos acidentes de trabalho estão relacionados ao stress, daí a saúde psicológica ser tão importante quanto a segurança física. O stress causa falta de concentração e compromete a realização das atividades conforme determinam as instruções (Costa, 2017).

Apesar de parecer um risco insignificante, os escorregamentos são responsáveis por um alto índice de acidentes. Esta casualidade é concebida através da pressa do dia-a-dia, de demarcações irregulares e do uso insuficiente ou inadequado de EPIs (Sigga Technologies, 2019).

Os acidentes de trabalho são uma preocupação constante dos gestores, logo combater as suas causas tornou-se parte de uma rotina natural de qualquer Organização. Por sua vez, a I4.0 apresenta formas inovadoras e mais eficazes de agir preventivamente (Sigga Technologies, 2019).

Um bom exemplo da I4.0 é a indústria automóvel, onde se verifica que quase todos os processos de montagem são desenvolvidos por robôs, enquanto as pessoas operam as máquinas e realizam projetos. Para tornar o sistema ainda mais inteligente, a implementação de sensores e componentes que trabalham com a IoT pode proporcionar um controlo automatizado em tempo real. Passo a passo, as Organizações vão-se aproximando de um modelo 4.0 mais inteligente nos negócios e mais seguro e saudável para os trabalhadores (Sigga Technologies, 2019).

De notar que evitar acidentes de trabalho não envolve apenas eliminar os riscos físicos, uma vez que com uma infraestrutura tecnológica mais eficiente, os profissionais realizam as suas atividades de forma mais adequada a um ambiente mais tranquilo, evitando o stress e sendo mais produtivos.

2.9.5. Riscos emergentes

O trabalho e os locais de trabalho estão em constante mudança originando novos riscos e desafios para a saúde e segurança dos trabalhadores. Não desviando a atenção dos riscos tradicionais, estes novos riscos devem ser previstos e abordados previamente, de forma a garantir locais de trabalho seguros e saudáveis no futuro (Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, 2021).

Apesar de ser difícil prever a trajetória de todas estas alterações (digitalização, tecnologias de informação e comunicação, IA, analítica avançada, robótica, automação, veículos autónomos, drones, dispositivos inteligentes, impressão 3D, novas interfaces Homem-máquina, IoT, *Big Data*, sistemas cyber físicos, tecnologias avançadas de sensores, computação na nuvem, computação quântica, redes de comunicação) nota-se que estão a tornar-se numa vulgaridade, pelo que se acredita que o seu ritmo não abrandará. Estima-se que em 2030 existam sete biliões de dispositivos ligados em rede e que toda a atividade económica mundial possa ser monitorizada praticamente em tempo real (Schwab, 2016; Stacey *et al.*, 2017).

Com todas estas alterações surgirão novas oportunidades como a redução da necessidade dos trabalhadores desempenharem tarefas perigosas ou monótonas que possam causar stress ou lesões musculoesqueléticas, a melhoria das medidas de prevenção, a redução de alguns riscos psicossociais como a redução do stress nas deslocações para o trabalho devido ao teletrabalho, a melhoria da compreensão dos comportamentos de risco promovendo a saúde, a redução da desigualdade (Beers, 2016; Cox *et al.*, 2014; Organização Internacional do Trabalho, 2019; Stacey *et al.*, 2017).

Porém como desafios destacam-se o aumento dos riscos ergonómicos devido a novas formas de interação Homem-máquina (aumento da utilização de dispositivos móveis e do trabalho sedentário), a exposição a novos riscos, os riscos psicossociais e dificuldades associadas à gestão e resultados de SST devido a uma força de trabalho mais diversa (alargamento do acesso ao emprego) e mais dispersa (trabalho à distância, como se verificou com a pandemia). Estes novos riscos associam-se a campos eletromagnéticos e a acidentes que resultam de uma menor compreensão, controlo e conhecimento dos processos de trabalho

bem como do excesso de confiança na inerrância dos robôs/IA (Beers, 2016; Cox *et al.*, 2014; Organização Internacional do Trabalho, 2019; Stacey *et al.*, 2017).

A interação humano-robô e a robótica colaborativa são as principais tendências na tecnologia robótica da atualidade, onde o trabalhador pode interagir diretamente com o robô no mesmo espaço de trabalho, sendo necessário implementar regras de segurança. Magrini *et al.* (2020) lançaram uma estrutura de segurança (medidas e requisitos) para permitir a concomitância do trabalhador numa célula robótica, na qual um robô industrial está em movimento através da inserção de dois sensores de profundidade na célula, usando dados RGB-D, que permitem controlar o espaço de trabalho e calcular as distâncias entre o robô e o ser humano, ambos em movimento. Para tal os autores integraram dois scanners a laser que trabalham em simultâneo na célula e estabelece todas as comunicações através de um canal seguro (Magrini *et al.*, 2020).

2.10. Indústria 5.0

Na última década, a I4.0, uma iniciativa da Alemanha denominada como a indústria inteligente para o futuro, tornou-se num termo adotado globalmente, onde se verificou um notável esforço de investigação durante o desenvolvimento e implementação de algumas das tecnologias da I4.0. Passados dez anos da introdução da I4.0, que foi em 2011, conhecida como a indústria orientada para a tecnologia, a Comissão Europeia anuncia em 2021 a I5.0 que é rotulada como a indústria orientada para o valor humano (Demir *et al.*, 2019; Kadir & Broberg, 2021; Xu *et al.*, 2021). A cronologia da evolução industrial está exposta na Figura 14.



Figura 14: Cronologia da evolução industrial, contemplando a I5.0.

Fonte: Sales (2021).

Segundo o artigo de Kumar *et al.* (2021), o termo “Indústria 5.0” foi concebido por Michael Rada em 2015 no artigo *Industry 5.0 - from virtual to physical* onde destacou a importância da I5.0 em compreender o ser humano, sobretudo os clientes, através da satisfação das suas necessidades pelo meio de personalização e customização (Kumar *et al.*, 2021; Rada, 2018).

Quando o foco das empresas está voltado para a I4.0, eis que surge a 5ª Revolução Industrial, podendo ser um entrave para muitas delas. Esta nova revolução industrial reconhecerá o poder que a indústria tem para atingir objetivos sociais além de empregos e crescimento, fazendo com que as suas produções respeitem os limites do nosso planeta e coloquem o bem-estar do trabalhador no centro do processo de produção. A introdução da I5.0 é baseada na observação ou suposição de que a I4.0 se concentra menos nos princípios primordiais de justiça social e sustentabilidade, mas mais na digitalização e em tecnologias orientadas para a IA com o intuito de aumentar a eficiência e a flexibilidade da produção (Xu *et al.*, 2021).

Segundo Demir *et al.* (2019) surgem duas visões para a I5.0:

1. A colaboração no trabalho entre os humanos e os robôs, descrevendo que nesta visão, o robô e os humanos trabalharão juntos sempre e onde for possível. Destacam que os humanos irão concentrar-se em tarefas que exigem criatividade e os robôs farão o resto.
2. A bio economia, descrevendo nesta visão que o uso inteligente dos recursos biológicos para fins industriais ajudará a alcançar um equilíbrio entre a ecologia, a indústria e a economia. De acordo com a Comissão Europeia, a bio economia é definida como sendo a produção de recursos biológicos renováveis e a conversão desses recursos e fluxos de resíduos em produtos de valor agregado, como alimentos, rações, produtos de base biológica e bioenergia. A bio economia é apontada como o tema ou pelo menos uma parte da próxima revolução industrial (Demir *et al.*, 2019).

Segundo Bednar & Welch (2020), a I4.0 foi caracterizada pelo uso da robótica para alcançar o alto desempenho, denominando-se também de fábricas inteligentes. Rumo à I5.0, os sistemas tecnológicos e sociais irão trabalhar em conjunto de forma a entregar em massa produtos e serviços personalizados, surgindo o conceito de trabalho inteligente (Bednar & Welch, 2020).

Alguns estudos mencionam que a I4.0 pode ter sido uma transformação impulsionada pela tecnologia e após algumas considerações e impactos projetados das necessidades sociais, como a sustentabilidade, a centralização no ser humano e a resiliência, surge a necessidade da I5.0 (Xu *et al.*, 2021).

Segundo Mariya Gabriel, Comissária de Inovação, Investigação, Cultura, Educação e Juventude, o novo conceito da I5.0 não poderia vir em melhor altura, uma vez que muitas indústrias europeias se estão a reinventar, adaptar à nova realidade COVID, onde houve um domínio do uso das tecnologias digitais. Destaca ainda que agora é o momento oportuno para tornar os locais de trabalho mais abrangentes, construir cadeias de abastecimento mais resilientes e adotar formas de produção mais sustentáveis (European Commission, 2021).

Apesar da I5.0 ainda ser um termo incipiente, a recuperação da União Europeia exige a aceleração das duas transições “verdes” e digitais, para que se possa construir uma sociedade e uma economia mais sustentáveis e resilientes. A indústria está entre os principais motores dessa dupla transição, sendo reconhecido o seu poder para atingir objetivos sociais além de empregos e crescimento, fazendo com que a produção respeite os limites do nosso planeta e colocando o bem-estar do trabalhador industrial no centro do processo produtivo. A I5.0 completa e desenvolve a I4.0, não devendo ser entendida como uma continuação cronológica ou uma alternativa ao paradigma da I4.0 existente. É o resultado de um exercício prospetivo para ajudar a definir a forma como a indústria europeia, as tendências e as necessidades sociais emergentes podem coexistir (Breque *et al.*, 2021; Research and Innovation, 2021).

2.10.1. Caracterização da I5.0

A I5.0 oferece uma visão da indústria que, além da eficiência e da produtividade como objetivos únicos, reforça o papel e a contribuição da indústria para a sociedade, colocando o bem-estar do trabalhador no centro do processo produtivo e utilizando as novas tecnologias para proporcionar prosperidade além do emprego e do crescimento, respeitando os limites do planeta. Resumidamente, a I5.0 complementa a abordagem existente da I4.0, dispondo especificamente da investigação e da inovação ao serviço da transição para uma indústria europeia sustentável e resiliente, centrada no ser humano (Breque *et al.*, 2021; European Commission, 2021; Kumar *et al.*, 2021).

A Comissão Europeia acredita que as indústrias podem desempenhar um papel ativo no fornecimento de soluções para os desafios da sociedade, incluindo a preservação de recursos, as alterações climáticas e a estabilidade social. A I5.0 aumenta a competitividade da indústria e ajuda a atrair os melhores talentos, sendo um bom ponto de partida para o nosso planeta porque privilegia modelos de produção circulares e apoia o uso de tecnologias que tornam mais eficiente a utilização dos recursos naturais. A revisão das

cadeias de valor existentes e das práticas de consumo de energia também pode tornar as indústrias mais resistentes a choques externos, como a mais recente crise da COVID-19 (Müller, 2020).

Com esta nova era industrial pretende-se obter uma economia que trabalha para as pessoas, um acordo europeu verde e uma Europa adequada à era digital. Para tal é esperado um vínculo forte entre a transição industrial e os outros desenvolvimentos sociais, destacando-se a adoção de uma abordagem para as tecnologias digitais centrada no ser humano (incluindo a inteligência artificial), a requalificação das competências digitais dos trabalhadores europeus, a industrialização moderna, eficiente e sustentável em termos de recursos e a transição para uma economia circular, e uma indústria competitiva e líder mundial, fortalecendo o investimento em investigação e inovação (European Commission, 2021; Research and Innovation, 2021).

Segundo Nahavandi (2019), a Quinta Revolução Industrial só surgirá quando os três elementos principais (dispositivos inteligentes, sistemas inteligentes e automação inteligente) se unirem por completo com o mundo físico em colaboração com a inteligência humana. O termo automação descreve os robôs autónomos que colaboram ao mesmo tempo com os humanos e no mesmo espaço de trabalho. A confiança entre estas duas partes irá conceder uma eficiência promissora, uma produção sem falhas, um desperdício mínimo e um fabrico personalizado. Com isto, as pessoas regressarão ao local de trabalho e melhorarão a eficiência do processo, porém os membros mais velhos e as partes interessadas terão mais dificuldade para se adaptar à nova revolução industrial. (Nahavandi, 2019).

Segundo Javaid & Haleem (2020), esta nova revolução industrial está a ser desenvolvida para focar na procura personalizada dos clientes e terá um impacto significativo na eficiência, no ciclo de vida do produto/serviço e no modelo de negócio, que proporcionará uma boa interação entre o ser humano e as máquinas (a máquina inteligente vai automatizar o processo produtivo). Os autores acreditam que no futuro, a Indústria 6.0 poderá interagir com pessoas, máquinas ou qualquer outra configuração, mencionando que o fabrico é realizado através de um telemóvel, por exemplo, produzindo-se através da foto de um esboço (Javaid & Haleem, 2020).

Apesar do principal desafio da I5.0 se focar em promover a mudança de mentalidades em culturas conservadoras, os pilares da I5.0 centralizar-se-ão na determinação de regras em função dos fatores apresentados na Figura 15.



Figura 15: Pilares da I5.0.

Fonte: ACCEPT Quality Control Solutions (2021).

2.10.2. Principais descobertas

De forma a continuar a trazer plenitude à Europa, a indústria deve agora acelerar e impulsionar a mudança e a inovação. A chave para esta mudança será a I5.0 que contribuirá para a atualização tecnológica necessária para que a indústria afirme o seu propósito em fornecer soluções para a sociedade e em ser um setor de emprego atrativo para os jovens talentos (European Commission, 2021).

A digitalização oferece oportunidades sem precedentes para a indústria e as tecnologias digitais, como a IA ou a robótica, permitem um leque de inovações essenciais no local de trabalho, otimizando a interação Homem-máquina e adicionando o valor agregado que os trabalhadores humanos trazem para o terreno (chão de fábrica). Ao desenvolver tecnologias inovadoras de uma forma centrada no ser humano, a I5.0 pode apoiar e capacitar, em vez de substituir, os trabalhadores, aumentando a resiliência das indústrias de forma a torná-las mais sustentáveis (Demir *et al.*, 2019; Research and Innovation, 2021).

Conforme mencionado anteriormente, um dos grandes objetivos desta revolução industrial é tornar a economia mais verde. O intitulado “Acordo Verde” assumirá um papel de liderança na indústria europeia, uma vez que os objetivos ambientais comuns só podem ser alcançados com a incorporação de novas tecnologias e com o repensamento dos processos produtivos a nível do impacto ambiental (European Commission, 2021; Research and Innovation, 2021).

2.10.3. Percepções I4.0 e I5.0

A I5.0 não é uma continuação cronológica ou uma alternativa ao paradigma da I4.0 existente, a I5.0 é o resultado de um exercício voltado para o futuro, ou seja, uma forma de contextualizar como a indústria, as tendências e as necessidades sociais emergentes coincidirão. A I5.0 completa e amplia os recursos que marcaram a I4.0, incutindo que ambos os termos deverão ser considerados lado a lado, ou seja, a concomitância da I4.0 orientada para a tecnologia e a I5.0 orientada para o valor (Breque *et al.*, 2021; Xu *et al.*, 2021).

A maioria das empresas ainda está a adaptar-se à I4.0 e a sua atenção não deverá ser desviada, podendo ser necessário reajustar e/ou adaptar alguns valores essenciais da I5.0, como a sustentabilidade, a centralização no ser humano e a resiliência (Xu *et al.*, 2021).

A Tabela 1 retrata as maiores diferenças entre a I4.0 e a I5.0 mencionadas pelos autores Javaid & Haleem (2020).

Tabela 1: Principais diferenças entre a I4.0 e a I5.0.

| Indústria 4.0 | Indústria 5.0 |
|--|--|
| Uso digital de dados. | Uso inteligente de dados. |
| Proporcionar uma experiência única. | Fornecer uma experiência inovadora. |
| Melhor coordenação entre máquinas e tecnologia da informação. | Uma estreita colaboração de humanos com máquinas. |
| Criar fábricas digitais. | Criar fábricas inteligentes do futuro. |
| Executar todas as tarefas personalizadas em menos tempo e custos. | Executar uma tarefa precisa e criativa em menos tempo e custos. |
| Criar digitalização e automação pela aplicação de tecnologias de informação. | Globalizar o sistema de manufatura usando tecnologias avançadas. |

3. Metodologia

As metodologias de investigação comportam métodos ou procedimentos utilizados para se atingir determinados objetivos. Neste capítulo será exposta a metodologia adotada para alcançar os objetivos anteriormente definidos. A metodologia foi estruturada em etapas, por forma a responder a todas as perguntas de investigação e evitar falhas pertinentes para a demonstração dos resultados.

O presente capítulo tem como objetivo apresentar e fundamentar a metodologia adotada neste estudo. Este está dividido em três secções, sendo que na primeira se identifica a natureza e as fases da investigação realizada e nas restantes detalha-se cada uma dessas fases.

Os métodos de investigação articulam-se com os distintos alicerces filosóficos que sustentam as preocupações e as diretrizes de uma investigação (Fortin, 2009).

O objetivo principal da ciência consiste em chegar à verdade dos factos, daí o conhecimento científico ser diferente de qualquer outro. Tal deve-se porque só o é se for fundamentada a sua veracidade, ou seja, terá que ser definido o método que permitirá obter o conhecimento adquirido (Morse, 2007).

3.1. Classificação e fases da investigação

Este estudo é categorizado como exploratório, uma vez que se pretende entender o fenómeno que está a acontecer, através da procura de novas perspetivas, questionando a perceção já existente, através da avaliação de fenómenos de um ponto de vista diferente. Este tipo de estudo envolve a revisão bibliográfica, o recurso a especialistas da área em estudo e entrevistas a grupos especializados. Neste trabalho será utilizada uma abordagem dedutiva.

Este estudo desenvolve-se através de uma metodologia qualitativa que envolve abordagens interpretativas e naturalísticas dos temas em estudo e consiste na recolha, análise e interpretação de narrativas abrangentes e dados visuais, não numéricos, de forma a se obter a compreensão de um determinado tema. A metodologia qualitativa difere da metodologia quantitativa, uma vez que os investigadores defendem que a interpretação está disposta numa perspetiva ou contexto particular, tendo o mundo muitos significados diferentes, não sendo nenhum mais válido ou verdadeiro do que o outro (Denzin & Lincoln, 2018; Gay *et al.*, 2012; Pinto *et al.*, 2018).

A investigação qualitativa tem quatro características: a fonte direta dos dados é o ambiente natural e o investigador é o principal agente da sua colheita; os dados recolhidos são essencialmente de carácter descritivo; o investigador tenta compreender o significado que os participantes atribuem às suas experiências; a análise dos dados é realizada de forma indutiva (Denzin & Lincoln, 2018; Pinto *et al.*, 2018).

Antes de se delinear uma investigação sistemática é essencial criar um quadro de referências concreto, pois a investigação deve reger-se por um conjunto de regras e ter uma linguagem própria, tratando-se de fixar um critério de ocorrência do fenómeno a estudar (Gay *et al.*, 2012; Postic, 1990).

Segundo Bogdan & Biklen (2013), a abordagem qualitativa impõe que os investigadores desenvolvam a capacidade de entender os participantes no estudo, através da concentração de esforços em perceber pontos de vista distintos. Nesta perspetiva pretende-se perceber o ponto de vista dos indivíduos entrevistados e determinar como e com que critério eles o julgam (Bogdan & Biklen, 2013).

A recolha de dados qualitativos auxiliará na análise da perceção dos indivíduos perante o SGSSO na I4.0. Esta estratégia foi escolhida, uma vez que só com uma ligação com a realidade empírica é que será possível desenvolver uma teoria relevante e válida (Eisenhardt, 1989; Gay *et al.*, 2012).

Um elemento-chave nesta investigação serão as entrevistas, sendo a abordagem semiestruturada a tipologia escolhida. Com a realização das entrevistas pretende-se identificar quais são as variáveis e dimensões (questões organizacionais) e qual é a sua relação com os conceitos levantados pela I4.0. O painel de entrevistados centrar-se-á em gestores de empresas, investigadores, auditores e consultores.

Quanto ao seu propósito, este estudo é do tipo Investigação básica, uma vez que se pretende desenvolver a teoria e estabelecer princípios gerais. Este tipo de investigação fornece a teoria relevante para a resolução de problemas sociais (Carmo & Ferreira, 2008; Gay *et al.*, 2012).

Quanto ao método de investigação é considerada uma investigação descritiva, uma vez que implica estudar, compreender e explicar a situação atual do objeto da investigação. Neste caso, os dados foram recolhidos através da realização de entrevistas. Para tal, definiu-se o problema, fez-se uma revisão bibliográfica, formularam-se as questões de investigação, definiu-se a população-alvo e a escolha da técnica de recolha de dados, determinou-se a dimensão da amostra, seleção da técnica de amostragem adequada e seleção do instrumento de recolha. Dado que são formuladas questões que não tinham sido postas anteriormente ou que se procura obter dados que não estavam disponíveis, esta investigação exige a elaboração de um instrumentno apropriado para obter a informação necessária (Carmo & Ferreira, 2008).

A Figura 16 representa as fases do plano de investigação que compreende a metodologia adotada.



Figura 16: Esquema representativo das etapas do plano de investigação.

A metodologia adotada divide-se em 4 fases. Na primeira fase será desenvolvida a revisão bibliográfica sobre o tema em estudo e esta prolongar-se-á durante todo o estudo, acompanhando todas as fases da investigação, sendo mais intensa no início da mesma. De seguida será construído o guião para a realização das entrevistas. A aplicação do guião será efetuada durante a realização das entrevistas, podendo surgir novas questões no decorrer das mesmas de forma a haver uma melhor perceção da realidade em estudo. Por último será realizada a análise dos dados obtidos durante as entrevistas, através da utilização do método qualitativo.

Normalmente, nos trabalhos de investigação, nunca se utiliza apenas uma técnica e nem apenas as que se conhecem, mas sim todas as que forem necessárias ou adequadas para um determinado estudo. Na maioria das vezes, e tal como ocorre neste estudo, há a combinação de duas ou mais técnicas usadas simultaneamente (Aragão & Neta, 2017; Oliveira, 1997).

Nos próximos subcapítulos são pormenorizadas as diferentes técnicas de investigação utilizadas em cada uma das fases previamente enumeradas.

3.2. Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica foi estruturada com base no *scoping study* ou *scoping literature reviews* (SR). O SR é uma revisão estruturada, exploratória, destinada a mapear estudos relevantes, evidências e lacunas em

determinada área. A metodologia possibilitou a revisão da literatura visando uma melhor percepção do tema em estudo, nomeadamente o paradigma dos Sistemas de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional na nova era industrial.

As palavras-chave utilizadas para a pesquisa nas diferentes bases de dados estão expostas na Figura 17.



PALAVRAS-CHAVE
ISO 45001
Industry 4.0
Workers' Health
Management Systems
Fourth Industrial Revolution
Occupational Health and Safety
Integrated Management Systems

Figura 17: Palavras-chave utilizadas para a revisão bibliográfica.

A pesquisa considerou quatro bases de dados (*Science Direct, Scopus, Web of Science e Wiley Online Library*), não tendo sido aplicados limites para a linguagem e foram traduzidos documentos estrangeiros. O período temporal selecionado reflete-se entre 2015 e 2021. Para a pesquisa foram usados os seguintes termos: *Industry 4.0, Management Systems e Occupational Health and Safety*. A partir da combinação das palavras-chaves, foram encontrados 27 artigos. Limitando a pesquisa aos termos *Industry 4.0 e Occupational Health and Safety* foram encontrados 90 artigos. Outras referências bibliográficas foram utilizadas por pesquisa em revistas internacionais relacionadas com a I4.0, a segurança e saúde ocupacional, os sistemas de gestão e a norma internacional 45001. Páginas web institucionais e artigos de opinião foram também consultados.

A revisão bibliográfica compreende a análise de estudos prévios em relação ao tema em estudo, permitindo ao investigador saber o que já foi escrito, dito ou filmado sobre um determinado tema (Marconi & Lakatos, 2003). Posto isto, a pesquisa bibliográfica é a análise do que tem sido produzido de uma determinada área em estudo, através da gestão de informação recolhida, que pode levar a conclusões inovadoras para quem aspira introduzir algum valor acrescentado à produção científica existente (Marconi & Lakatos, 2003; Máximo-Esteves, 2008; Santos, 2017).

3.3. Inquérito por entrevista

O termo entrevista é definido como uma conversa com uma pessoa a interrogar sobre os seus atos, ideias e projetos, a fim de publicar ou difundir o seu conteúdo ou de a utilizar para fins de análise, como inquérito de opinião (Dicionário Priberam da Língua Portuguesa, n.d.).

Segundo Gay *et al.* (2012), uma entrevista é uma interação proposital na qual uma pessoa obtém informações de outra, permitindo aos investigadores obter dados importantes que não podem ser adquiridos apenas com a observação (Gay *et al.*, 2012).

As entrevistas podem demorar entre alguns minutos a algumas horas. Estas diferenciam-se pelo seu grau de formalidade e estrutura, podendo ser formais e planeadas ou informais e não planeadas. Nas entrevistas estruturadas há um conjunto específico de perguntas a serem colocadas, enquanto nas entrevistas não estruturadas as perguntas são motivadas pelo fluxo da entrevista. As entrevistas semiestruturadas combinam as duas abordagens (Gay *et al.*, 2012; Pinto *et al.*, 2018; Sarmiento, 2013).

A entrevista é uma das técnicas de recolha de dados mais utilizada e como principais vantagens destacam-se a obtenção de um maior número de respostas, maior flexibilidade para adaptação do entrevistador às pessoas e às circunstâncias, e análise da expressão corporal do entrevistado bem como o tom de voz e realce na resposta (Marconi & Lakatos, 2003).

No decorrer da entrevista, o entrevistador e o entrevistado tendem a estabelecer uma relação de confiança, o que pressupõe um certo à-vontade com a população em estudo. O entrevistado deve sentir-se à vontade, de forma a ocupar o lugar central durante a entrevista, dando, por vezes, a iniciativa do discurso. O entrevistador deve evitar condicionar as respostas pelas próprias perguntas que faz (Barbosa, 2012; Silva *et al.*, 2018).

Uma vantagem da entrevista é que o tempo não é limitado e permite que o investigador elucide os seus objetivos, a estrutura que pretende seguir no decorrer da entrevista e a finalidade a que se destina a informação que está a recolher (Kaufmann, 2016).

Devido à pandemia de Covid-19, no estudo atual as entrevistas foram realizadas através das plataformas Zoom e Microsoft Teams. De salientar que para ambas as partes, não havia ruído, o ambiente térmico era agradável, a iluminação era adequada e não se registaram ocorrência de reflexos no ecrã. Para a realização das entrevistas utilizou-se um guião semiestruturado (Anexo 1) e as respostas foram recolhidas para um bloco de notas, tendo sido transcritas posteriormente para o computador. As entrevistas

realizadas foram do tipo semiestruturadas que são orientadas com base em pontos específicos, a partir dos quais se criaram as questões. Para tal, elaborou-se um guião de forma a assegurar a obtenção das informações pretendidas. Foram realizadas 5 entrevistas semiestruturadas, em separado, mas com a mesma estruturação. As entrevistas foram realizadas a responsáveis do departamento de Higiene e Segurança do Trabalho, com experiência profissional na área em estudo.

O conteúdo do guião desenvolvido para as entrevistas foi validado por dois docentes, indicando que as questões apresentadas foram claras, o que possibilitou ao entrevistado dar respostas proveitosas para a análise pretendida.

A base para a construção do guião da entrevista está descrita na Tabela 2.

Tabela 2: Base para a construção da entrevista.

| Parte | Questões e base lógica | Escala de medida | Objetivo proposto |
|--|--|---------------------------|--|
| Introdução | Breve explicação da investigação, grupo-alvo, garantia de confidencialidade e anonimato | n.a. | n.a. |
| Parte 1: Caracterização do entrevistado e da empresa | Reunião de dados sobre o indivíduo entrevistado (como cargo e responsabilidade) e sobre a empresa (como a dimensão da empresa e a atividade) | Questões semiestruturadas | Recolher dados de especialistas da área em estudo. |
| Parte 2: Perceção e contribuição da I4.0 | Recolha de informação inerente ao conceito geral da I4.0 e detalhada aplicável e praticável pela empresa em estudo | Questões semiestruturadas | Definir as dimensões que contemplam a I4.0. |
| Parte 3: Perceção do impacto da I4.0 no âmbito da SST | Avaliação da abordagem proativa da empresa no sentido de implementar medidas adequadas à I4.0 | Questões semiestruturadas | Definir as dimensões que serão adotadas para caracterizar o SGSSO no contexto da I4.0. |

(n.a.: não aplicável)

Na parte 1, relativa à caracterização do entrevistado e da empresa, foi solicitado ao respondente que indicasse o seu cargo e responsabilidade, os departamentos envolvidos na I4.0, a dimensão da empresa, o setor de atividade, a modalidade de organização dos serviços de SST adotada e o número de trabalhadores existentes na empresa.

Na parte 2, relativa à perceção e contribuição da I4.0, pretendeu-se fazer um levantamento da perceção desta nova era digital para as empresas em estudo, quais as tecnologias em desenvolvimento e implementação, impactos esperados e dificuldades com que se têm deparado.

Na parte 3, relativa à perceção do impacto da I4.0 no âmbito de SST, pretendeu-se avaliar o futuro desta área na nova era industrial, como os novos riscos associados, o futuro da empregabilidade, as não conformidades e os comportamentos inseguros mais comuns, e o tema central desta investigação, o impacto que terá na revisão da norma ISO 45001. Adicionalmente foram introduzidas duas questões sobre os principais riscos verificados e os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) geralmente disponibilizados pela empresa.

A divulgação da entrevista fez-se por duas vias: através de uma mensagem de correio eletrónico enviada para todas as empresas alvo do estudo e através de um contacto telefónico, no sentido de reforçar e estimular a adesão à participação. Ambos os modos de divulgação e apelo à participação na entrevista incluíram a apresentação da estudante e dos orientadores, a descrição do estudo e a menção dos principais objetivos.

Inicialmente previa-se a realização desta etapa durante um mês, julho, que acabou por se prolongar até setembro de 2021 (3 meses), pelo facto de se ter obtido uma baixa taxa de resposta. Todas as entrevistas foram respondidas por Técnicos de SST das empresas em estudo. Uma das exigências obrigatórias aplicada aos entrevistados desta investigação centrou-se na empresa ser certificada pela ISO 45001, ou pelo menos seguir os requisitos da norma.

3.3.1. Amostragem

Para esta investigação utilizou-se a técnica de amostragem, que consiste na seleção de uma parte ou subconjunto de uma dada população que se denomina amostra (Almeida *et al.*, 2017). O tipo de amostragem pode ser selecionado tendo como base critérios de escolha intencional, o que significa que as investigações qualitativas procuram propositadamente aqueles indivíduos, que segundo observação e

experiência da área em estudo, possam fornecer dados essenciais, contribuindo desta forma para que se possam atingir os objetivos propostos (Amado, 2014; Carmo & Ferreira, 2008; Costa *et al.*, 2021; Pinto *et al.*, 2018).

Para esta investigação foram considerados dois critérios para a seleção dos entrevistados: um é serem técnicos ou técnicos superiores de SST com Certificado de Competências Pedagógicas (CCP), pretendendo-se que os entrevistados tenham formação na área de SST, de modo a compreenderem os conceitos e os propósitos da entrevista; outro é terem conhecimento e aplicabilidade da ISO 45001 no contexto real, pretendendo-se uniformizar a amostra utilizada.

A amostragem não probabilística realizada foi de conveniência, pois utilizou-se um grupo de indivíduos que estava disponível para participar neste estudo, sendo que nesta situação, não se pode generalizar os resultados, mas, tratando-se de um estudo exploratório, pretende-se obter informações importantes sobre o novo contexto industrial na área de SST (Carmo & Ferreira, 2008). Os resultados de trabalhos de investigação em que se recorre à técnica de amostragem, como no presente estudo, estão sempre sujeitos a um certo grau de incerteza, pois só foi considerada uma parte da população.

Em estudos qualitativos geralmente utilizam-se amostras pequenas e não padronizadas (Pinto *et al.*, 2018) e devido a todas as condicionantes pandémicas, nesta investigação ter-se-á uma amostra de 5 TSST. As empresas em estudo foram selecionadas tendo em consideração a sua dimensão, o seu contexto de competitividade, qualidade e sustentabilidade definindo-se uma amostra de conveniência, abrangendo diferentes setores de atividade.

4. Análise e discussão dos resultados

Neste capítulo são apresentados os dados obtidos, juntamente com a respetiva análise e discussão. Os resultados advêm de factos recolhidos e analisados durante a investigação, de forma a prover uma ligação congruente com o problema de pesquisa (Fortin, 2009). Como as informações recolhidas foram realizadas através da entrevista, as questões-chave, que fazem parte do guião semiestruturado serão pormenorizadas aqui.

A entrevista foi realizada a 5 pessoas especializadas na temática em estudo e na Tabela 3 são identificadas individualmente de acordo com a ordem de realização da entrevista, onde se pode observar a função que desempenham, o setor de atividade onde atuam, o número total de trabalhadores, a data e a plataforma onde se realizou a entrevista.

Nos próximos subcapítulos serão apresentadas tabelas-síntese por cada questão incluída no guião desenvolvido e utilizado para a realização das entrevistas, com subsequente análise e discussão.

Tabela 3: Informação sobre os entrevistados e entrevistas realizadas.

| Codificação da Empresa | Função do Entrevistado | Sector de Atividade | Número de Trabalhadores | Data de Realização da Entrevista | Plataforma Utilizada |
|------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------|
| A | Responsável da Equipa de SST | Indústria automóvel | 3550 | 29/06/2021 | Microsoft Teams |
| B | Coordenador de Ambiente e SST | Indústria de mobiliário | 1792 | 30/06/2021 | Microsoft Teams |
| C | Técnica Superior de SST | Indústria metalomecânica | 120 | 12/07/2021 | Zoom |
| D | Responsável dos Serviços de SST | Indústria têxtil | 100 | 12/09/2021 | Zoom |
| E | Técnica Superior de SST | Indústria têxtil | 75 | 19/09/2021 | Zoom |

Os entrevistados foram informados com antecedência sobre a data e hora da realização da entrevista, procedendo-se à explicação do tema e do protocolo de confidencialidade. A realização das entrevistas

ocorreu durante os meses de julho e setembro de 2021 e tiveram a duração média de 45 minutos. Após a transcrição de cada entrevista, esta foi enviada para os participantes de forma a estes poderem ler e reconfirmar a informação recolhida.

Após tal validação procedeu-se à análise da informação recolhida, aplicando-se a técnica de análise de conteúdo. Esta técnica de análise consiste no agrupamento dos dados recolhidos de forma clara, a fim de facilitar a sua análise e interpretação. Com base neste princípio, foram criadas categorias de conteúdo para se copiarem as respostas dadas pelos entrevistados, através da sinopse dos seus discursos. A criação de categorias de conteúdo são muito vantajosas pois viabilizam a decomposição de um todo nas suas respetivas partes, com a intenção de se efetuar a respetiva descrição e procurar as relações existentes entre essas partes (Baptista & Sousa, 2012; Colim, 2009).

4.1. Caracterização geral das empresas em estudo

Para a realização desta investigação foram contactadas 30 empresas de renome nacional e internacional, apenas 36,67% responderam ao email enviado e apenas 16,67% mostraram interesse e deram seguimento à participação, representando a amostra em estudo. Com base nas 5 entrevistas realizadas (16,67% das empresas contactadas), obteve-se uma dimensão média total das empresas (número total de trabalhadores / número total de empresas) de 1123,4 (\pm 1124) trabalhadores por empresa.

As empresas de grande dimensão, A e B, possuem serviços internos de SST (obrigatório segundo a Lei) enquanto as empresas PME, C, D e E, possuem serviços externos de SST, subcontratação. Este dado é importante pois permitirá ter em consideração o conhecimento dos técnicos sobre as práticas adotadas nas empresas. Quanto aos cargos e responsabilidades, conforme se pode verificar na Figura 18, 60% dos entrevistados são responsáveis de equipas de SST e 40% Técnicos Superiores de SST.

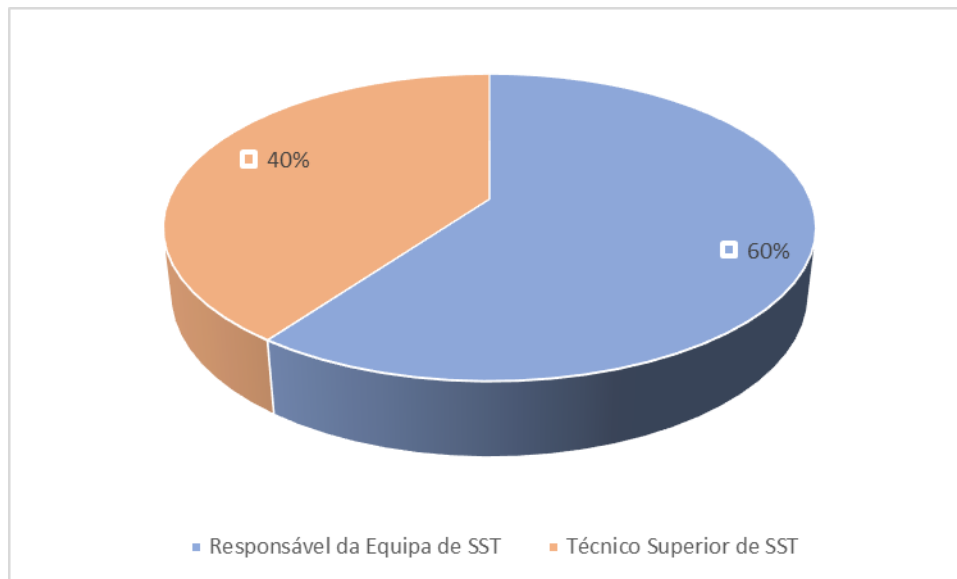


Figura 18: Caracterização da amostra segundo funções.

Das empresas em estudo, as empresas A e B são as mais maduras, sendo que quanto aos departamentos envolvidos na gestão e implementação da I4.0, na empresa A estão envolvidas todas as áreas/departamentos (departamento de engenharia, departamento de tecnologia e todas as áreas produtivas). Na empresa B, está apenas envolvido o departamento de engenharia (departamento muito ativo na implementação da I4.0, adaptação à realidade da I4.0). Na empresa C não há propriamente departamentos envolvidos, na empresa D estão envolvidos os departamentos de produção e qualidade e na empresa E estão envolvidos os departamentos de qualidade e SST.

As empresas D e E não possuem laboratórios próprios ou em parceria com outras instituições, dedicados à inovação tecnológica e projetos piloto de fábricas inteligentes, porém as empresas A e B têm uma parceria com a Universidade do Minho. A empresa A destaca parcerias e projetos de inovação, no departamento de SST na área de ergonomia, muito direcionado para a I4.0 (também estão a trabalhar a área de gestão, mas ainda não iniciaram a parte da I4.0 nessa área, sendo que será o próximo passo); o entrevistado da empresa B menciona que esta tem uma parceria na área de SST, destacando a área de ergonomia colaborativa. Quanto à empresa C menciona a PRODUTECH SIF – Soluções para a Indústria de Futuro, ilustrado na Figura 19, que é um programa mobilizador para o desenvolvimento e construção de novos sistemas de produção, assentes em tecnologias de produção avançadas, que possibilitem equipar a indústria transformadora face aos desafios da I4.0.

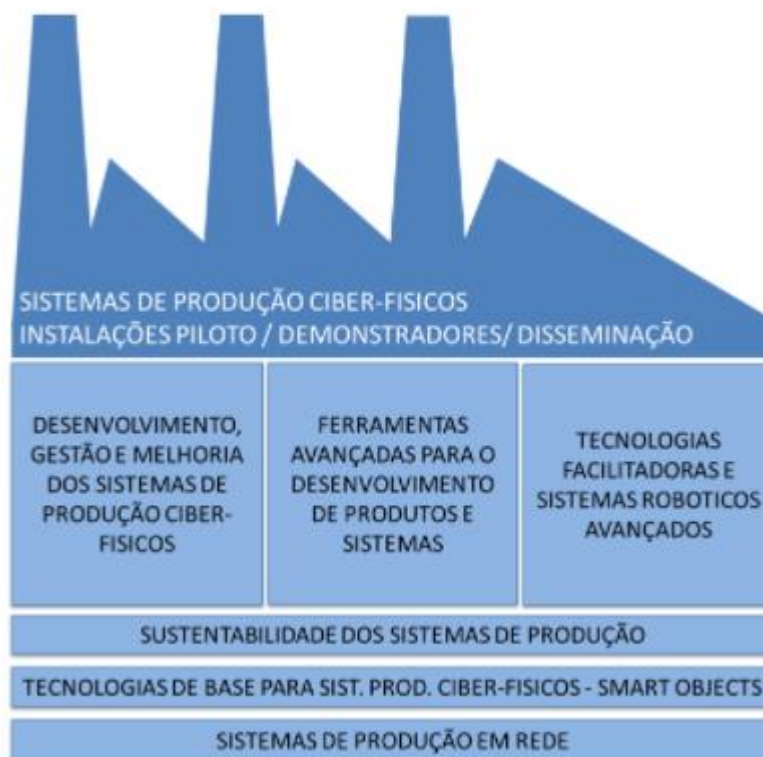


Figura 19: Programa mobilizador PRODUTECH SIF – Soluções para a Indústria de Futuro.

Fonte: PRODUTECH-SIF (2021).

Os entrevistados das empresas A, B e C não conseguiram fornecer a informação do valor do investimento que as respetivas empresas fazem em investigação, desenvolvimento e inovação, sejam eles internos ou em parceria com outras instituições. O entrevistado B ainda acrescentou que estão a decorrer investimentos no desenvolvimento tecnológico, na realidade aumentada, na robótica colaborativa e na otimização dos processos administrativos a nível informático.

Quanto às empresas D e E, os entrevistados mencionaram que não há qualquer investimento nestas áreas.

Já o entrevistado D acrescentou que a indústria têxtil ainda está muito presa às metodologias tradicionais e que a mudança será um grande desafio para este setor de atividade.

4.2. Contribuições sobre a I4.0

Na segunda parte da entrevista foi introduzida a I4.0 com o intuito de se perceber o conhecimento sobre este tema tão atual, bem como compreender a realidade das empresas nesta nova era. Nesta fase

pretendeu-se entender e recolher dados sobre os principais conceitos, as tecnologias mais relevantes, os impactos esperados e as dificuldades sentidas.

4.2.1. Principais percepções sobre os conceitos e tecnologias da I4.0

Todos os entrevistados mostraram um grande à vontade com a temática I4.0, identificando de imediato os principais conceitos e mencionando que haverá um aumento de capacidade das tecnologias, como simuladores, IOT, manufatura aditiva (impressão 3D), automatização (robôs), AM, digitalização, cyber segurança, realidade aumentada e *Big Data*.

A I4.0 é definida como sendo a união da tecnologia e do raciocínio humano, visando o aumento da produtividade e a melhoria dos processos. As ferramentas tecnológicas irão contribuir para o aumento da produtividade e para o atendimento personalizado do consumidor.

4.2.2. Tecnologias relevantes, impactantes e inovadoras adotadas pelas empresas

A empresa A destaca a digitalização, linhas de produção cada vez mais automatizadas através da introdução dos robôs colaborativos, sistemas de auxílio ao transporte e auxílio manual de cargas. Houve um destaque para a tecnologia RFID definindo-se como um sistema de localização, sabem onde se localiza determinada mercadoria, de forma a evitar afunilamentos.

A empresa B menciona a utilização de tecnologia em termos de reabilitação de lesões musculoesqueléticas (robótica colaborativa, algo que será inovador), a realidade aumentada, a otimização dos processos administrativos e a visão artificial (desvalorizando a robótica, uma vez que muitas empresas já usufruem desta tecnologia).

A empresa C ainda está numa fase muito inicial, destacando os dados na nuvem e alguma automatização, mas ainda sem robôs.

A empresa E adota máquinas automáticas, como a cabine de alimentação de produtos químicos para as máquinas de tingimento e acabamento (jets).

Todos os entrevistados estavam em sintonia mencionando a robótica colaborativa, a realidade aumentada, a otimização dos processos, a manufatura aditiva e a informatização de todas as áreas de negócio.

4.2.3. Impactos esperados pela I4.0 na competitividade das empresas

A I4.0 terá impactos positivos e negativos para as empresas. Na Tabela 4 estão resumidamente descritas as opiniões dos entrevistados A, B, C, D e E.

Tabela 4: Impactos positivos e negativos esperados pela I4.0.

| Aspetos Positivos | Aspetos Negativos |
|---|--|
| Prevenção e redução de potenciais riscos para os trabalhadores (robôs a colaborar na prevenção de lesões musculoesqueléticas o que levará à diminuição de doenças crónicas). | As novas gerações criam lesões ao longo do tempo que serão difíceis de perceber a sua origem, como por exemplo, o uso excessivo do telemóvel, tablet e computador e o uso de auriculares com o volume de som no máximo. |
| Maior velocidade de resposta (aumento da produtividade) devido à otimização de alguns processos. | Falta de alternativas em caso de problemas informáticos. |
| Maior automatização, logo menores custos nomeadamente nos recursos humanos e nos consumíveis (por exemplo, materiais que se vão desgastando pelo facto de trabalharem com máquinas e equipamentos antigos). | A população trabalhadora vê as alterações no processo produtivo como uma perda de identidade da empresa (de origem familiar) e expressa dificuldade e receio em acompanhar a evolução da tecnologia, particularmente a população mais envelhecida. |
| Diminuição da não qualidade (visão artificial implementada para reduzir). | |
| Realidade aumentada em termos de formação. | |
| Facilitador na difusão dos procedimentos. | |
| Pensar na reutilização das áreas com maior densidade de trabalhadores. | |
| Diminuir a necessidade de efetivos. | |

Os entrevistados veem a diminuição de trabalhadores em duas perspetivas: aspeto positivo se estiverem a verificar em perspetiva da empresa e aspeto negativo como trabalhador. Porém mencionam que novas oportunidades surgirão e tanto os trabalhadores como as empresas terão que se adaptar a esta nova era industrial. Terão que procurar em especializar-se noutras áreas de forma a colmatarem as novas necessidades que surgirão.

4.2.4. Dificuldades de implementação da I4.0

Para todos os entrevistados, o principal obstáculo centra-se na legislação, sendo mencionado que é extensa e que não acompanha a evolução industrial, surgindo como exemplo as diretivas (Diretiva Equipamentos de Trabalho através do Decreto-Lei nº 50/2005 e Diretiva Máquinas através do Decreto-Lei 103/2008) que só agora é que começa a ser adaptada.

Outras dificuldades mencionadas foram o capital necessário para o investimento inicial (novas metodologias e equipamentos), uma vez que é elevado; o acesso ao *know-how* (falta de trabalhadores com conhecimento ou com capacidade para trabalhar com as tecnologias) e o impacto que tal refletirá na produção atual (paragens e tempo de não produção), como a falha na entrega de encomendas e consequente perda de clientes.

Nesta questão, a maioria dos entrevistados destacou como principal dificuldade, a disponibilidade económica necessária para a implementação das novas tecnologias e a falta de conhecimento na área.

4.2.5. Perceção da diferença na implementação da I4.0

Nesta questão, as respostas obtidas foram dispersas. O entrevistado A mencionou que a ISO 45001 é mais complexa do que a OSHAS 18001, destacando a abrangência ser maior e haver uma maior dificuldade/desafio na implementação da mesma devido à adaptação da documentação para a transição (forma mais extensa). Frisou ainda o posto de trabalho, algo que dão bastante ênfase. Já a empresa D mencionou a imagem que passam aos clientes.

4.2.6. Avaliação do futuro da empregabilidade e do conteúdo do trabalho

O entrevistado A mencionou que os trabalhadores vão passar a ter mais tempo, vão ficar mais livres, acreditando que as horas diárias de trabalho sejam reduzidas como se verifica em outros países europeus, por exemplo passar de 8 para 6 horas diárias de trabalho. As empresas vão passar a dar mais tempo às pessoas e isso começar-se-á a notar também no setor privado. Os recursos são otimizados ao pormenor e as pessoas vão poder dar mais detalhes a algo que não podiam antes; vão poder parar, estudar e sugerir para melhorar (tipo ciclo PDCA).

O entrevistado B referenciou dois pontos, o conteúdo do trabalho onde a I4.0 vai efetivamente evitar que os postos de trabalho tenham determinadas tarefas demasiadamente pesadas e a empregabilidade onde se verificará a mudança das competências dos trabalhadores (preparar as pessoas para a nova realidade, não esperando a diminuição dos trabalhadores efetivos).

O entrevistado C menciona que haverá uma procura por pessoal mais especializado/habilitado, os ritmos de trabalho serão mais intensos e haverá uma maior exposição ao stress. Também se notará uma maior instabilidade (alteração frequente de posto de trabalho/organização) e haverá um aumento da idade da reforma, logo a vida ativa será mais longa.

O ponto de vista para o entrevistado D é que a empregabilidade para os trabalhadores com menos formação académica tenderá a diminuir.

Quanto ao entrevistado E referiu que os trabalhadores irão fazer menos esforços fisicamente e estarão mais seguros, porém haverá uma maior necessidade de alfabetização.

4.3. Higiene e Segurança no Trabalho

Na terceira parte da entrevista foi introduzido o conceito de SST com o intuito de se perceber como cada empresa adota e vê esta área.

Nesta fase pretendeu-se entender e recolher dados sobre as atividades e formações desenvolvidas nesta área, os principais riscos verificados, os comportamentos inseguros mais comuns, as vantagens, desvantagens e novos riscos associados à 4ª revolução industrial, e o que mudará com a I4.0.

4.3.1. Atividades desenvolvidas pela empresa no âmbito de SST

Nesta questão todas as respostas foram positivas, sendo que os entrevistados A e B possuem equipas de SST internas, enquanto os entrevistados C, D e E fazem parte de equipas de empresas subcontratadas para realização de formação.

Na empresa A, há uma equipa interna que promove a formação, atividades de SST e o bem-estar. Na empresa B dão formação a empresas externas e aos trabalhadores internos, inclusive formação de técnicos para a realização da avaliação de riscos.

4.3.2. Principais riscos verificados

Todos os entrevistados mencionam que os principais riscos verificados são as lesões musculoesqueléticas, causadas principalmente pelos movimentos repetitivos. Porém, apesar do entrevistado A o mencionar, explica que devido ao investimento na I4.0 verificado na empresa, este tende a diminuir não o vendo atualmente como um risco significativo.

O entrevistado B nota que há dois riscos que os intitula como prioritários: as lesões musculoesqueléticas (muitas pessoas em determinadas áreas com determinadas características) onde a robótica colaborativa vai ter um impacto muito grande e as “peças” em movimento onde a realidade aumentada, ainda em fase de desenvolvimento, terá um impacto bastante positivo na sinistralidade.

Os principais riscos verificados na empresa C são o desrespeito pelos princípios ergonómicos e cortes/entalamentos nas mãos/membros superiores. Por enquanto não se verifica nenhuma diferença com a nova revolução industrial e as principais causas e consequências dos acidentes de trabalho mantêm-se semelhantes nos últimos anos.

Na empresa D, o entrevistado destaca que o maior risco verificado é o entalamento entre elementos móveis, mas com a I4.0 este risco tenderá a diminuir.

Quanto à empresa E, os principais riscos verificados são químicos, físicos, ergonómicos e mecânicos. Com a nova revolução industrial já verificam algumas melhorias, como a redução da exposição ao ruído ocupacional, da exposição a químicos, trabalhos menos pesados fisicamente e máquinas mais seguras.

4.3.3. Meios de proteção necessários

Todas as empresas em estudo disponibilizam os meios de proteção necessários. Nas empresas A e B conseguiu-se apurar que estas dispõem de mais do que um modelo de EPI, por exemplo, a nível de calçado de segurança dispõem de modelos standard e modelos especiais de acordo com alguma patologia e de acordo com o risco existente no local de trabalho.

A empresa C mencionou que estes são disponibilizados de acordo com a avaliação de riscos dos postos de trabalho e com marcação CE.

4.3.4. Não conformidades mais comuns no âmbito da SST

A maior não conformidade mencionada pelas empresas entrevistadas (80%) é a falta de verificação da segurança dos equipamentos.

A empresa A não possui nenhuma não conformidade, apenas oportunidades de melhoria a nível da documentação (transição da OSHAS 18001 para a ISO 45001).

A empresa B menciona que a não conformidade mais comum é a conformidade legal, mas estão a encontrar alternativa para controlar esta situação, e a não atualização da avaliação de riscos anualmente ou quando há alguma alteração. Os incidentes com pessoas, referindo que há mais atos comportamentais (desvios comportamentais) do que situações/condições perigosas (comportamento inseguro).

A segurança de máquinas é apontada pela empresa C e a falta de verificações de segurança aos equipamentos após avarias/manutenções é apontada pela empresa D.

A empresa E menciona que há máquinas que não cumprem a legislação em termos de segurança, o que é bastante grave.

4.3.5. Comportamentos inseguros mais comuns

Quanto aos atos inseguros, há uma coerência nas respostas obtidas que estão dispostas na Tabela 5. Todos mencionam que os comportamentos inseguros mais comuns verificados atualmente se devem ao comportamento humano, neste caso excesso de confiança e incumprimento das regras estabelecidas.

Tabela 5: Atos inseguros mais comuns.

| Empresa / Entrevistado | Atos inseguros mais comuns |
|------------------------|--|
| A | Excesso de confiança e incumprimento das regras estabelecidas, algo que faz parte do ser humano. |
| B | Incumprimento da utilização correta de EPIs e práticas ergonômicas. O inadimplemento das regras estabelecidas por todos é o que mais contribui para acidentes graves. |
| C | Não utilização de EPIs obrigatórios (auriculares; máscara nas operações de limpeza); atos inseguros no trabalho com máquinas. |
| D | Excesso de confiança e não utilização dos EPI. |
| E | A não utilização de EPI por parte dos trabalhadores e a pressão para terminar o trabalho nos prazos estipulados. |

O entrevistado A é o único que pensa que este panorama não será alterado com a introdução de tecnologias I4.0 explicando que tal se deve a questões culturais, o que é diferente de tecnologia e difícil de “moldar”. Todos os restantes entrevistados acreditam que com a introdução das tecnologias I4.0 este panorama poderá ser alterado, sendo que o entrevistado B acrescentou que muitas das situações em que há desrespeito será ultrapassado por sistemas de visão, não tendo que ir diretamente ao local verificar (por exemplo, a qualidade do produto que está a ser desenvolvido, a manutenção, ...). Já o entrevistado C mencionou que irão surgir outros problemas a nível de SST.

4.3.6. Vantagens e desvantagens da I4.0

Neste contexto, as principais vantagens destacadas pelos entrevistados foram a diminuição de determinados riscos, a formação necessária para realizar determinadas tarefas e a diminuição de acidentes devido aos processos mais automatizados. Como desvantagem, se os conceitos da I4.0 forem bem aproveitados e implementados irão sustentar a adaptação do trabalho ao Homem, o que levará ao risco de tornar os postos de trabalho mais estáticos/sedentários, podendo surgir outros riscos ergonômicos. Apesar de ainda não estarem tão bem estudados quanto os da I3.0 poderão surgir novos riscos emergentes. Neste domínio, 2 dos entrevistados mencionaram como desvantagem a diminuição dos postos de trabalho.

4.3.7. Novos riscos associados às novas tecnologias

Tanto os entrevistados A e B, de momento, não associam nenhum novo risco à I4.0, uma vez que a sua implementação já é efetuada a pensar na prevenção das pessoas. Os restantes entrevistados, C, D, e E, foram unânimes nas suas respostas, dando ênfase aos riscos psicossociais.

O entrevistado C referiu os riscos psicossociais (diferente conteúdo do trabalho e impacto na empregabilidade; ritmos de trabalho mais intensos e ambientes mais stressantes; desmotivação em parte da população) e novas máquinas com novos riscos (interação com robôs).

O entrevistado D mencionou os riscos psicossociais associados à incerteza da manutenção do posto de trabalho. Os riscos psicossociais, também são mencionados pelo entrevistado E, que justifica que os trabalhadores sentem que não têm capacidade cognitiva para as novas tecnologias e os riscos ergonómicos porque o trabalhador sente necessidade de acompanhar o ritmo da máquina.

4.3.8. Alterações previstas na gestão da SST

Os entrevistados voltam a estar todos de acordo segundo a análise das respostas recolhidas, mencionando todos que os técnicos de SST deverão acompanhar esta evolução, de forma a se dedicarem mais aos comportamentos das pessoas e a obterem mais *know-how* através de investigação.

Destaque para a resposta obtida pelo entrevistado A:

“A evolução do Sistema de Gestão de SST para o enquadramento da I4.0, a automatização dos processos produtivos que ajudará a prever os riscos do futuro. Os técnicos deverão ser “libertados” para se dedicarem às pessoas e aos seus comportamentos.

Apesar de haver uma heterogeneidade das idades houve uma boa adaptação às tecnologias, onde se verificou uma grande ajuda das camadas jovens para com os mais velhos. Esta introdução foi efetuada pouco a pouco, de forma a ser adaptável por todos os trabalhadores. Foram estabelecidas prioridades na área produtiva e foram criadas ferramentas a nível de cumprimento dos requisitos legais (avaliações ergonómicas, dimensionamentos adequados, ...).”

O entrevistado B referiu que os técnicos deverão acompanhar esta evolução tecnológica de forma a apurarem algum risco descorado. A atualização constante da avaliação de riscos, a formação contínua aos trabalhadores e as alterações legislativas é a resposta obtida pelo entrevistado C.

Segundo o entrevistado D, os responsáveis de segurança deverão estar livres para o desenvolvimento de novas tecnologias e equipamentos na área de SST. Quanto ao entrevistado E referenciou mais informações e formação nos trabalhadores e mais investigação.

4.4. Análise dos principais resultados das entrevistas

Neste subcapítulo é apresentado um quadro síntese, Tabela 6, das respostas recolhidas nas entrevistas em comparação com as evidências resultantes da revisão bibliográfica realizada.

Tabela 6: Análise pormenorizada das respostas recolhidas nas entrevistas em comparação com as evidências resultantes da revisão bibliográfica realizada.

| Perceção | Entrevista | Literatura |
|---|--|---|
| I4.0 | Linhas de produção cada vez mais automatizadas através da introdução de robôs colaborativos, sistemas de auxílio ao transporte de cargas, utilização da tecnologia em termos da reabilitação de lesões musculoesqueléticas, otimização dos processos administrativos, visão artificial, dados na nuvem, manufatura aditiva e informatização de todo o negócio. | Schwab, 2016; Silva <i>et al.</i> , 2020; Stacey <i>et al.</i> , 2017 |
| | União da tecnologia e do raciocínio humano, visando o aumento da produtividade e a melhoria dos processos, uma vez que as ferramentas tecnológicas irão contribuir para o aumento da produtividade e para o atendimento personalizado do consumidor. | Chiarini <i>et al.</i> , 2020; Santos & Martins, 2020 |
| | Aspetos positivos: prevenção e redução de potenciais riscos para os trabalhadores, maior velocidade de resposta (aumento da produtividade), diminuição da não qualidade e realidade aumentada em termos de formação. Aspetos negativos: perceção da origem das lesões que as novas gerações criam ao longo do tempo, falta de alternativas em caso de problemas informáticos e receio em acompanhar a evolução da tecnologia pela população mais envelhecida. | Barreto <i>et al.</i> , 2017; Dalkir, 2017; Kagermann <i>et al.</i> , 2013; Lee <i>et al.</i> , 2014; Rübmann <i>et al.</i> , 2015; Schuh <i>et al.</i> , 2014; Sousa, 2019 |
| | Principais dificuldades: disponibilidade económica necessária para a implementação das novas tecnologias e falta de conhecimento na área. | Ribeiro, 2017; Romero <i>et al.</i> , 2016 |
| | ISO 45001 em comparação com a OSHAS 18001: mais abrangente, maior dificuldade/desafio na sua implementação e melhoria da estrutura. | Constantine, 2018; Oliveira, 2020; Severo, 2018 |
| Futuro da empregabilidade e do conteúdo do trabalho: mudança das competências dos trabalhadores, descontinuidade das tarefas pesadas, ritmos de trabalho mais intensos e maior exposição ao stress. | DJP Automação, 2020; Xavier, 2019 | |
| HST | Atividades no âmbito de SST: atitude proativa em relação à segurança e dar formação às pessoas, de forma a se incutir o pensamento e a prática em segurança. Com esta base poderão agir, aceitar os processos e os procedimentos da segurança, bem como aplicar as práticas e os métodos da implementação efetiva da Gestão da Segurança e Saúde, principalmente entre os resistentes, os indecisos e no exterior da Organização. | Badri <i>et al.</i> , 2018; ISQ & TICE.PT, 2019; Leso <i>et al.</i> , 2018; Oliveira, 2020; Ramos, 2019; Santos <i>et al.</i> , 2018; Severo, 2018; Xavier, 2019 |

Tabela 6: Análise pormenorizada das respostas recolhidas nas entrevistas em comparação com as evidências resultantes da revisão bibliográfica realizada (continuação).

| Perceção | Entrevista | Literatura |
|----------|---|--|
| | Principais riscos: lesões musculoesqueléticas, “peças” em movimento, cortes/entalamentos nas mãos/membros superiores entre elementos móveis, e riscos químicos e físicos. | Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, 2021; Conect, 2017; Costa, 2017; Sigga Technologies, 2019; UGT, 2020a |
| | Principal não conformidade no âmbito de SST: falta de verificação da segurança dos equipamentos, o que é bastante grave pois muitos dos acidentes de trabalho resultam de entalamentos dos membros superiores. | Badri <i>et al.</i> , 2018; Bonekamp & Sure, 2015; Leso <i>et al.</i> , 2018 |
| | Atos inseguros: excesso de confiança e incumprimento das regras estabelecidas. | Çalış & Büyükkıncı, 2019; Costa, 2019; Occupational Health and Safety, 2015; Ramos <i>et al.</i> , 2020; Santos <i>et al.</i> , 2018 |
| | Com a introdução de tecnologias I4.0 nada será alterado pois tal deve-se a questões culturais, porém muitas das situações em que há o desrespeito/incumprimento será ultrapassado por sistemas de visão. | Barreto <i>et al.</i> , 2017; Dalkir, 2017; Javaid <i>et al.</i> , 2022 |
| | Vantagens: diminuição de determinados riscos, formação necessária para realizar determinadas tarefas, diminuição de acidentes devido aos processos mais automatizados, trabalho mais interativo (mas mais isolado), EPIs inteligentes e diminuição das lesões musculoesqueléticas. Desvantagens: risco de tornar os postos de trabalho mais estáticos/sedentários podendo surgir outros riscos ergonómicos, aumento dos riscos psicossociais, invasão de privacidade, redução do contacto humano e desemprego. | Barreto <i>et al.</i> , 2017; Dalkir, 2017; Ramos, 2019; Ribeiro, 2017 |
| | Além dos riscos psicossociais nenhum novo risco é associado à I4.0, uma vez que a sua implementação já é efetuada a pensar na prevenção das pessoas. | Badri <i>et al.</i> , 2018; Bonekamp & Sure, 2015; Leso <i>et al.</i> , 2018; Xavier, 2019 |
| | Os técnicos de SST deverão acompanhar esta evolução, de forma a se dedicarem mais ao comportamento das pessoas e a obterem mais <i>know-how</i> através de investigação. Quanto ao envolvimento dos trabalhadores, a ISO 45001 exige a informação e a formação dos trabalhadores para identificar os riscos e viabilizar o sucesso de um programa de saúde. | ISQ & TICE.PT, 2019; Oliveira, 2020; Severo, 2018 |

De seguida serão abordadas as dimensões que caracterizam a I3.0, a I4.0 e a SST, sendo efetuada uma análise evolutiva da SST em ambas as eras de forma a se verificar a diferença.

4.4.1. As dimensões da I3.0

De forma a sintetizar as dimensões referentes à I3.0 e à I4.0 é importante indicar quais foram as principais transformações desenvolvidas em cada uma. A Terceira Revolução Industrial foi marcada pela rapidez do desenvolvimento de novas tecnologias, que mudaram a indústria, a economia e a sociedade, destacando-se a Internet. Esta revolução industrial está associada à informática e à automação industrial, destacando-se as dimensões retratadas na Figura 20.



Figura 20: Dimensões da I3.0.

A introdução da robótica levou a uma alteração do sistema produtivo que com a introdução de máquinas mais eficientes e precisas conseguiu-se aumentar a produção em menos tempo. Em termos informáticos refletiu-se a criação de novos computadores e softwares associados ao desenvolvimento da internet, onde surgiram computadores pessoais cada vez menores e mais eficientes, chips e outros produtos eletrónicos. Quanto às telecomunicações houve uma melhoria dos telefones e a criação do telemóvel. Na biotecnologia, a genética transformou o mundo e foram desenvolvidos novos medicamentos, novas formas de prevenção de doenças e novos tratamentos.

O grande marco desta revolução centrou-se na internet e nos telemóveis que possibilitaram a diminuição da distância e do tempo entre as pessoas, onde milhões de mensagens, imagens e informações continuam a ser enviadas instantaneamente, independentemente da localização geográfica.

A preocupação com o meio ambiente teve início nesta revolução industrial pois produzir mais em menor tempo levava a uma procura intensiva pelos recursos naturais do nosso planeta e estes estão sob ameaça, sendo imprescindível a procura por um desenvolvimento sustentável, mesmo no sistema produtivo. A desvalorização da mão de obra teve início na I3.0 onde se verificou a substituição da manufatura pela maquinofatura, devendo agravar-se na I4.0 devido à automatização da indústria.

4.4.2. As dimensões da I4.0

A Quarta Revolução Industrial é definida como a transição em direção a novos sistemas mediante a revolução digital, destacando-se a automatização da indústria. As dimensões deste conceito estão retratadas na Figura 21, dando especial destaque à realidade aumentada, robôs autônomos, inteligência artificial e impressão 3D.



Figura 21: Dimensões da I4.0.

Neste conceito foram destacados seis pilares essenciais para uma empresa: recursos humanos, estratégia e organização, fábrica inteligente, operações inteligentes, produtos inteligentes e serviços baseados em dados. No primeiro pilar, as empresas terão que avaliar se as competências dos recursos humanos disponíveis dentro da empresa são suficientes para a transição e implementação dos conceitos da I4.0 ou se será necessário recrutar pessoas especializadas, e/ou até mesmo formar os recursos humanos já existentes na empresa de forma a adaptá-los a esta nova realidade industrial (Lichtblau et al., 2015).

Quanto à estratégia e organização é necessário saber até que ponto a I4.0 está ancorada e implementada na estratégia da empresa pois será necessário um grande investimento, destacando-se a inovação que será a chave de destaque no mercado. Para adotar o conceito de fábrica inteligente (modelos digitais, infraestrutura dos equipamentos, utilização dos dados, sistemas de informação), as empresas terão que averiguar até que ponto possuem uma produção digitalmente ligada em rede e automatizada através de sistemas cyber-físicos (Lichtblau et al., 2015).

Terão que ser definidas operações inteligentes (*cloud*, cyber-segurança, processos autónomos, partilha de informação) e para tal terá que se verificar até que ponto os processos e produtos da empresa são digitalmente mapeados e podem ser controlados através de sistemas e algoritmos da tecnologia de informação e comunicação num mundo cada vez mais virtual. No desenvolvimento de produtos inteligentes terá que se verificar até que ponto estes podem ser controlados pelas tecnologias de informação e comunicar-se e interagir com sistemas de nível superior ao longo da cadeia de valor, de forma a poder analisar-se os dados durante a utilização (rastreadabilidade do produto). Quanto aos serviços baseados em dados deverão oferecer serviços que só possam surgir através da rede de produtos, produção e clientes (Lichtblau et al., 2015).

4.4.3. As dimensões da SST

A ISO 45001 é a norma que especifica os requisitos e as orientações para um SGSST, de modo a proporcionar locais de trabalho seguros e saudáveis nas Organizações, prevenindo lesões e doenças ocupacionais, e melhorar o seu desempenho.

Esta norma veio reforçar a participação e o envolvimento do trabalhador, assim como as necessidades e as expectativas deste e das partes interessadas. A gestão de topo deve ter uma participação ativa sendo responsável pela eficácia do sistema de gestão, destacando-se a importância da necessidade de tomar

medidas, tanto para os riscos como para as oportunidades de melhoria, de forma a otimizar a capacidade do sistema de gestão (Oliveira, 2018).

As dimensões de SST estão representadas na Figura 22.



Figura 22: Dimensões da SST.

Estas dimensões foram destacadas pelo facto de serem requisitos obrigatórios da norma.

4.4.4. Análise das dimensões I3.0 e I4.0 em relação à SST

A segurança do trabalho não é um tema novo e está entre as maiores preocupações das empresas, que dispõem de pessoas, a tempo inteiro, para cuidar desta área. A maior parte do conhecimento acumulado ao longo de décadas sobre este tema aborda o comportamento humano, o que se torna num problema pois com a automatização da indústria e com as máquinas inteligentes, a tendência da segurança do trabalho muda. A preocupação deixa de estar centralizada nos manuais de conduta e passa a focar-se na robustez dos sistemas de informação e na prevenção de problemas de comunicação entre as máquinas.

Num sistema de gestão toda a informação deve estar documentada e com a I4.0 passa a estar disponível em suporte digital em vez de estar em suporte de papel, como se verificava na I3.0. As auditorias, que visam medir a eficácia do sistema e da sua melhoria ao longo do tempo, devem ser periódicas para determinar se o SGSST e os seus elementos estão bem implementados, se são adequados e eficazes na

proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores e na prevenção dos acidentes de trabalho. No contexto da I4.0 estas poderão ser realizadas *online* ou *b-learning*, deixando de ser necessário a presença do auditor *in loco*.

A comunicação passa a ser elaborada com outro tipo de tecnologia, muito mais apelativa, de forma a captar a atenção dos envolvidos, neste caso os trabalhadores. A consulta aos trabalhadores é realizada através de questionários desenvolvidos pelos técnicos de SST. Na I3.0 eram realizados em formato de papel, mas agora podem ser realizados em formato online, onde os dados são tratados automaticamente e em tempo real.

A sensibilização dos trabalhadores passará a ser efetuada através da realidade aumentada, que permite a integração de elementos ou informações virtuais a visualizações do mundo real através de uma câmara e com o uso de sensores de movimento como giroscópio e acelerómetro. Ou seja, deixa de ser realizada numa sala com um quadro, evoluindo até à exposição por imagem transmitida pelos computadores e passará a ser realizada de uma forma mais apelativa através da realidade aumentada.

O controlo dos fornecedores e subcontratados é realizado informaticamente, onde é possível gerar automaticamente notificações sobre as necessidades de cada momento. A definição dos objetivos de SST deve ser adequada com a evolução das tecnologias pois o risco que havia na I3.0 não é o mesmo, surgindo novos riscos com a I4.0.

A síntese da análise realizada é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7: Itens e estados aplicados a cada dimensão.

| Dimensão | Itens | Estados | Dimensão | Itens | Estados |
|--------------------------------------|--|---|---|---|--|
| Auditoria SGSST | Tipologia | Não integrada Sequencial Sobreposta Integrada | Sensibilização | Abordagem | Palestra Exposição Realidade aumentada |
| | Abordagem | Presencial Blended Online | Processos | Método | Manual Digitalização |
| Gestão documental | Ciclo de vida documental | Fase corrente Fase intermediária Fase permanente | Consulta aos trabalhadores | Tipologia | Questionário Entrevista |
| | | Suporte | | Físico Digital | |
| | Caracterização | Autenticidade Fiabilidade Integridade Usabilidade | Controlo de fornecedores e subcontratados | Método | Manual Informático |
| | Natureza | Sigilosa Ostensiva | | Identificação dos perigos | Contexto |
| Suporte | Físico Digital | Caracterização | Aquisição de dados Observação direta | | |
| Forma | Verbal Não verbal Organizacional | Fatores | Económicos Sociais Ambientais | | |
| | Tipologia | Oral Escrita Audiovisual Visual Social Organizacional Interna Integrada Assertiva | Metodologia | | Técnica Orientada para a tarefa |
| Política | | Divulgação | Método | Fator interveniente | Acidente Doença profissional Doença do trabalho |
| | | | | Preparação da resposta à emergência | Iluminação Botão de emergência Sensores Restrição do acesso |
| Participação dos colaboradores | Método | Workshop Lançamento de desafios Simulacros | Conformidade legal | Método | Pesquisa intensiva Divulgação em jornais Plataformas adaptadas |

Tabela 7: Itens e estados aplicados a cada dimensão (continuação).

| Dimensão | Itens | Estados | Dimensão | Itens | Estados | |
|--------------------------------|---|---|-----------------------------|---|--|---|
| Ações corretivas e preventivas | Método | Descrição da situação detetada Identificação e análise das causas Definição das correções | Melhoria contínua | Ferramentas | Ciclo PDCA <i>Lean Manufacturing</i> Kaizen Seis Sigma Diagrama de Ishikawa 5S 5W 2H BPM (<i>Business Process management</i>) DMAIC (<i>Define, Measure, Analyse, Improve and Control</i>) | |
| | Origem | Reclamação (produto/serviço não conforme) Não conformidade Constatação | | | Indicadores | Acidentes de trabalho Doenças profissionais Incidentes Danos materiais |
| | Processo | Documentado Monitorizado Analisado | | | Pilares | Continuidade Cultura Benefícios para todos |
| | Fontes de informação apropriadas | Tendências dos "incidentes sem perdas" Relatórios de auditorias do SGSST Registos Atualização da análise de riscos Novas informações sobre materiais perigosos "Rondas" de segurança Sugestões dos colaboradores especializados em SST | | | Princípios | Foco Medição Padronização Conhecimento técnico |
| | Resultados | Procedimento para acidentes e não-conformidades Relatórios de não-conformidades Registo de não-conformidades Relatórios atualizados da identificação de perigos e da avaliação e controlo de riscos Entradas da análise crítica pela Administração Evidência das avaliações da eficácia das ações corretivas e preventivas tomadas | Definir os objetivos de SST | Método | Documentar fisicamente Documentar digitalmente | |
| Classificação | Taxa de frequência ou gravidade de doenças/lesões com perda de tempo Localização e tipo da lesão Parte do corpo atingida Atividade envolvida Tipo e gravidade dos danos à propriedade Causas diretas e causas-raiz | Contexto | | Requisitos legais Perigos Riscos Opções tecnológicas Exigências financeiras, operacionais e do negócio Visão das partes interessadas | | |
| | | | | Prazo | Curto Médio Longo | |

5. Considerações finais

A I4.0 será um caminho longo, um processo evolutivo e adaptativo e a produção será muito tecnológica, onde já se verificou o primeiro passo, a digitalização. As atualizações da I4.0 ainda estão longe de serem praticadas ou estarem acessíveis à maior parte das empresas ainda que se verifique algum avanço e desenvolvimento nesse sentido. Com esta revolução industrial surge a necessidade de renovar as estruturas que gerem os processos organizacionais, nomeadamente os sistemas de gestão integrados, e torná-las aptas a enfrentar todas as mudanças. As camadas jovens serão uma mais-valia nesta nova era industrial, pois é uma geração que já “nasceu” com a tecnologia incorporada.

Em 2021 surgiu a I5.0 que é rotulada como a indústria orientada para o valor social e sustentável, uma vez que a I4.0 está centrada na digitalização e na tecnologia artificial.

Nesta transição, o principal obstáculo centra-se na legislação uma vez que esta é extensa e não está a acompanhar a evolução industrial, destacando-se as diretivas (Diretiva Equipamentos de Trabalho através do Decreto-Lei nº 50/2005 e Diretiva Máquinas através do Decreto-Lei 103/2008). Outras dificuldades sentidas pelas empresas foram o elevado capital necessário para o investimento inicial, o difícil acesso ao know-how (falta de trabalhadores com conhecimento ou com capacidade para trabalhar com as tecnologias) e o impacto que tal refletirá na produção atual (paragens e tempo de não produção).

Quanto ao futuro da empregabilidade e do conteúdo do trabalho, as empresas vão passar a dar mais tempo às pessoas (os trabalhadores vão passar a ter mais tempo, vão ficar mais livres, acreditando-se que as horas diárias de trabalho sejam reduzidas), os recursos serão otimizados ao pormenor e as pessoas vão poder dar mais detalhe a algo que não podiam antes (vão poder parar, estudar e sugerir para melhorar), os postos de trabalho vão deixar de ter tarefas demasiadamente pesadas e serão mais seguros, e haverá uma mudança das competências dos trabalhadores (preparar as pessoas para a nova realidade, não esperando a diminuição dos trabalhadores efetivos).

Os principais riscos verificados continuam a ser as lesões musculoesqueléticas, causadas principalmente pelos movimentos repetitivos, que tendem a diminuir devido ao investimento das empresas na I4.0 e as pessoas em movimento onde a realidade aumentada, ainda em fase de desenvolvimento, terá um impacto bastante positivo na sinistralidade.

A maioria dos acidentes de trabalho continua a resultar de atos inseguros e o ato inseguro mais comum é o excesso de confiança que leva ao incumprimento das regras estabelecidas, algo que faz parte do ser humano, sendo o que mais contribui para acidentes graves. De forma a cumprir um conjunto de regras e

princípios, é fundamental sensibilizar as pessoas sobre a necessidade de alterarem alguns comportamentos a fim de se prevenir os riscos profissionais.

Neste novo contexto industrial estima-se que a carga psicológica irá ser maior do que a carga física, uma vez que se espera que os trabalhadores procedam por iniciativa própria, tenham uma excelente capacidade de organização e mais responsabilidades. Haverá uma maior procura de trabalhadores novos e formados devido à necessidade de lidar com o mundo digital, que geralmente é mais simples para as gerações mais novas, conduzindo a uma alteração demográfica nas empresas.

Quanto à gestão da segurança é imprescindível que os técnicos de SST acompanhem esta evolução, de forma a se dedicarem mais aos comportamentos das pessoas e a obterem mais *know-how* através de investigação.

Num sistema de gestão toda a informação deve estar documentada e com a I4.0 passa a estar disponível em suporte digital. As auditorias, que visam medir a eficácia do sistema e da sua melhoria ao longo do tempo, passam a ser realizadas de forma online, uma vez que se consegue aceder a toda a informação digitalmente em tempo real.

A comunicação também pode ser elaborada com outro tipo de tecnologia, muito mais apelativa, de forma a captar a atenção dos envolvidos. A sensibilização dos trabalhadores passará a ser realizada através da realidade aumentada, que permite a integração de elementos ou informações virtuais a visualizações do mundo real através de uma câmara e com o uso de sensores de movimento.

Assim, tendo por base o estudo realizado, as questões colocadas inicialmente podem agora ser respondidas:

- Quais são as dimensões de um SGSSO que irão evoluir num contexto de I4.0?

As dimensões de um SGSSO que irão evoluir num contexto de I4.0 serão a gestão documental, as ações corretivas e preventivas, a sensibilização, a comunicação, a política, a participação dos trabalhadores, a identificação de perigos, a definição dos objetivos de SST e as auditorias. Os locais de trabalho serão mais seguros e saudáveis nas Organizações, de forma a prevenir lesões e doenças ocupacionais e melhorar o desempenho. Haverá a necessidade de reforçar a participação e o envolvimento do trabalhador, assim como atender às necessidades e às expectativas deste e das partes interessadas. A gestão de topo terá uma participação ativa sendo a responsável pela eficácia do sistema de gestão, destacando-se a

importância da necessidade de tomar medidas, tanto para os riscos como para as oportunidades de melhoria, de forma a otimizar a capacidade do sistema de gestão.

- Como se perspectiva esta evolução?

Os conceitos chave centram-se na realidade aumentada, nos robôs autônomos, na automatização industrial e na inteligência artificial. Esta evolução estará centrada em seis pilares que são vistos como essenciais para uma empresa: os recursos humanos, a estratégia e a organização, o conceito da fábrica inteligente, as operações inteligentes, os produtos inteligentes e os serviços baseados em dados.

As empresas terão que avaliar se as competências dos recursos humanos disponíveis dentro da empresa serão suficientes para a transição e implementação dos conceitos da I4.0 ou se será necessário recrutar pessoas especializadas e/ou até mesmo formar os recursos humanos já existentes na empresa, de forma a adaptá-los a esta nova realidade industrial. Será necessário saber até que ponto a I4.0 está ancorada e implementada na estratégia da empresa pois será necessário um grande investimento, destacando-se a inovação que será a chave de destaque no mercado. As empresas terão que averiguar até que ponto possuem uma produção digitalmente ligada em rede e automatizada através de sistemas cyber-físicos. Terão que ser definidas operações inteligentes e, para tal, terá que se verificar até que ponto os processos e os produtos da empresa são digitalmente mapeados e podem ser controlados através de sistemas e algoritmos da tecnologia de informação e comunicação num mundo cada vez mais virtual. No desenvolvimento de produtos inteligentes terá que se verificar até que ponto estes podem ser controlados pelas tecnologias de informação e comunicar-se e interagir com sistemas de nível superior ao longo da cadeia de valor, de forma a poder analisar-se os dados durante a utilização (rastreadabilidade do produto). Os serviços baseados em dados deverão oferecer serviços que só possam surgir através da rede de produtos, produção e clientes.

- Qual é o estado de prontidão das empresas com SGSSO para enfrentar os desafios colocados pelo conceito da I4.0?

A maioria das empresas não se encontram preparadas para enfrentar os desafios colocados pelo conceito da I4.0 pois a norma não contempla esta nova revolução industrial. Terá que haver uma adaptação da norma ao novo contexto do trabalho.

5.1. Perspetivas futuras

Tendo em consideração os temas da atualidade é imprescindível estarmos de olhos postos no futuro da IA uma vez que se espera que esta orientará o comércio internacional já no final desta década, estando envolvida na cadeia de produção e distribuição de alimentos.

Os especialistas acreditam que tal será assustador uma vez que a IA é claramente mais poderosa e difícil de controlar do que um simples software, que já é bastante conhecido por aumentar a desigualdade, o extremismo e costurar a discórdia social por meio da desinformação. Acredita-se que a comunicação do futuro passará por gestos e voz, e que os monitores vão continuar, contudo os teclados e os ratos não vão fazer parte do futuro (Medeiros et al., 2021).

Assim, tendo em consideração esta perspetiva, será necessário estudar o impacto que esta nova revolução tecnológica terá nos Sistemas de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho, sendo necessário identificar novos riscos e desenvolver novos métodos de avaliação.

Num trabalho a realizar no futuro será necessário prosseguir com a validação dos níveis por um grupo *focus* especializado na área, desenvolver algoritmos de ponderação e validar/ponderar cada dimensão através da aplicação de um questionário.

Referências bibliográficas

- Abisourour, J., Hachkar, M., Mounir, B., & Farchi, A. (2020). Methodology for integrated management system improvement: combining costs deployment and value stream mapping. *International Journal of Production Research*, 58(12), 3667–3685. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1633482>
- ABNT. (2018). *ISO 45001: Sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional - Requisitos com orientação para uso* (45001, Vol. 1). <https://www.iso.org/2016/02/Ref2012.html>
- ACCEPT Quality Control Solutions. (2021). *Indústria 5.0: As pessoas no centro da (r)evolução*. <https://www.accept.pt/industria-5-0-as-pessoas-no-centro-da-revolucao/>
- Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. (2021). *Riscos emergentes*. <https://osha.europa.eu/pt/emerging-risks>
- Algheriani, N. M. S., Majstorovic, V. D., Kirin, S., & Spasojevic Brkic, V. (2019). Risk model for integrated management system. *Tehnicki Vjesnik*, 26(6), 1833–1840. <https://doi.org/10.17559/TV-20190123142317>
- Almeida, A. de, Andrade, A. I., Costa, A. P., Brandão, C., Baixinho, C. L., Azvedo, D. C. de, Henriques, E., Egry, E. Y., Freitas, F., Marques, F. M., Souza, F. N. de, Ribeiro, J., Machado, J. do C., Apostólico, M. R., Cubas, M. R., Bicudo, M. A. V., Vasconcelos, M. C. C., Fonseca, M. G. S. da, Presado, M. H., ... Rehem, T. (2017). A prática na Investigação Qualitativa: exemplos de estudo. In *A prática na Investigação Qualitativa: exemplos de estudos (1ª parte)* (1ª Edição). Ludomedia. www.ciaiq.org
- Amado, J. (2014). *Manual de Investigação Qualitativa em Educação* (2ª Edição). Imprensa da Universidade de Coimbra. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0879-2>
- AMBRA: Segurança do Trabalho. (n.d.). *Segurança do Trabalho 4.0: aplicando a revolução da indústria na SST*. Retrieved May 11, 2021, from <https://ambraeng.com/seguranca-do-trabalho-4-0/>
- Aragão, J. W. M. de, & Neta, M. A. H. M. (2017). *Metodologia Científica*. Produção de Mídias para Educação Online - Universidade Federal da Bahia. <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/30900>
- Assembleia da República. (2009). Lei nº 98/2009. *Diário Da República*, 1ª Série(Nº 172), 5894–5920. <https://dre.pt/application/file/a/489343>
- Badri, A., Boudreau-Trudel, B., & Souissi, A. S. (2018). Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern? *Safety Science*, 109, 403–411. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.012>

- Baptista, C. S., & Sousa, M. J. (2012). *Como fazer investigação, dissertações, tese e relatórios segundo Bolonha* (3ª Edição). Pactor.
- Barbosa, A. M. dos S. F. V. A. (2012). *A Relação e a Comunicação Interpessoais entre o Supervisor Pedagógico e o Aluno Estagiário: Um Estudo de Caso* [Escola Superior de Educação João de Deus]. <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/2472/1/AnaMariaBarbosa.pdf>
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, *13*, 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>
- Bednar, P. M., & Welch, C. (2020). Socio-Technical Perspectives on Smart Working: Creating Meaningful and Sustainable Systems. *Information Systems Frontiers*, *22*, 281–298. <https://doi.org/10.1007/s10796-019-09921-1>
- Beers, H. (2016). *How AI could benefit the world of work and impact on OSH*. <https://www.shponline.co.uk/technology/ai-benefit-world-work-impact-osh/>
- Bogataj, D., Battini, D., Calzavara, M., & Persona, A. (2019). The ageing workforce challenge: Investments in collaborative robots or contribution to pension schemes, from the multi-echelon perspective. *International Journal of Production Economics*, *210*, 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.12.016>
- Bogdan, R., & Biklen, S. (2013). *Investigação Qualitativa em Educação: Uma Introdução à Teoria e aos Métodos*. Porto Editora.
- Bonekamp, L., & Sure, M. (2015). Consequences of Industry 4.0 on Human Labour and Work Organisation. *Journal of Business and Media Psychology*, *6*(1), 33–40. https://journal-bmp.de/wp-content/uploads/04_Bonekamp-Sure_final.pdf
- Breque, M., Nul, L. De, & Petridis, A. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry* (R. P. S. P. Brief (ed.)). European Commission. <https://doi.org/10.2777/308407>
- Çalış, S., & Büyükkakinci, B. Y. (2019). Occupational Health and Safety Management Systems Applications and A System Planning Model. *Procedia Computer Science*, *158*, 1058–1066. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.147>
- Carmo, H. D. de A. e, & Ferreira, M. M. (2008). *Metodologia da Investigação Guia para Auto-Aprendizagem* (2ª Edição). Universidade Aberta.
- Carolis, A., Tavola, G., & Taisch, M. (2017). Gap Analysis on Research and Innovation for Cyber-Physical

- Systems in Manufacturing. *In Studies in Computational Intelligence*, 640, 61–70.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-51100-9_6
- Catapan, E. (2019). *Sustentabilidade na Indústria 4.0*. <https://www.harbor.com.br/harbor-blog/2019/01/03/sustentabilidade-na-industria-4-0/>
- Cherubini, A., Passama, R., Crosnier, A., Lasnier, A., & Fraisse, P. (2016). Collaborative manufacturing with physical human-robot interaction. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 40, 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2015.12.007>
- Chiarini, A., Belvedere, V., & Grando, A. (2020). Industry 4.0 strategies and technological developments. An exploratory research from Italian manufacturing companies. *Production Planning and Control*, 31(16), 1385–1398. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1710304>
- Colim, A., Faria, C., Braga, A. C., Sousa, N., Rocha, L., Carneiro, P., Costa, N., & Arezes, P. (2020). Towards an Ergonomic Assessment Framework for Industrial Assembly Workstations - A Case Study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(3048), 20. <https://doi.org/10.3390/app10093048>
- Colim, A., Morgado, R., Carneiro, P., Costa, N., Faria, C., Sousa, N., Rocha, L. A., & Arezes, P. (2021). Lean Manufacturing and Ergonomics Integration: Defining Productivity and Wellbeing Indicators in a Human-Robot Workstation. *Sustainability (Switzerland)*, 13(1931), 21.
<https://doi.org/10.3390/su13041931>
- Colim, A. S. de P. (2009). Tarefas de Manipulação Manual de Cargas: Selecção de Métodos de Avaliação de Risco. In *Departamento de Produção e Sistemas*.
- Colim, A., Sousa, N., Carneiro, P., Costa, N., Arezes, P., & Cardoso, A. (2020). Ergonomic intervention on a packing workstation with robotic aid - case study at a furniture manufacturing industry. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 66(1), 229–237.
<https://doi.org/10.3233/WOR-203144>
- Conect. (2017). *Quais são as principais causas de acidentes de trabalho?*
<https://conect.online/blog/quais-sao-as-principais-causas-de-acidentes-de-trabalho-descubra/>
- Constantine, A. (2018). *ISO 45001:2018 - Occupational Health & Safety Implementation Guide*. NQA.
- Costa, A. P., Moreira, A., & Sá, P. (2021). Reflexões em torno de Metodologias de Investigação: Análise de dados. In *Reflexões em torno de metodologias de investigação: análise de dados* (1ª Edição, Vol. 3). Universidade de Aveiro. <https://doi.org/https://doi.org/10.34624/dws9-6j98>
- Costa, I. L. S. S. da. (2017). *As condições de trabalho, os riscos gerais e os riscos psicossociais nos*

- profissionais de saúde: um estudo no Pólo de Valongo do Centro Hospitalar São João do Porto* [Universidade Fernando Pessoa]. https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/5809/1/DM_Inês_Costa.pdf
- Costa, N. (2019). *Fatores Humanos na Gestão de Risco de Acidentes de Trabalho*.
- COTEC Portugal. (2020). *Indústria 4.0: Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia*. https://cotecportugal.pt/wp-content/uploads/2020/02/industria4_0medidas-pt-1.pdf
- Cox, A., Fletcher, L., & Rhisiart, M. (2014). *Scoping study for a foresight on new and emerging occupational safety and health (OSH) risks and challenges: European Risk Observatory*. European Agency for Safety and Health at Work. <https://doi.org/10.2802/32660>
- Da Silva, V. L., Kovalski, J. L., Pagani, R. N., Silva, J. D. M., & Corsi, A. (2020). Implementation of Industry 4.0 concept in companies: empirical evidences. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(4), 325–342. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1699258>
- Dalkir, K. (2017). *Knowledge Management in Theory and Practice* (Third Edit). MIT Press Ltd.
- Davies, R. (2015). Industry 4.0. Digitalisation for productivity and growth. *European Parliamentary Research Service, September*, 10.
- Demir, K. A., Döven, G., & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and Human-Robot Co-working. *Procedia Computer Science*, 158, 688–695. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.104>
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2018). *The Sage handbook of qualitative research* (5ª Edição). Sage.
- Dias, V. (2019). *Saúde do trabalhador: 6 práticas para começar a cuidar mais dos seus funcionários*. Blog B2B. <https://blog.cestanobre.com.br/saude-do-trabalhador-6-praticas-para-comecar-a-cuidar-mais-dos-seus-funcionarios/>
- Dicionário Priberam da Língua Portuguesa. (n.d.). “*entrevista*.” Retrieved September 22, 2021, from <https://dicionario.priberam.org/entrevista>
- DJP Automação. (2020). *Segurança na Indústria 4.0*. <https://djpaotomacao.com/seguranca-na-industria-4-0/>
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building Theories from Case Study Research. *The Academy of Management Review*, 14(4), 532–550.
- European Commission. (2021). *Industry 5.0: What this approach is focused on, how it will be achieved and how it is already being implemented*. <https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research->

area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en

Fortin, M.-F. (2009). *Fundamentos e Etapas no Processo de Investigação*. Lusodidacta.

Freitas, M. M. B. C. de, Fraga, M. A. de F., & Souza, G. P. L. de. (2016). Logística 4.0: Conceitos e Aplicabilidade: Uma Pesquisa-Ação em uma Empresa Da Tecnologia para o Mercado Automobilístico. *Programa de Apoio à Iniciação Científica*, 237–261. <https://cadernopaic.fae.emnuvens.com.br/cadernopaic/article/view/214>

Gabriel, M., & Pessl, E. (2016). Industry 4 .0 and sustainability impacts: critical discussion of sustainability aspects with a special Focus. *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, 14(2), 131–137.

Gay, L. R., Mills, G. E., & Airasian, P. (2012). *Educational Research: Competencies for Analysis and Applications* (Tenth Edit, Vol. 148). Pearson Education, Inc. https://yulielearning.com/pluginfile.php/4831/mod_resource/content/1/Gay-E Book Educational Research-2012.pdf

GEP. (2018). *Acidentes de Trabalho: Coleção Estatística*. https://www.zotero.org/groups/2729427/ergonomia_e_segurana_do_trabalho/items/95XTIKDM/library

GrowSkills. (n.d.). *Conheça toda a gama de Robôs Colaborativos Universal Robots*. Retrieved December 8, 2021, from <https://www.growskills.pt/robotics.html>

Gunes, V., Peter, S., Givargis, T., & Vahid, F. (2014). A survey on concepts, applications, and challenges in cyber-physical systems. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 8(12), 4242–4268. <https://doi.org/10.3837/tiis.2014.12.001>

Heath, D., & Micallef, L. (2021). *Automation with intelligence: The Annual Global Robotics Survey*. <https://www2.deloitte.com/mt/en/pages/rpa-and-ai/articles/annual-robotics-survey.html>

Hill, J. (2016). *What the Internet of Things Means for Your Business*. <https://bignerdranch.com/blog/what-the-internet-of-things-means-for-your-business/>

Hozdić, E. (2015). Smart factory for industry 4.0: A review. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 7(1), 28–35.

IGAS. (2018). Manual de Segurança e Saúde no Trabalho. In *Inspeção Geral das Atividades em Saúde*. http://www.igas.min-saude.pt/wp-content/uploads/2017/04/Manual_Seguranca_e_saude_no_trabalho.pdf

- International Labour Organization. (2020). *Safety and health at work*.
<https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang-en/index.htm>
- International Organization for Standardization. (2019). *The ISO Survey of Management System Standard Certifications for 2019*. <http://www.iso.org/iso/iso-survey>
- International Organization for Standardization, & Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2018). *ISO 45001:2018: Sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional - Requisitos com orientação para uso* (Vol. 1, pp. 1–57). Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ISQ, & TICE.PT. (2019). Documentos Estratégicos: Análise de documentos estratégicos e de boas práticas internacionais com vista à identificação das melhores e mais eficientes práticas e processos no âmbito da Indústria 4.0. *PME Digital*, 1–21. <https://hub.pme-digital.pt/wp-content/uploads/2020/08/PMED.089.pdf>
- Javaid, M., & Haleem, A. (2020). Critical Components of Industry 5.0 Towards a Successful Adoption in the Field of Manufacturing. *Journal of Industrial Integration and Management*, 5(3), 327–348. <https://doi.org/10.1142/S2424862220500141327>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Rab, S., & Suman, R. (2022). Exploring impact and features of machine vision for progressive industry 4.0 culture. *Sensors International*, 3(100132), 11. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100132>
- Jazdi, N. (2014). Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. *Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, AQTR 2014*, 9–11. <https://doi.org/10.1109/AQTR.2014.6857843>
- JLL. (2019). *O futuro do trabalho: a relação com a experiência pessoal no local de trabalho*. <https://www.jll.pt/pt/estudos-e-tendencias/espacos-de-trabalho/o-futuro-do-trabalho-a-relacao-com-a-experiencia-pessoal-no-local-de-trabalho>
- Johnston, S. (2013). *Computação em nuvem*. https://pt.wikipedia.org/wiki/Computação_em_nuvem
- Kadir, B. A., & Broberg, O. (2021). Human-centered design of work systems in the transition to industry 4.0. *Applied Ergonomics*, 92(103334), 14. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103334>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. In *Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*. Forschungsunion. <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for->

implementing-industry-4-0-data.pdf

- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., Kim, B. H., & Noh, S. Do. (2016). Smart manufacturing: past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3, 111–128. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>
- Kaufmann, J.-C. (2016). *L'Entretien Compréhensif* (4^a Edição). Armand Colin.
- Khanzode, A. G., Sarma, P. R. S., Mangla, S. K., & Yuan, H. (2021). Modeling the Industry 4.0 adoption for sustainable production in Micro, Small & Medium Enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123489. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123489>
- Kumar, R., Gupta, P., Singh, S., & Jain, D. (2021). Human Empowerment by Industry 5.0 in Digital Era: Analysis of Enablers. *Advances in Industrial and Production Engineering, Select Proceedings of FLAME 2020*, 401–410. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4320-7_36
- Landherr, M., Schneider, U., & Bauernhansl, T. (2016). The Application Center Industrie 4.0 - Industry-driven manufacturing, research and development. *Procedia CIRP*, 57, 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.006>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>
- Leso, V., Fontana, L., & Iavicoli, I. (2018). The occupational health and safety dimension of Industry 4.0. *La Medicina Del Lavoro*, 109(5), 327–338. <https://doi.org/10.23749/mdl.v110i5.7282>
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmitt, K., Schmitz, E., & Schroter, M. (2015). Industrie 4.0 Readiness. *VDMA's IMPULS-Stiftung, October*, 78. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2010.02.038>
- Lorenz, M., Rübmann, M., Strack, R., Lueth, K. L., & Bolle, M. (2015). Man and Machine in Industry 4.0 - How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025? *The Boston Consulting Group*, 22. https://image-src.bcg.com/Images/BCG_Man_and_Machine_in_Industry_4_0_Sep_2015_tcm9-61676.pdf
- Louw, L., & Droomer, M. (2019). Development of a low cost machine vision based quality control system

- for a learning factory. *Procedia Manufacturing*, 31, 264–269.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.042>
- Ma, J., Wang, Q., & Zhao, Z. (2017). SLAE–CPS: Smart Lean Automation Engine Enabled by Cyber-Physical Systems Technologies. *Sensors*, 17(1500), 1–22. <https://doi.org/10.3390/s17071500>
- Madsen, C. U., Kirkegaard, M. L., Dyreborg, J., & Hasle, P. (2020). Making occupational health and safety management systems ‘work’: A realist review of the OHSAS 18001 standard. *Safety Science*, 129(May), 104843. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104843>
- Magrini, E., Ferraguti, F., Ronga, A. J., Pini, F., Luca, A. De, & Leali, F. (2020). Human-robot coexistence and interaction in open industrial cells. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 61(101846), 19. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101846>
- Marconi, M. de A., & Lakatos, E. M. (2003). Fundamentos de Metodologia Científica. In *Editora Atlas S. A.* (5ª Edição). Atlas. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022003000100005>
- Máximo-Esteves, L. (2008). *Visão Panorâmica da Investigação-Ação*. Porto Editora.
- Medeiros, L., Ferreira, M., Venda, J., & Romão, T. (2021). *Futuro hoje: Inteligência Artificial*. SIC Notícias; SIC Notícias. <https://sicnoticias.pt/programas/futurohoje/2021-09-28-Inteligencia-artificial-Ate-me-da-arrepios-as-vezes-porque-e-uma-grande-responsabilidade-a77403cf>
- Miguel, A. S. S. R. (2014). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho* (13th ed.). Porto Editora.
- Morse, J. M. (2007). *Aspectos Essenciais de Metodologia de Investigação Qualitativa*. Formasau.
- Müller, J. (2020). *Enabling Technologies for Industry 5.0: Results of a workshop with Europe’s technology leaders* (European Commission (ed.)). Research and Innovation. <https://doi.org/10.2777/082634>
- Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0 - A human-centric solution. *Sustainability (Switzerland)*, 11(4371), 13. <https://doi.org/10.3390/su11164371>
- Neumann, W. P., Winkelhaus, S., Grosse, E. H., & Glock, C. H. (2021). Industry 4.0 and the human factor - A systems framework and analysis methodology for successful development. *International Journal of Production Economics*, 233(107992), 16. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107992>
- Nunhes, T. V., Ferreira Motta, L. C., & de Oliveira, O. J. (2016). Evolution of integrated management systems research on the Journal of Cleaner Production: Identification of contributions and gaps in the literature. *Journal of Cleaner Production*, 139, 1234–1244. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.159>

- Obitko, M., & Jirkovský, V. (2015). Big Data Semantics in Industry 4.0. *Springer International Publishing Switzerland 2015, 9266*, 217–229. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-22867-9>
- Occupational Health and Safety. (2015). ISO 45001: Briefing notes. *Occupational Health and Safety*, 4. https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/iso_45001_briefing_note.pdf
- Oliveira, A. de. (2018). *ISO 45001: Sistemas de gestão da segurança e saúde ocupacional*. <https://www.apopartner.pt/iso-45001-sistema-de-gestao-da-seguranca-e-saude-ocupacional/>
- Oliveira, A. de. (2020). *Diferenças entre a ISO 45001 e a OHSAS 18001 / NP 4397*. <https://www.apopartner.pt/diferencas-entre-a-iso-45001-e-a-ohsas-18001-np-4397/>
- Oliveira, S. L. de. (1997). *Tratado de Metodologia Científica* (1ª Edição). Pioneira.
- Organização Internacional do Trabalho. (2019). *Segurança e Saúde no Centro do Futuro do Trabalho* (1ª Edição). Bureau Internacional do Trabalho. <https://doi.org/455054/19>
- Paes, K. D. (2011). *Gestão de Pessoas* (1ª Edição). Universidade Potiguar.
- Piedade, A. (2019). *O que é a Indústria 4.0?* Sul Informação. <https://www.sulinformacao.pt/2019/12/o-que-e-a-industria-4-0/>
- Pinto, I. F., Campos, C. J. G., & Siqueira, C. (2018). Investigação Qualitativa: Perspetiva Geral e Importância para as Ciências da Nutrição. *Acta Portuguesa de Nutrição*, 14, 30–34. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21011/apn.2018.1406>
- Pontes, J. M. (2017). *Nanotecnologia, Comunicação Científica e Mundo do Trabalho*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24517.14561>
- Postic, M. (1990). *Observação e Formação de Professores*. Almedina.
- PRODUTECH-SIF. (2021). *PRODUTECH-SIF: Soluções para a Indústria de Futuro*. <http://mobilizadores.produtech.org/pt/sif>
- Rada, M. (2018). *Industry 5.0 - from virtual to physical*. <https://michael-rada.medium.com/industry-5-0-from-virtual-to-physical-a9e3049155ba>
- Rafael, L. D., Jaione, G. E., Cristina, L., & Ibon, S. L. (2020). An Industry 4.0 maturity model for machine tool companies. *Technological Forecasting & Social Change*, 159, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120203>
- Ramos, C. (2019). *Desafios da Indústria 4.0 para a Segurança e Saúde no Trabalho*. Security Magazine: Revista Dos Profissionais de Segurança. <https://www.securitymagazine.pt/2019/10/15/desafios-da>

industria-4-0-para-a-seguranca-e-saude-no-trabalho/

- Ramos, D., Afonso, P., & Rodrigues, M. A. (2020). Integrated management systems as a key facilitator of occupational health and safety risk management: A case study in a medium sized waste management firm. *Journal of Cleaner Production*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121346>
- Rennung, F., Luminosu, C. T., & Draghici, A. (2016). Service Provision in the Framework of Industry 4.0. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 221, 372–377. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.127>
- Research and Innovation. (2021). *Industry 5.0: Towards more sustainable, resilient and human-centric industry*. https://ec.europa.eu/info/news/industry-50-towards-more-sustainable-resilient-and-human-centric-industry-2021-jan-07_en
- Ribeiro, J. M. (2017). O conceito da indústria 4.0 na confeção: análise e implementação [Universidade do Minho]. In *Universidade do Minho*. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/49413>
- Rodrigues, P. (2018). *Saúde e produtividade como estratégia de negócio*. <https://pt.linkedin.com/pulse/saúde-e-produtividade-como-estratégia-de-negócio-patricia-rodrigues>
- Romero, D., Bernus, P., Noran, O., Stahre, J., & Fast-Berglund, A. (2016). The Operator 4.0: Human Cyber-Physical Systems & Adaptive Automation Towards Human-Automation Symbiosis Work Systems Conference. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7>
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries* (pp. 1–14). <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Sales, R. (2021). *Entenda o que é a indústria 5.0 e como ela se diferencia das demais!* <https://blog.acoplastbrasil.com.br/industria-5-0/>
- Santos, B. P., Alberto, A., Lima, T. D. F. M., & Santos, F. M. . (2018). Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. *Revista Produção e Desenvolvimento*, 4(1), 13.
- Santos, C., Mehrsai, A., Barros, A. C., Araújo, M., & Ares, E. (2017). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia Manufacturing*, 13, 972–979. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.093>
- Santos, G., Almeida, L. M. M. G., Ramos, D. G. G., Carvalho, F. J. da F., Sá, J. C. V. de, Baptista, J. S., Costa, J. T., Guedes, J. C., Freixo, J., Pereira, M. S. A., Correia, H., Oliveira, O. J. de, Barbosa, L. C.

- F. M., Lopes, N. A. F., Manso, V. M. V., Seabra, S., & Carnide, M. (2018). *Sistemas Integrados de Gestão - Qualidade, Ambiente e Segurança* (3rd ed.). Engebook - Conteúdos de Engenharia e Gestão.
- Santos, J. R. (2017). A investigação-ação e o desenvolvimento de práticas educativas e de liderança educacional conducentes à eficácia nas escolas. *Universidade Aberta*, 123–138. https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/8713/1/JoseRuiSantos_A_investigacao-acao.pdf
- Santos, P. H. A., & Martins, R. A. (2020). Continuous improvement programs and industry 4.0: Descriptive bibliometric analysis. *International Conference on Quality Engineering and Management, 2020-Sept*(September), 683–697.
- Sarmiento, M. (2013). *Guia prático sobre a metodologia científica para a elaboração, escrita e apresentação de teses de doutoramento, dissertações de mestrado e trabalhos de investigação aplicada* (3ª Edição). Universidade Lusíada Editora.
- Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., & Prote, J. P. (2014). Collaboration mechanisms to increase productivity in the context of industrie 4.0. *Procedia CIRP*, 19, 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.05.016>
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond*. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- Segurado, M. (2015). *A estrutura comum nas novas normas ISO*. <https://apcergroup.com/pt/newsroom/346/a-estrutura-comum-nas-novas-normas-iso>
- Senac-RS. (n.d.). *Sistema de gestão de responsabilidade social e de saúde e segurança do trabalho*. Retrieved December 8, 2021, from https://www.senacrs.com.br/cursos_rede/sistema_de_gestao_integrada/html/02_sist_gest_respons/index.html
- Severo, E. da R. (2018). *Comparação entre a OSHAS 18001:2007 e a ISO 45001:2018* [Universidade Federal da Grande Dourados]. <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/2137/1/EduardodaRochaSevero.pdf>
- Sigga Technologies. (2019). *Acidentes de trabalho: o que a indústria 4.0 pode fazer?* 2018.

<https://sigga.com.br/blog/acidentes-de-trabalho/>

- Silva, E. R. da, Shinohara, A. C., Nielsen, C. P., De Lima, E. P., & Angelis, J. (2020). Operating digital manufacturing in industry 4.0: The role of advanced manufacturing technologies. *Procedia CIRP*, 93, 174–179. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.063>
- Silva, M. C. da. (2018). *O Novo Perfil de Trabalhadores para a Indústria 4.0: Exigências Cognitivas e Organizacionais - Estudo Exploratório* [Universidade da Beira Interior]. https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/10171/1/6260_13289.pdf
- Silva, R. M. da, Bezerra, I. C., Brasil, C. C. P., & Moura, E. R. F. (2018). Estudos Qualitativos: Enfoques Teóricos e Técnicas de Coleta de Informações. In UVA (Ed.), *Edições UVA*. Sobral.
- Silva, R. L., Rudek, M., Szejka, A. L., & Junior, O. C. (2018). *Machine Vision Systems for Industrial Quality Control Inspections* (1ª Edição). Springer, Cham. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-01614-2_58
- Sousa, R. S. (2019). *A servitização da indústria: Como competir através dos serviços?* Universidade Católica Portuguesa, Católica Porto Business School. <https://www.catolicabs.porto.ucp.pt/slab/wp-content/uploads/2021/05/EBook-Final.pdf>
- Stacey, N., Ellwood, P., Bradbrook, S., Reynolds, J., & Williams, H. (2017). *Key trends and drivers of change in information and communication technologies and work location: Foresight on new and emerging risks in OSH*. European Agency for Safety and Health at Work. <https://doi.org/10.2802/807562>
- Tasigiorgou, A. (2017). *Implementing the Digitising European Industry actions*. <https://ec.europa.eu/futurium/en/content/digitising-european-industry-catalogue-initiatives.html>
- Thoben, K.-D., Wiesner, S., & Wuest, T. (2017). “Industrie 4.0” and Smart Manufacturing – A Review of Research Issues and Application Examples. *International Journal of Automation Technology*, 11(1), 1–13.
- Tsarouchi, P., Makris, S., & Chryssolouris, G. (2016). Human-robot interaction review and challenges on task planning and programming. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 29(8), 916–931. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2015.1130251>
- UGT. (2020a). *Stress no local de trabalho: riscos, efeitos na saúde e prevenção*.
- UGT. (2020b). *Substâncias perigosas no local de trabalho: riscos, efeitos na saúde e prevenção*.
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 - A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, 233–

238. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034>

Vilela, R. A. de G., Mendes, R. W. B., Gonçalves, C. A. H., Correa, C. R. P., Cardoso Junior, M. M., Em, P. D. E. P., Haria, E. G. E., E, M. E. P. A. V., Slavutzki, L. C., Soares, L. F., Silva, G. C., Pane, D. N., Fikri, M. EL, Ritonga, H. M., Zanon, N. M., Brisotto, L. D. F. R., Monteau, C., Gandra, J. J., Lisboa, U. D. E., ... Rodrigues, P. (2020). Human factors and safety culture: Challenges and opportunities for the port environment. *Safety Science*, 17(August), 186–198. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104555>

Villani, V., Sabbatini, L., Czerniak, J. N., Mertens, A., Vogel-Heuser, B., & Fantuzzi, C. (2017). Towards modern inclusive factories: A methodology for the development of smart adaptive human-machine interfaces. *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA*, 7. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2017.8247634>

Wang, L., Törngren, M., & Onori, M. (2015). Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 517–527. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.04.008>

Westkämper, E. (2014). *Towards the Re-Industrialization of Europe: A Concept for Manufacturing for 2030* (1st ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-38502-5>

Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 - Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.197>

Xavier, R. (2019). *O que é possível esperar da gestão da SST na Indústria 4.0? Entenda!* Blog B2B. <https://blog.cestanobre.com.br/o-que-e-possivel-esperar-da-gestao-da-sst-na-industria-4-0-entenda/>

Xu, L. Da, Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>

Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0 - Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>

Yin, R. K. (1981). The Case Study Crisis: Some Answers. *Administrative Science Quarterly*, 26(1), 58–65. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ufh&AN=5007419&site=ehost-live%5Cnhttp://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=5007419&S=R&D=ufh&EbscoContent=dGJyMMTo50Seqa44y9f30LCmr0yepdrSrqq4SLCWxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzpr1GwqLRLu>

- Zaatari, S. El, Marei, M., Li, W., & Usman, Z. (2019). Cobot programming for collaborative industrial tasks: An overview. *Robotics and Autonomous Systems*, *116*, 162–180. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2019.03.003>
- Zheng, P., Wang, H., Sang, Z., Zhong, R. Y., Liu, Y., Liu, C., Mubarok, K., Yu, S., & Xu, X. (2018). Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives. *Frontiers of Mechanical Engineering*, *13*, 137–150. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11465-018-0499-5>
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2016). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, FSKD 2015*, 2147–2152. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>

Anexos

Anexo 1: Estrutura da entrevista

Pretendo realizar um estudo sobre o impacto da Indústria 4.0 na componente de Saúde e Segurança do Trabalho em contexto industrial. O tema da minha dissertação é "Desenvolvimento de linhas de orientação para um Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional enfrentar com sucesso a Indústria 4.0".

Para tal pretendo recolher informações sobre os entrevistados e sobre a empresa, a respeito da Indústria 4.0 e os seus impactos.

Identificação e informações da empresa

1. Cargos e responsabilidades dos entrevistados.
2. Departamentos envolvidos na gestão e implementação da Indústria 4.0.
3. Participação em associações empresariais e comités relacionados com a Indústria 4.0 e Higiene e Segurança no Trabalho.
4. Possuem laboratórios próprios ou em parceria com outras instituições, dedicados à inovação tecnológica e projetos piloto de fábricas inteligentes?
5. Qual é o volume de investimento em investigação, desenvolvimento e inovação (internos ou em parceria com outras instituições)?
6. Quantos funcionários trabalham nesta unidade e a nível nacional?

Contribuições sobre a Indústria 4.0

- A. Principais perceções sobre os conceitos e tecnologias da Indústria 4.0.
- B. Tecnologias mais relevantes e impactantes para o negócio (a nível nacional e mundial).
- C. Tecnologias inovadoras que têm sido desenvolvidas ou aplicadas pela empresa.

- D. Impactos esperados da Indústria 4.0 (positivos e negativos) para a competitividade da empresa.
- E. Dificuldades de implementação da Indústria 4.0, considerando fatores internos e externos à empresa (por exemplo: regulamentos, padronização, políticos, económicos, acesso a tecnologias e informações, trabalhistas, ...).
- F. Dificuldades de implementação por parte da empresa, do setor e da cadeia de valor onde atua.
- G. A empresa sente/percebe alguma diferença na implementação da Indústria 4.0 entre a unidade avaliada e as outras unidades (a nível nacional e a nível mundial)? A que se devem tais diferenças?
- H. Como avaliam o futuro da empregabilidade e do conteúdo do trabalho?
- I. Que dimensões e capacidades abrangem os principais conceitos e tecnologias da Indústria 4.0?

Higiene e Segurança no Trabalho

- I. A empresa promove atividades no âmbito de Saúde e Segurança no Trabalho (formação, avaliação de risco, ...)?
- II. Quais são os principais riscos verificados? Notam alguma diferença com a nova revolução industrial?
- III. A empresa disponibiliza os meios de proteção necessários?
- IV. Quais são as não conformidades mais comuns no âmbito da Saúde e Segurança do Trabalho?
- V. Quais são os comportamentos inseguros mais comuns (não conformidades e atos inseguros)?
- VI. Acham que esse panorama será alterado com a introdução de tecnologias I4.0?
- VII. Quais as vantagens e desvantagens da Indústria 4.0 neste novo contexto industrial?
- VIII. Quais são os novos riscos que associam às novas tecnologias?
- IX. Quanto à gestão da segurança, que alterações preveem que têm de ser realizadas (ou já têm realizado) de acordo com esta evolução?